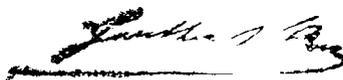


LA BETTERAVE
AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

*Tous les exemplaires de l'ouvrage de MM. L. GESCHWIND et
E. SELIER seront revêtus de la signature du Fondateur de
l'Encyclopédie Industrielle et de la griffe du Libraire.*

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'L. Geschwind'.A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'E. Selier'.

ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondée par M.-C. LECHÂLAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite

LA BETTERAVE

AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

PAR

L. GESCHWIND

Ingénieur chimiste

E. SELLIER

Chimiste

Lauréats de l'Association des Chimistes de sucrerie
et de la Société industrielle de Saint-Quentin

HISTORIQUE. STATISTIQUE.
ÉTUDE BOTANIQUE ET CHIMIQUE DE LA GRAINE DE BETTERAVE.
PHYSIOLOGIE DU PORTE-GRAINE ET DE LA GRAINE.
ANALYSE COMMERCIALE DE LA GRAINE DE BETTERAVE.
PRODUCTION DE LA GRAINE DE BETTERAVE.
DÉVELOPPEMENT DE LA BETTERAVE. ANATOMIE.
CONSTITUTION ÉLÉMENTAIRE DE LA BETTERAVE.
COMPOSITION MINÉRALE DE LA BETTERAVE. L'AZOTE DE LA BETTERAVE.
LES ACIDES ORGANIQUES NON AZOTÉS DE LA BETTERAVE.
LES HYDRATES DE CARBONE DE LA BETTERAVE.
LES SUBSTANCES COLORANTES, GRASSES ET AROMATIQUES DE LA BETTERAVE
LES COMPOSÉS ORGANIQUES AZOTÉS DE LA BETTERAVE.
CULTURE DE LA BETTERAVE.
LES ENNEMIS ET LES MALADIES DE LA BETTERAVE.
ACHAT ET CONSERVATION DES BETTERAVES.
LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA BETTERAVE DANS SES RAPPORTS
AVEC L'INDUSTRIE.

PARIS

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES, ÉTC.

55, quai des Grands-Augustins

1902

TOUS DROITS RÉSERVÉS

PRÉFACE

Chaque année des ouvrages paraissent qui apportent un jour nouveau sur une question scientifique ou une industrie.

Si certaines questions et quelques industries attirent les travailleurs et sont étudiées sous des aspects multiples, nous n'avons pas cette chance en ce qui concerne l'industrie et la chimie du sucre et de l'alcool.

Peu d'ouvrages présentent groupés sous une forme synthétique et méthodique les publications et travaux épars dans la presse sucrière et agricole.

Peu d'auteurs ont su faire suivre ces publications d'appréciations ou de critiques justes ; les compilateurs se contentent d'entasser faits sur faits, même quand ils sont en contradiction les uns avec les autres et se préoccupent peu de dégager des conclusions.

L'ouvrage présenté aujourd'hui au public sous le titre modeste de : **La Betterave agricole et industrielle** par MM. **Lucien Geschwind** et **Eugène Sellier** va combler cette lacune ; le cultivateur, l'industriel, le botaniste et le chimiste y trouveront des appréciations et des renseignements de haute valeur.

Les auteurs sont jeunes, mais instruits et très travailleurs. Leurs recherches se sont étendues dans les publications de tous les pays cultivant la betterave et ils ont cité minutieusement les origines de tous les travaux qu'ils ont cru devoir rapporter.

La production de la graine de betterave est l'objet d'une étude magistrale ; les travaux micrographiques, les expériences de bouturage et de greffe, les recherches sur le groupement des cellules pour déterminer, d'après la structure anatomique, la valeur d'une betterave et sa faculté saccharogénique sont autant de sujets traités de main de maître.

Cette exposition contribuera au développement de la culture de la betterave extra-riche, qui est la betterave de l'avenir, car elle est la seule qui permette de produire le sucre à bas prix.

La lutte est vive aujourd'hui entre tous les pays producteurs de sucre ; seuls les pays qui sauront produire à bas prix verront la culture de la betterave résister à la crise. Il faut pour cela mettre à profit les études

PRÉFACE

scientifiques et les observations pratiques que nos auteurs ont pris à tâche de décrire et de discuter dans ce livre.

J'insiste aussi sur l'intérêt qu'offre la dernière partie où se trouve étudiée la fabrication du sucre et de l'alcool, ou plutôt la chimie de ces industries. Les opérations y sont décrites sommairement, tandis que les réactions qui se produisent pendant la fabrication y sont longuement étudiées.

Le producteur de betteraves et de graines, ainsi que l'industriel, y puiseront des renseignements sérieux. Rien n'est abandonné au hasard ; tout y est raisonné et on n'y trouve pas d'affirmations qui ne soient étayées par des expériences. C'est la méthode scientifique, la seule qui puisse conduire à la Vérité.

ARMAND VIVIEN

Ingénieur-Chimiste,

Président de l'Association des chimistes de Sucrierie
et de Distillerie de France et des Colonies.

AVANT-PROPOS

La betterave est un des végétaux cultivés possédant à un degré très marqué la faculté de produire des hydrates de carbone, par l'activité de ses organes aériens, au moyen de l'oxygène, de l'hydrogène et du carbone contenus dans l'atmosphère terrestre sous forme d'acide carbonique et de vapeur d'eau. Ces hydrates de carbone sont en partie utilisés pour assurer les fonctions respiratoires et le développement de la plante, mais il en reste une grande quantité disponible qu'elle accumule dans sa racine. Le carbone ainsi fixé l'est en majeure partie sous forme d'un produit de grande valeur, le sucre.

Il n'est pas nécessaire de beaucoup insister sur l'importance du sucre en tant qu'aliment et aussi en tant que matière première pour la fabrication de l'alcool, pour convaincre le lecteur de la valeur de cette substance comme productrice de chaleur et par suite d'énergie vitale chez les animaux et d'énergie mécanique dans l'industrie.

Cela explique pourquoi la betterave est peut-être la plante qui, à l'heure actuelle, a suscité le plus de travaux et d'études scientifiques. Voulant tirer le plus grand parti possible de la propriété remarquable de ce végétal de produire, en quantité considérable, une substance dans laquelle se trouve accumulée, à un état qui la rend excessivement facile à utiliser, une grande quantité d'énergie, l'homme a cherché par tous les moyens possibles à exalter cette faculté ; il a mis en œuvre dans ce but les ressources que lui offraient la Botanique, la Physiologie, la Chimie et la Physique.

En dehors de l'intérêt pratique qui s'attachait à ces recherches, les savants y ont encore été conduits par l'intérêt spéculatif ; l'étude de phénomènes aussi complexes devait forcément amener la découverte de faits scientifiques nouveaux, susceptibles d'éclairer quelques-uns des points encore obscurs des sciences que nous avons citées.

Il n'existait pas d'ouvrage spécial dans lequel fussent groupés et commentés les travaux scientifiques et les observations pratiques dont les conséquences ont été les perfectionnements appliqués aux modes de culture et de travail qui, d'un végétal à l'origine relativement peu sucré et

annuel, ont conduit à une plante très riche en sucre et bisannuelle. Ces observations et ces travaux, qui n'ont pas toujours donné ce qu'ils eussent pu fournir si leurs auteurs avaient eu la connaissance exacte de ce qui avait été fait avant eux, se trouvent épars dans un grand nombre de publications périodiques et dans quelques ouvrages.

C'est pourquoi un traité réellement complet et répondant au programme que nous venons de tracer, prendrait des proportions considérables ; bien souvent, en effet, l'explication d'un fait ou d'un phénomène entraînerait à l'exposé et à la discussion de travaux n'ayant pas toujours une relation directe avec le sujet de l'ouvrage.

En outre, la bibliographie relative à la betterave et à ses applications comporte une quantité considérable d'articles de peu de valeur, ou du moins d'un faible intérêt, qu'un compilateur astreint à faire cet ouvrage complet aurait dû résumer et discuter.

Notre but a été plus modeste : nous avons voulu exposer rapidement, et mettre à la portée d'un public très avide de savoir, l'état actuel de nos connaissances sur la betterave et indiquer, autant que nous l'avons pu, tous les points qui nécessitent encore de nouvelles études. La réalisation de ce programme comportait déjà une compilation importante ; on s'en rendra compte par les nombreux renvois bibliographiques qui accompagnent notre texte et qui permettront au lecteur de trouver aisément les travaux originaux que nous avons discutés et aussi ceux qui, malgré l'intérêt qu'ils offriraient, n'ont pu trouver place dans notre ouvrage.

Nous avons tâché de faire ressortir les travaux les plus intéressants de nos devanciers, et dans bien des cas nous n'avons pas hésité à entreprendre des recherches personnelles destinées à résoudre quelques-unes des questions controversées, ou à faire saillir un fait resté dans l'ombre. Nous avons aussi tenu à montrer combien la betterave, considérée dans sa production et son utilisation, offre encore de sujets d'études aux chercheurs et quel intérêt s'attacherait à la solution de certaines questions.

Dans ces conditions nous osons espérer que le lecteur trouvera dans notre travail autre chose qu'une vulgaire compilation.

Quel est d'ailleurs, à l'heure actuelle, l'auteur qui peut avoir, même dans le domaine de la science pure, la prétention d'écrire un ouvrage réellement original ? A ceux qui auraient cette croyance, et qui reprocheraient d'avoir mis à contribution les travaux parus sur la matière, nous répondrons par avance en reproduisant les paroles suivantes que prononçait M. Berthelot, le maître de la Chimie moderne, dans son discours de Jubilé : « La science est essentiellement une œuvre collective poursuivie « pendant le cours des temps par l'effort d'une multitude de travailleurs « de tout âge et de toute nation, se succédant et associés en vertu d'une « entente tacite pour la recherche de la vérité pure et pour les applica

« tions de cette vérité à la transformation continue de la condition de « tous les hommes ».

C'est dans cet ordre d'idées que nous avons travaillé ; au public de nous dire si nous avons réussi.

Notre ouvrage est divisé en cinq parties. La première, ayant trait à l'historique et à la statistique, a été réduite au strict nécessaire pour montrer par quelles variations a passé la culture de la betterave avant de s'implanter dans nos pays et quelle importance elle y a acquise.

Dans la seconde partie, nous avons étudié la graine de betterave : sa constitution, sa morphologie, son anatomie, son analyse, sa production font l'objet d'autant de chapitres. On y trouvera l'exposé théorique et pratique des méthodes qui doivent guider le producteur de graines dans la tâche si délicate de la conservation et de l'amélioration des propriétés des races cultivées.

La troisième partie est consacrée à l'étude de la souche de la betterave aux différents stades de son développement ; nous y avons compris de nombreux renseignements sur sa constitution anatomique et sa composition chimique, le rôle joué pendant la végétation et l'utilisation industrielle par les éléments constituants, les processus suivant lesquels ils pénètrent dans l'organisme ou s'y élaborent. La saccharogénie y est l'objet d'une étude toute spéciale. Une partie des renseignements concernant les substances autres que le sucre est tirée du remarquable ouvrage du Dr Rümpler : *Die Nichtzuckerstoffe der Zuckerrübe*.

Dans la quatrième partie nous avons exposé les préceptes généraux qui doivent présider à la culture de la betterave industrielle et nous avons énuméré et décrit les ennemis et les maladies dont peut avoir à souffrir notre plante sucrière.

Enfin, dans la dernière partie nous avons étudié les transformations subies par la betterave lors de son utilisation industrielle : fabrication du sucre et de l'alcool.

Il nous reste maintenant un agréable devoir à remplir. Avant de terminer cette introduction nous tenons en effet à remercier tous ceux qui nous ont aidé dans notre travail. Nous exprimons toute notre reconnaissance à M. Armand Vivien qui a bien voulu écrire la préface de ce livre, mettre à notre disposition les nombreux documents et publications qu'il a réunis au cours de sa longue carrière, et qui enfin, nous a souvent aidé de ses excellents conseils.

Nous remercions également M. le professeur E. O. von Lippmann, de Halle sur Saale, qui nous a permis de puiser dans son beau livre : *Die Chemie der Zuckerarten*, la plupart des indications relatives à la mélassi-génie.

Nous citerons encore les noms de MM. Kühn de Naarden Hollande , du

professeur Stoklasa de Prague, de M. Paul Vivien de Thierret, de MM. Prillieux, Vilmorin, Jaubert, Dehérain, Olivier, Dureau, Silz, Briem, etc. Les uns nous ont aidés de leurs conseils, les autres nous ont autorisés à reproduire les figures qui illustrent leurs travaux, et tous nous ont grandement facilité la tâche.

Qu'ils veuillent bien recevoir ici l'expression de notre gratitude.

L. GESCHWIND ET E. SELLIER.

Juin 1902.

INDEX

des abréviations employées pour les renvois bibliographiques

- Bl. Acad.* (Bruxelles). — Bulletin de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-arts de Belgique. Bruxelles.
- C. R.* — Comptes-rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences. Paris.
- C. R. Soc. biolog.* — Comptes-rendus hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie. Paris.
- Rev. gén. des Sciences.* — Revue générale des Sciences pures et appliquées.
- A. Agronom.* — Annales Agronomiques de P. P. Dehérain. Paris.
- C. B. Bacteriolog. und Parasitenkunde.* — Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde u. Infektionskrankheiten. Jéna.
- Landwirthschaft Jahrbücher.* — Landwirthschaftliche Jahrbücher. Berlin.
- J. Agric. pratique.* — Journal d'agriculture pratique. Paris.
- J. f. Landwirthschaft.* — Journal für Landwirthschaft. Berlin.
- R. gén. bot.* — Revue générale de botanique. Paris.
- Landwirthschaftl. Versuchs Stationen.* — Die Landwirthschaftlichen Versuchs-Stationen. Berlin.
- A. ch.* — Annales de Chimie et de Physique. Paris.
- Monit. scient* — Moniteur scientifique du D^r Quesneville. Paris.
- R. G. C.* — Revue générale de chimie. Paris
- A. brasserie et dist.* — Annales de la brasserie et de la distillerie. Paris.
- Arch. Pharm.* — Archiv der Pharmazie. Berlin.
- B.* — Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft. Berlin.
- Blaetter Zuckerrübenbau.* — Blätter für Zuckerrübenbau. Berlin.
- Bl.* — Bulletin de la Société chimique de Paris.

- C. B.* — Chemisches Centralblatt. Leipzig.
C. B. Zuckerindustrie. — Centralblatt für die Zuckerindustrie. Magdeburg.
J. pr. — Journal für praktische Chemie. Leipzig.
J. Pharm. Chim. — Journal de pharmacie et de chimie. Paris.
Soc. — Journal of the Chemical Society of London.
Am. Soc. — Journal of the American Chemical Society.
A. — Liebigs Annalen der Chemie. Leipzig.
Ph. Ch. — Zeitschrift für physikalische Chemie. Leipzig.
Physiolog. ch. — Zeitschrift für physiologische Chemie. Strasburg.
Bl. suc. et dist. — Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie. Paris.
Verein Dtsch. zuckerind. — Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zuckerindustrie. Berlin.
Z. Zuckerindustrie in Böhmen. — Zeitschrift für Zuckerindustrie in Böhmen. Prague.
Oest. Ungarische Z. — Oesterreiche-Ungarische Zeitschrift für zuckerindustrie und Landwirthschaft. Vienne.
Dtsch. Zuckerind. — Die deutsche Zuckerindustrie. Berlin.
Bl. stat. Agronom. — Bulletins des Stations agronomiques.
Circ. heb. — Circulaire hebdomadaire du Syndicat des fabricants de sucre. Paris.
J. fab. sucre. — Journal des fabricants de sucre. Paris.
Sucrerie belge. — La Sucrerie belge. Bruxelles.
Sucrerie indigène. — La Sucrerie indigène et coloniale. Paris.
-

PREMIÈRE PARTIE

Historique. Races diverses. Statistique.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

§ 1

LA BETTERAVE DEPUIS L'ANTIQUITÉ JUSQU'A NOS JOURS

1. La Betterave dans les Auteurs Anciens. — La Betterave, — *Beta vulgaris* et *Beta maritima* (Linné), *Beta Vulgaris* (Moquin) — n'est utilisée industriellement que depuis peu d'années ; mais, comme il arrive avec la plupart des végétaux encore actuellement cultivés, elle était déjà répandue chez les Anciens, qui lui reconnaissaient nombre de qualités.

On utilisait en guise de légume, tantôt ses racines charnues (betterave), et tantôt ses feuilles (bette, poirée). Cependant, dit de Candolle (1), les botanistes s'accordent pour ne pas distinguer deux espèces ; on sait en effet, par d'autres exemples, que des plantes à racines minces, prennent facilement une contexture charnue sous l'influence du sol et de la culture.

La forme appelée *bette*, ajoute le même auteur, est sauvage dans les

(1) De Candolle : *Origine des plantes cultivées Biblioth. Scien. Intern.*, p. 46 ; Paris, 1883.

terrains sablonneux, surtout du bord de la mer, aux îles Canaries et dans toute la région méditerranéenne, jusqu'à la mer Caspienne. On la rencontre également en Perse, à Babylone, et peut-être même dans l'Inde, d'après un échantillon rapporté par Jacquemont, mais sans que la qualité spontanée en soit certifiée.

La betterave de l'Inde, de Roxburgh, et celle plus récente du Pimjab et du Sindh, par Atchison, ne mentionnent cette plante que comme cultivée.

La betterave ne paraît pas avoir été connue des Aryens.

Les Grecs qui faisaient usage des feuilles et des racines appelaient l'espèce *Teullion* (τὸ τευλιόν, Bette ou poirée (1). De Heldreich donne aussi comme ancien nom grec *Sevkle* ou *Sfekelie* qui ressemble au nom arabe *Sely*, dont les Nabathéens ont fait *Silq* et les Portugais *Selga*.

On ne connaît pas de nom hébreu, mais les Egyptiens eurent certainement connaissance de cette plante ; Hérodote en fait mention.

Tout indique en somme une culture ne datant pas de plus de cinq à six siècles avant l'ère chrétienne.

Au IV^e siècle ap. J.-C., on la rencontre à l'état cultivé sur les côtes septentrionales de l'Europe, chez des peuplades d'origine celtique ; le nom *Beta* peut même se dériver du vieux mot celtic *Bett* qui veut dire rouge (2), car la racine de betterave est souvent de cette couleur.

Selon Lippmann, c'est le botaniste Césalpius qui s'occupa le premier de ce végétal, d'une façon vraiment scientifique (3).

La plupart des auteurs latins en ont d'ailleurs parlé dans leurs écrits. Théophraste, qui vivait en 371-276 avant l'ère chrétienne, a décrit deux variétés de betteraves, la blanche et la rouge foncée.

Columella (4), dans ses 12 livres (*Sur les choses rustiques*) dont une traduction en vers français a été donnée en 1853, s'est exprimé clairement sur sa plantation.

Palladius, dans son ouvrage *De re rustica*, *Lib. III* dit : on sème la poirée (*Hoc mense betam seremus...*) dans ce mois (février), etc.

Pline l'Ancien (5) s'étend longuement sur la betterave. Il en distingue deux espèces, la blanche et la foncée, en énumère les emplois, surtout au point de vue culinaire et indique la manière de la cultiver ; il en donne également les applications médicales. Il décrit aussi une betterave sauvage qu'il dit

(1) Bailly. *Dictionnaire Grec-Français*, Hachette, 1897.

(2) Privat — Deschanel et A. Focillon. *Dictionnaire gén. des Sc. théor. et appl.* I, 235.

(3) Briem : *Histoire de la betterave à sucre*, *Sucrierie indigène*, 43, 209, 1894.

(4) Legier. *Histoire des origines de la fabrication du sucre en France. Sucrierie indigène*, 43, 209, 1894.

(5) Pline l'Ancien. *Histoire Naturelle*, trad. Littré.

être nommée *limonion* ou *névroïdes* et dont les feuilles sont beaucoup plus petites que celles de la betterave cultivée.

Après les Latins, les peuples de langue romane, en particulier les Provençaux, connurent la betterave et l'appelèrent également *beta*.

2. La Betterave du XIV^e au XVIII^e siècle. — Il faut ensuite remonter jusqu'au xiv^e siècle pour trouver de nouvelles données historiques sur la betterave ou la bette. Nous citerons Menagier (1), Ambroise Paré (2) qui ont donné des indications précises sur cette plante.

Olivier de Serres (3) décrit longuement la culture de la betterave et le premier, compare au sirop de sucre, le jus qu'elle rend en cuisant.

Du Bellay lui a consacré également quelques lignes.

La betterave rouge, décrite par Olivier de Serres, fut cultivée en Angleterre vers l'année 1548. Les Anglais eurent donc connaissance de cette racine un peu plus tard que nous ; mais bientôt, vers 1570, ils introduisirent une variété nouvelle de couleur blanche (4).

3. La Betterave du XVIII^e siècle jusqu'à nos jours. — **Naissance et développement des industries betteravières.** — Après Olivier de Serres, il semble, qu'au moins en France, on n'accorda plus à la betterave qu'une importance très secondaire ; au xviii^e siècle, on ne cultivait guère dans notre pays, que deux sous-variétés, la *petite rouge de Castelnaudary*, excellente racine potagère encore très répandue de nos jours, et une betterave blanche, qui peut-être n'était autre que celle qui fut désignée plus tard sous le nom de *betterave de Silésie*.

A l'étranger cependant, notamment en Allemagne, la culture de cette plante se développait ; Rössig indique qu'elle fut importée de la partie bourguignonne des Pays-Bas et cultivée d'abord dans le Palatinat ; de là elle s'introduisit en Souabe, en Franconie, en Saxe et dans les environs d'Halberstadt et de Magdebourg. On y obtenait une betterave très volumineuse appelée *racine de disette* ou *betterave champêtre*, qui servait à la nourriture des bestiaux. Cette variété se répandit en Lorraine, vers la fin du xviii^e siècle.

C'est à Vilmorin (1775) et à l'abbé de Commerell (1786) que nous devons la propagation en France de cet utile végétal qui fut aussi importé en Angleterre, à peu près à la même époque, par Parkins.

Dans l'intéressante brochure qu'il fit paraître en 1786 (5), l'abbé de

(1) Littré. *Dictionnaire de la langue française*.

(2) Id.

(3) Id.

(4) Larousse. *Grand dictionnaire universel du XIV^e siècle*.

(5) De Commerell. *Instruction sur la culture, l'usage et les avantages de la betterave champêtre*, 1786.

Commerell, correspondant de la Société royale des Sciences et des Arts de Metz, décrit la culture de la betterave champêtre, à laquelle les Allemands avaient donné les noms de *Dickrüben*, *Dickwurzel*, *Mangelwurzel*.

Il donne également la manière de produire la graine, et, chose intéressante, indique qu'il est nécessaire de faire une sélection dans les porte-graines, en rejetant les racines entièrement blanches ou entièrement rouges, qui, dit-il, sont dégénérées.

Il montre ensuite comment on doit conserver la betterave, faire les silos et donne le mode d'emploi pour la nourriture des différents animaux.

La betterave champêtre permit de résoudre le problème posé par Morel-Vindé (1759-1842).

« Trouver, pour remplacer la jachère, une plante dont les produits aient « un emploi ou un débit certain et dont la culture exige, dans le cours de « l'année des binages et des sarclages (1).

La betterave potagère était connue depuis longtemps, la betterave fourragère venait de prendre, dans nos pays européens, ses lettres de grande naturalisation ; pour arriver à la betterave industrielle il n'y avait qu'un pas à franchir ; il le fut, grâce à un concours de circonstances favorables.

Quelques années avant l'époque où l'abbé de Commerell écrivait sa brochure, en 1747, un savant allemand, A. S. Margraff (2), dans un mémoire présenté à l'Académie des Sciences de Berlin (3), annonça les résultats d'expériences au cours desquelles il avait obtenu de plusieurs plantes du sucre cristallisable. D'une demi-livre de betterave blanche, il avait pu extraire une demi-once de sucre.

Ce fait, en apparence insignifiant, était de nature à révolutionner la culture de la betterave, et Margraff n'avait pas été sans pressentir l'importance de sa découverte.

Il faut savoir qu'à cette époque le seul sucre qu'il fût possible de consommer, était le sucre de canne dont le commerce était monopolisé par l'Angleterre. Pourtant, ce n'est guère qu'une quarantaine d'années plus tard que l'on songea en Allemagne à s'occuper de la découverte de Margraff et que, sous l'influence de circonstances économiques spéciales, la possibilité d'extraire d'une plante indigène un sucre analogue à celui de la canne, mais meilleur marché, commença à surexciter l'opinion publique.

(1) Georges Dureau. *Traité de la culture de la betterave à sucre*, p. 3.

(2) Margraff. *Expériences chimiques faites dans le dessein de tirer un véritable sucre de diverses plantes qui croissent dans nos contrées*.

(3) D'après Sachs et le Docteur. *Revue Universelle des Progrès de l'Industrie du sucre*, 1883-84, p. 545, le mémoire de Margraff paraît n'avoir existé qu'en langues latine et française et pas en langue allemande.

Alors de toutes parts, on se mit à la culture de la betterave et bientôt sous l'influence des continuateurs de l'idée de Margraff : Nicolai, Nœdelchen, Lampadius, Kampf, Rössig, Achard, Meidinger, Michaelis, Meyer, Braumüller, Gœtting etc., elle prit un développement considérable.

Elle s'introduisit en Bohême, où Stœhr fit les premiers essais, d'abord en 1793 à Kœnigsaal près de Prague, puis en 1800 à Horowitz. Elle s'implanta également en Autriche, avec Jacquin et Conrad Adam, qui l'essayèrent en 1799, au Prater de Vienne.

En Russie, la betterave sucrière semble aussi avoir été connue avant la naissance du XIX^e siècle. D'après A. Tolpygine (1), on possède des renseignements exacts remontant à 1800 et démontrant qu'à cette époque, dans ce pays, on avait déjà fabriqué du sucre de betterave.

Cette racine prenait donc rang parmi nos plantes de grande culture et par suite de la manière dont les expériences étaient conduites, sous l'influence du sol, de la culture, de l'hybridation lors de la production de la graine, il se forma de nombreuses variétés et sous-variétés.

En 1764 Linné (2) donne :

Maritima. — I. BÉTA caulibus decumbentibus.

Béta caulibus decumbentibus, foliis triangularibus pétiolatis, *Mill. dict.*

Béta sylvestris maritima. *Bauh. pin. 118* ; *Raj. angl. 4*, p. 127, Habitat in Angliæ, Belgii littoribus maris.

Vulgaris. — II. BETA caule erecto.

Béta, *Hort. cliff. 83* ; *Hort. upf. 56* ; *Mat. méd. 113* ; *Roy. lugdb. 220*.

Rubra. α. BETA rubra vulgaris.

Bauh. pin. 118.

β » » major » »

γ » » radice rapæ » »

δ » » lutea major » »

ε » » pallide virens major » »

Cicla. ζ » » alba vel pallescens ; quæ cicla officinarum

Bauh. pin. 118.

υ Beta communis viridis. *Bauh. pin. 118.*

Habitat ♂ forte am aritima, in exoticis prognata.

En 1782, dans l'*Encyclopédie méthodique* (3), on peut lire une bonne description du genre *Beta* et une assez longue énumération de ses variétés.

(1) A. Tolpygine. *Histoire de la fabrication du sucre en Russie*. Voyez *Sucrierie indigène*, 41, 2, 1894.

(2) Linné. *Species plantarum exhibentes plantas, etc.*, 1764.

(3) *Encyclopédie méthodique*, p. 441. Paris, 1782.

Beckmann (1), Roessig (2) et Krunitz (3) un peu plus tard, s'occupèrent également de la classification des betteraves.

Parmi la pléiade d'expérimentateurs et de savants qui, en Allemagne après la découverte de Margraff, s'intéressent à la culture de la nouvelle plante sucrière, il convient de citer en première ligne François-Charles Achard (4).

En 1786, Achard installa sur ses terres de Caulsdorff, près de Berlin, de grands champs d'expériences dans lesquels il cultiva de nombreux végétaux sucrés et entre autres vingt-deux espèces de betteraves (5). A la suite d'un incendie, les terres de Caulsdorff furent vendues, mais Achard, reconstitua ses champs d'essai à Franzoesich-Buchholtz, à une lieue de Berlin.

Bientôt, dans son remarquable livre sur la fabrication du sucre (6), il donnait les résultats qu'il avait obtenus :

« Parmi les nombreuses plantes sucrées que j'ai cultivées, dit-il, c'est « la betterave qui se prête le mieux à la fabrication du sucre, et par « une purification appropriée, le sucre peut être obtenu au point de vue « de la quantité, de la qualité, et aussi des frais d'extraction, avec des « résultats magnifiques ».

De toutes les betteraves, Achard préférait la betterave blanche ; il la décrivait ainsi :

« Betterave à pulpe et à peau blanche, tiges peu larges, feuilles petites, racine fusiforme, ne sortant pas de terre en grossissant, très petit « collet ».

Il lui attribuait une haute teneur saccharine, une grande facilité de résistance au froid et à la sécheresse, une faible tendance à se ramifier.

Achard ne se contenta pas d'expérimenter la culture de la betterave ; il consacra tous ses efforts à la recherche d'un procédé d'extraction du sucre de cette racine. Ses premiers essais à Caulsdorff lui ayant donné quelques résultats, il persévéra dans son dessein et, après avoir surmonté

(1) Beckmann, *Grundsätze der deutschen Landwirtschaft*, 1790.

(2) Roessig, *Versuch einer botanischen Bestimmung der Runkel-oder Zuckerrübe*, Leipzig, 1800.

(3) Krüntz, *Encyclopédie*, t. 83.

(4) F. C. Achard, chimiste, élève de Margraff, né à Berlin le 28 avril 1753, mort à Cünr'n le 2 avril 1821, exploita le premier, en Silesie, la découverte du sucre de betterave faite par Margraff en 1747. Après la mort de ce dernier il devint directeur de la section de physique de l'Académie des sciences de Berlin. Achard était d'origine française, fils d'un Français réfugié en Allemagne à la suite de l'édit de Nantes.

(5) Briem, *loc. cit.* Voyez aussi : Legier, *Histoire des or. de la fabr. du sucre ; Sucrerie indigène*, 52, 644, d'après Scheibler : *Aktenstücke zur Gesch. der Zuckerfab., in Deutschland während ihrer ersten Entwick.* 1875.

(6) Achard. *Traité complet sur le sucre européen de betterave*.

de grandes difficultés, il parvint à réaliser son rêve. Le 11 janvier 1799 (1), il présenta au roi Frédéric Guillaume III, le 1^{er} échantillon de sucre de betterave, dont le poids était d'un peu plus de 10 livres ; il demandait en même temps l'aide de l'Etat pour la continuation de ses essais. Cette aide lui fut accordée et se traduisit d'abord par une série de subsides ; puis, en 1801, Achard reçut le domaine de Cünern, en Silésie, acheté 46 000 thalers au comte Pückler, plus une somme de 12.000 thalers. Le roi consentait en même temps à une avance hypothécaire de 50.000 thalers ; ces sommes servirent à l'érection de la première fabrique de sucre de betterave, qui fut mise en activité en 1802, sous le contrôle du Gouverneur de Silésie, von Hoym. Cette même année le roi autorisa encore Borgstede à construire un établissement analogue sur le domaine particulier de Prillwitz (Pomeranie) et fit tous les frais de l'installation, dont le prix fut de 30.000 thalers, à charge par les intéressés de payer un intérêt de 4 0/0. Il avança de même le capital au conseiller privé des finances Grothe, pour la construction d'une sucrerie sur le domaine de Rüdow, près de Berlin. En 1804 une nouvelle usine fut créée à Breslau, par le Conseiller privé de la Guerre, von Carmer ; le chevalier de Kopy suivit son exemple et s'installa à Krain près de Strehlen (1805-1806) ; puis Nathusius en fit autant à Althaldensleben ; dès 1810, une usine d'Augsbourg pouvait mettre sur le marché 10.000 kilogr. de sucre et à Battendorf (Saxe) une sucrerie, dirigée par Lampadius, était en pleine activité (2).

L'humble plante, encore presque inconnue quelques années auparavant, avait donc donné naissance à une industrie qui s'annonçait comme devant devenir très puissante, ce qui n'était pas sans inquiéter les pays producteurs de sucre de cannes. L'Angleterre, qui détenait le monopole du commerce de ces sucres, voyait d'un mauvais œil les débuts de cette industrie naissante. D'après Louis Napoléon (3) elle fit offrir à Achard, dès 1800, sous le couvert de l'anonymat, une somme de 50.000 thalers (150.000 francs), puis en 1802, 200.000 th. (600.000 francs) s'il voulait s'engager à écrire que son enthousiasme pour la fabrication du sucre l'avait trompé et que ses essais en grand lui avaient démontré la nullité de ses premières expériences, qu'il avait acquis la conviction que le sucre de betterave ne pouvait remplacer le sucre de cannes.

Achard repoussa ces offres ; c'est alors que sir Humphry Davy vint le voir et écrivit que le sucre de betterave était amer. Cela ne devait pas empêcher le nouveau produit de prendre son essor. L'industrie sucrière indigène était créée ; elle devait, avec le temps, prendre un développement

(1) En 1799, nos *Annales de Chimie* contenaient une lettre d'Achard, où celui-ci donnait la description de ses procédés.

(2) J. Girardin. *Leçons de Chimie élémentaire app. aux arts ind.*, 1873.

(3) *Œuvres de Louis Napoléon*, publiées par E. Tremblaire. Paris, 1848.

considérable. Ses débuts furent favorisés d'ailleurs par un concours de circonstances exceptionnelles ; l'état de guerre qui existait entre la France et l'Angleterre, et, quelques années plus tard, l'établissement du Blocus continental venant isoler l'Europe du reste du monde, une dure nécessité força d'attacher quelque attention à la nouvelle industrie.

L'Académie française se préoccupa des résultats annoncés par Achard ; elle chargea une commission prise dans son sein de la renseigner sur les procédés de ce chimiste (1).

Cette Commission répéta d'abord les essais de Margraff et obtint, en suivant les indications données par ce dernier, environ 2 parties de sucre de 8 parties de betteraves sèches, représentant 32 parties de betteraves fraîches, soit par conséquent, un peu plus de 600 de sucre (2).

Reprenant ensuite les expériences d'Achard, et opérant sur 1152 onces de betteraves (36 k. 060), elle put extraire de cette quantité 18 onces d'une *moscouade* brune.

D'après ces essais, la Commission conclut :

« 1^o Qu'à l'aide du procédé de M. Achard on peut obtenir des betteraves « une véritable *moscouade* ;

« 2^o Que le produit en sucre, retiré de cette *moscouade*, comparé avec « celui que fournit la *moscouade* de canne, présente une petite différence, « qui est à l'avantage de la *moscouade* de canne, puisque celle-ci, traitée « par les mêmes moyens de purification, donne un peu plus de sucre que « l'autre ;

« 3^o Qu'il est constant que, pendant les opérations que M. Achard « recommande de faire subir aux betteraves pour en obtenir le sirop « dans lequel se forme la *moscouade*, une partie du sucre de ces racines « se trouve décomposée au point de ne pouvoir plus cristalliser, puisque « on obtient moins de *moscouade* qu'on en aurait réellement retiré si, « au lieu de faire cuire les racines, elles eussent été seulement traitées « par l'alcool. »

Elle chercha ensuite à perfectionner les essais d'Achard et employa pour purifier le jus : l'eau de chaux, la lessive de cendres, le sang de bœuf, le blanc d'œuf, les filtrations, la chaux, etc. La *moscouade* ainsi obtenue était un peu moins brune que la précédente.

La commission s'élève contre le procédé d'Achard consistant à faire cuire la betterave avant d'en extraire le jus, pensant que cette cuisson fait disparaître une partie du sucre.

(1) Cette commission était composée de Cels, Chaptal, Darcet, Fourcroy, Guyton, Parmentier, Tessier, Vanquelin et Deyeux.

(2) Rapport fait à la classe des sciences mathém. et phys. dans sa séance du 6 messidor, an VIII (1800), par la Commission chargée de répéter les expériences de M. Achard sur le sucre contenu dans la betterave, p. 12.

Elle essaya d'extraire ce sucre du jus provenant de betteraves crues, traité ou non par l'eau de chaux ou la chaux et obtint de cette façon un peu plus d'une moscouade un peu moins brune que celle d'Achard ;

« 4° Enfin, que les frais de fabrication du sucre devaient être évalués « à 150 francs. »

Le résultat du calcul fut qu'on pouvait fabriquer du sucre à raison de 0 fr. 90 le 1/2 kilogr., prix de beaucoup supérieur à celui indiqué par Achard qui annonçait que celui qu'il avait obtenu n'avait coûté que 0 fr. 60 le kilogr.

Les conclusions générales du rapport furent les suivantes :

« Il résulte de ce qui précède :

« 1° Qu'il est certain que la betterave qui croît en France et qui est « reconnaissable à sa chair blanche traversée par des bandes ou voies « rouges, contient du sucre, ainsi que celle de la même espèce, cultivée à « Berlin, sur laquelle M. Achard a travaillé.

« 2° Que ce sucre peut être extrait par différents procédés et acquérir « à l'aide de purifications suffisantes toutes les qualités du sucre de canne.

« 3° Que la quantité de sucre que cette racine contient est assez consi- « dérable pour mériter qu'on s'occupe de son extraction.

« 4° Que si, comme l'annonce M. Achard, on peut pour ainsi dire ren- « dre à volonté cette betterave plus riche en sucre, en soignant sa culture, « il est à désirer que des expériences soient faites pour s'en assurer.

« 5° Qu'indépendamment de ces expériences, il sera utile de savoir si, « parmi les variétés de betteraves, il n'en existe pas quelques-unes plus « pourvues de sucre que celles que M. Achard a indiquées.

« 6° Qu'en admettant le succès des expériences qu'il s'agit de faire à ce « sujet, il doit rester comme démontré que la betterave pourra, jusqu'à un « certain point, suppléer la canne à sucre.

« 7° Que s'il est vrai de dire qu'à la rigueur le prix du sucre de bette- « rave ne pourra être déterminé d'une manière très positive que lors- « qu'on connaîtra le résultat d'opérations faites en grand, cependant dès « à présent, on a lieu de présumer que ce prix ne devra pas s'élever plus « haut que celui du sucre de canne dans les temps ordinaires.

« Enfin que, si Margraff doit être à juste titre cité comme l'auteur de « la découverte du sucre dans la betterave, il faut convenir aussi que « M. Achard est le premier qui ait fait une heureuse application de cette « découverte, non seulement en annonçant le parti avantageux qu'on « pouvait en tirer, mais même encore en indiquant les procédés auxquels « il fallait avoir recours pour réussir. »

Un peu plus tard, le 30 germinal an IX (1801), Deyeux publie un extrait d'un ouvrage très important dû à Lampadius, le célèbre profes-
seur de chimie et métallurgie à l'École des Mines de Freyberg. Dans cet

ouvrage, l'auteur détermine d'abord les parties constituantes de la betterave ; il établit leurs propriétés, cherche à éliminer celles qui sont nuisibles et fonde un procédé rationnel d'extraction du sucre appuyé sur l'expérience et la théorie (1).

Cependant, les essais industriels effectués en France à cette époque, semblent n'avoir abouti qu'à des insuccès et pendant longtemps on ne paraît pas avoir eu confiance dans le succès de la nouvelle industrie.

À l'origine, le sucre de betterave eut à combattre bien des préjugés, contre lesquels Chaptal, dans son *Traité de Chimie*, s'éleva avec énergie :

« Les sucres qui proviennent des diverses plantes, dit-il, sont rigoureusement de même nature et ne diffèrent en aucune manière lorsqu'on les a portés, par le raffinage au même degré de pureté.

Parmentier (2), dont l'influence était considérable à cette époque, paraît avoir résumé l'opinion régnante. Après avoir rapporté les essais infructueux tentés pour acclimater la canne à sucre dans le midi de la France, il résume le rapport de Deyeux et émet une opinion peu favorable à la nouvelle industrie.

La betterave, condamnée comme plante industrielle par Parmentier, soit pour l'extraction du sucre, soit pour la fabrication de l'alcool, se trouva momentanément délaissée en France. Les choses n'allèrent pas de même en Allemagne ; vers 1804, le gouvernement chargea Hermstaedt, qui s'était déjà occupé de la question du sucre d'érable, de soumettre à un travail exact les procédés d'extraction du sucre dus à Achard et à d'autres « instruits ou non » qui s'occupaient du même sujet.

Le compte-rendu des recherches du savant chimiste, après communication à la *Société des Sciences* de Berlin, fut publié en France le 31 octobre 1809. Ce compte-rendu renferme des faits exacts, précis, bien observés ; c'est l'œuvre d'un savant qui vient heureusement compléter les recherches d'Achard.

Hermstaedt expose d'abord les résultats constatés par l'expérience d'un certain nombre d'années sur la culture de la betterave, faits qu'on doit considérer, dit-il, comme des vérités incontestables. Nous les résumons brièvement ci-après d'après Violette (*loc. cit.*) :

1^o Influence du parcage des moutons. — Peu de sucre, beaucoup de nitrate de potasse.

2^o Fumure récente de cheval. — Peu de sucre, beaucoup de muriate et de nitrate de potasse.

3^o Fumier de vache récent. — Donne du sucre, mais beaucoup de sels.

(1) G. Violette : *Historique de l'Industrie du sucre de betterave Sucrierie indigène*, 49, 116, 1897.

(2) Parmentier, *Observations sur le sucre de betterave*, 30 germinal an X.

4° Jachère. — Moins de poids mais plus de richesse en sucre.

5° Choix de l'espèce. — Est de la plus grande importance.

6° Terrains limoneux et sablonneux. — Convient mieux que les terrains gras et argileux.

7° Époque du travail de la betterave. — Fin Octobre à fin Janvier ; plus tard on obtient du mucilage au lieu de sucre.

Il décrit ensuite le procédé auquel il s'est arrêté après un grand nombre d'essais et que nous ne décrirons pas pour ne point sortir du cadre de cet ouvrage.

A l'époque où paraissait le mémoire d'Hermstaedt, Deyeux, voyant qu'on fabriquait du sucre en Allemagne, reprit ses essais et, tout en n'obtenant pas un résultat industriel fort brillant, le procédé qu'il avait choisi étant défectueux, il put néanmoins présenter à l'Académie deux pains de sucre blanc.

Cette même année (1810) vit s'établir la première sucrerie française vraiment digne de ce nom. Cette sucrerie avait été créée à Lille par Crespel-Delisse, aidé de son beau-frère, et, dès sa première année de marche, elle réussit à fabriquer une quantité de sucre assez importante.

Toutefois, ce ne fut guère que deux ans plus tard que l'industrie sucrière indigène reçut officiellement ses lettres de grande naturalisation dans notre pays.

Le 15 janvier 1802, sur le vu d'un rapport de Chaptal, relatant les essais de B. Delessert et sa réussite dans la solution du difficile problème de l'extraction industrielle du sucre de la betterave, Bonaparte décréta la création de cinq écoles de Chimie, auxquelles cent élèves devaient être attachés ; 100.000 arpents métriques devaient être plantés en betterave ; quatre fabriques impériales s'établirent avec exemption de tous droits pendant 4 ans (1).

Dès le début, les résultats des efforts qui furent tentés pour répondre à ces encouragements, furent assez peu brillants ; mais, en raison du haut prix du sucre à cette époque (il se vendait 5 fr. le kilogr.), la fabrication était encore très rémunératrice ; suivant Chaptal, on dépensait 2.500 fr. pour manipuler 50.000 kilogr. de betteraves et on avait pour bénéfice 25 0/0 de la dépense (2).

Dans tous les cas, l'élan était donné et, grâce aux intelligentes dispositions de Napoléon I^{er}, l'industrie du sucre indigène en France, et par conséquent la culture de la betterave industrielle, devait se développer à pas de géants.

De 1812 à 1836 ce furent surtout les travaux des chimistes et industriels

(1) Duvergier : *Collection des lois*, 2^e édit. 28, p. 106.

(2) *Grande Encyclopédie* : 6, p. 533.

français : Delessert, Descotils, Crespel-Delisse, Derosne, Chaptal, Dubrunfaut, Bazy, Payen, Kühlmann, Dombasle, puis Pelouze, Dumont, Baudrimont, Peligot, Champonnois, Maumené, etc. qui contribuèrent le plus aux progrès de l'industrie sucrière (1).

Pendant ce temps, l'Allemagne, qui avait ouvert la voie, restait stationnaire.

Dans notre pays la sucrerie commençait à être florissante, grâce aux prix avantageux du sucre, quand arrivèrent les événements de 1814 : la chute de l'Empire et la Restauration. Le 23 avril 1814, le gouvernement restauré assimila le sucre français au sucre étranger au point de vue des conditions et du droit d'importation. Le sucre venant en France, qu'il provint de nos colonies ou de l'étranger, fut taxé au droit entier (droit adéquat) de 40 francs par 100 kilogr. Les sucres étrangers affluèrent aussitôt sur notre marché et, en peu de temps, le prix du raffiné descendit à 1 fr. 40 le kilogr. Les fabriques indigènes furent écrasées et cela se comprend facilement ; à peine sorties du chaos des premiers débuts et encore entravées par de nombreuses difficultés techniques, n'ayant de plus que des rendements très faibles, elles ne pouvaient se passer d'une protection efficace. Toutes, sauf celle de Crespel-Delisse, cessèrent leur fabrication. L'industrie du sucre indigène et la culture de la betterave industrielle furent à ce moment, bien près de succomber.

Heureusement le gouvernement, qui voulait la protection de la canne, s'émut et, le 17 décembre 1814, une ordonnance fixant le droit d'importation du sucre colonial français à 40 francs, contre 60 francs les 100 kilog. pour le sucre étranger, changea la situation (2). On ne fit nulle attention à la betterave tant elle paraissait alors avoir peu d'importance et on laissa subsister pour elle l'exemption d'impôts, naguère accordée par Napoléon.

Le sucre indigène profita ainsi d'une hausse considérable, résultat de mesures fiscales prises sans songer à lui ; la culture betteravière était sauvée.

Les sucreries qui avaient survécu au naufrage remirent en feu et grandirent sans bruit. Les procédés d'extraction du sucre et de culture se perfectionnèrent et nombre d'usines devinrent très prospères.

Parmi ces dernières, il faut citer celle de Chaptal, qui fut l'objet d'un rapport lu à l'Institut, le 23 octobre 1815, par l'illustre chimiste. Nous y trouvons un exposé très clair de cette industrie à l'époque considérée et nous y voyons la fabrication entrée dans une phase réellement pratique.

Chaptal entre en matière par des considérations fort importantes sur la culture de la betterave, le choix de la graine, la nature des terrains,

(1) E. Kopp : *Sucres (Industrie) dans le Dictionnaire de Wurtz*, 3, p. 42.

(2) Vivien : *Traité complet de la fabrication du sucre en France*, I, p. 7, 1876.

leur préparation, la manière de semer, les soins à donner à la plante pendant sa végétation, l'arrachage des racines, leur conservation, etc. ; il décrit ensuite le procédé de fabrication du sucre suivi dans son usine.

On commence donc à bien connaître la betterave, et, d'une manière générale, pour la sucrerie, on rejette maintenant les jaunes et les rouges.

En 1823, Dubrunfaut (1) exprime ses préférences pour la betterave blanche.

Parmi les espèces alors cultivées, il cite les variétés données par Linné et il ajoute que le nombre réel doit en être beaucoup plus considérable, ce qui n'est pas pour nous surprendre, la culture ayant dû provoquer l'apparition de nombreuses sous-variétés.

À la même époque, Payen (2) donne, d'après Vilmorin père, une énumération des variétés et sous-variétés, connues ou cultivées en France.

Il existait déjà un nombre considérable de variétés de betteraves ; elles différaient, par la forme de leur racine, par celle des feuilles, la couleur de leur peau et de leur chair, la dureté de cette chair, sa richesse saccharine, etc.

Jusqu'à présent, à part l'indication vague du rapport de Deyeux, nous n'avons pas de détails précis sur le prix de revient. L'enquête de 1837 va nous fournir l'occasion de combler cette lacune ; il convient auparavant d'indiquer rapidement ce que devenait l'industrie du sucre et par conséquent la culture de la betterave en Allemagne et dans les autres pays.

Pendant toute cette période, au cours de laquelle nous avons développé notre industrie sucrière avec une furieuse activité, l'Allemagne, qui cependant avait donné le premier élan, était, comme nous l'avons déjà dit, restée stationnaire.

Néanmoins dans la 1^{re} décennie de ce siècle, beaucoup d'établissements commencèrent à travailler dans la province de Saxe ; mais les débuts furent peu favorables, parce que, d'après Knauer (3), on manquait de chimistes, de savants et de praticiens expérimentés.

Plusieurs fabriques fondées en 1834 à Quedlinbourg échouèrent presque toutes. Les industriels allemands vinrent alors en France s'initier à notre fabrication. Parmi ceux qui contribuèrent au progrès de la fabrication du sucre en Allemagne il convient de citer : Krause, Schubarth, Schatten l'inventeur du premier saccharomètre, associé d'abord avec Wrede, ensuite avec Weihe, puis avec Scheibler.

(1) Dubrunfaut : *Art de fabriquer le sucre*, 1823. Voir aussi : von Thaer. *Principes raisonnés d'Agriculture*, Trad. fr. 4, p. 356-359.

(2) Payen. *Dictionnaire technologique*, 1823, p. 8. Le même auteur a complété plus tard sa première énumération dans son précis d'agriculture (1851), p. 480.

(3) Knauer. *La culture de la betterave à sucre*. Beauvais, 1886.

En 1837 l'industrie sucrière allemande entre dans une période de grande activité ; la culture betteravière étant devenue très florissante dans la contrée de Magdebourg, de Halberstaedt, dans le Brunswick et le duché d'Anhalt.

En 1840, la vitalité de la nouvelle industrie lui vaut d'être frappée d'un impôt portant sur la matière première, qui fait réfléchir les fabricants de sucre ; ceux-ci s'appliquent à travailler de la betterave riche. Ils sont aidés dans cette voie par Knauer qui, dès 1850, s'efforça d'améliorer la richesse saccharine de la nouvelle plante sucrière.

Cet auteur considérait 5 races principales de betteraves :

- 1° La betterave belge (petites feuilles) ;
- 2° La betterave de Quedlinbourg (légèrement rose) ;
- 3° La betterave de Silésie (en forme de poire, avec feuilles élançées) ;
- 4° La betterave de Sibérie (soi-disant, en forme d'assiette) ;
- 5° La betterave impériale (avec feuilles crispées et ondulées).

Cette dernière betterave, d'après Knauer, était extrêmement rare, quoique étant la meilleure de toutes (1) ; elle fut cultivée et améliorée par lui.

Ses caractères étaient : une racine pivotante, élançée, conique, enterrée complètement ; des feuilles frisées, ondulées et s'élevant peu au dessus du sol, un collet petit, une couleur blanche, un épiderme rugueux et côtelé, une chair ferme ; des petioles un peu rougeâtres vers le cœur de la plante, surtout à l'époque de la maturité.

Cette betterave donna naissance à la *Betterave impériale améliorée de Knauer* qui fut le type que choisirent Rabbethge et Giesecker pour en faire leur célèbre betterave de *Klein-Wanzleben*, dont Dippe tira à son tour ses excellentes variétés ; la betterave impériale est donc en quelque sorte la souche de presque toutes les variétés allemandes actuelles et même d'une partie des variétés françaises, car à partir de 1884 nos producteurs dépourvus, sauf Vilmorin, de graines de betteraves riches, empruntèrent à l'Allemagne ses variétés améliorées.

Knauer perfectionna ensuite, vers 1860, une betterave provenant de France, du département du Nord, et en fit sa *Betterave électorale* ; il procéda de même, à l'époque où la préférence se porta sur les betteraves de couleur, avec l'ancienne betterave rose de Quedlinbourg, qui lui donna la *Betterave impériale rose améliorée*.

Plus tard il créa encore une autre variété : la *Betterave Mangold*.

Qu'on nous pardonne cette digression en faveur de Knauer ; il fut en Allemagne pour l'élevage de la graine de betterave ce que fut Vilmorin en France et à ce titre il méritait une mention spéciale.

(1) Knauer. *La Betterave Impériale et l'utilité de sa culture pour les fabricants de sucre*, 1854.

A partir de 1840 l'industrie sucrière allemande prit l'allure progressive qu'elle a gardé jusqu'aujourd'hui.

En Russie la première sucrerie date de 1800 ; elle fut fondée par J. Blankennagel dans le gouvernement de Toula et resta seule jusqu'en 1809 (1).

A partir de cette époque, de nouveaux établissements s'ouvrent, mais jusqu'en 1850 les progrès furent lents ; de 1850 à 1860 la culture de la betterave se développa assez rapidement. A partir de 1870 la sucrerie russe prend définitivement son essor à la suite des intelligents perfectionnements apportés par le comte Bobrinsky aux méthodes culturales ; on abandonne enfin la culture des jardins et des vallées pour faire de véritables exploitations agricoles.

L'Autriche, la Belgique, la Hollande ne restèrent pas étrangères à ce mouvement et la culture de la betterave y prit une importance considérable.

En Suède, après plusieurs insuccès, une usine commence à travailler avec profit en 1858, mais ce n'est guère que de 1880 que date le développement réel des cultures betteravières dans ce pays (2).

La sucrerie de betterave s'était implantée dès 1830 aux Etats-Unis (3) son développement y fut contrarié par la pénurie de la main-d'œuvre ; depuis 1890 de nouvelles dispositions législatives lui ont permis de réussir.

Depuis quelque temps la culture de la betterave s'est introduite et, semble-t-il, avec succès, en Espagne, en Italie, en Egypte, en Roumanie, en Serbie et des essais sont faits actuellement dans le même but aux Indes, en Australie et en Angleterre.

Mais, revenons à notre enquête de 1837 ; nous avons vu qu'à partir de 1815, grâce à l'inattention des pouvoirs publics qui avaient conservé à l'industrie sucrière indigène l'exemption de droits dont elle avait joui sous l'Empire, la sucrerie française s'était développée. En 1829, le sucre de betterave fournissait 1/16 de la consommation, lésant de ce fait le Trésor d'une somme de 2.000.000. Bientôt sur une consommation de 505.000.000 kgr. il en fournit 49.000.000. Le Trésor était la première victime du développement de cette industrie, car, sa perte était, en 1835 de 24.000.000.

C'est alors qu'il se fit une réaction en faveur des colonies et que les partisans du sucre de betterave entrèrent en lutte avec une fraction importante des Chambres qui, pour des raisons que nous n'avons pas à

(1) A. Tolpygine. *Histoire de la fabrication du sucre en Russie ; Sucrerie indigène* 44, 2, 1894. Voir aussi même recueil, 43, 637, 1894.

(2) J. Ch. Spel. *L'industrie sucrière en Suède ; Bl. sucr. et dist.* 9, 6, 1893 d'après *Zapiski*, 1893, n° 5.

(3) Herzfeld. *Voyage dans l'Amérique du Nord ; Bl. sucr. et dist.* 9, 9, 1894.

analyser ici, semblait vouloir la ruine des sucreries indigènes. Nous n'entrerons pas dans le détail des débats qui aboutirent à la loi du 18 juillet 1837 sur l'industrie betteravière, décrétant l'exercice des fabriques, mais nous examinerons les résultats de l'enquête qui fut ordonnée pour servir aux discussions sur ce projet de loi (1).

Dans cette enquête, nous trouvons en effet des documents sur les frais de culture de la betterave à cette époque, qui, tout incomplets qu'ils soient, n'en sont pas moins intéressants à consulter, surtout si on les compare aux chiffres cités par Walhkoff et relatifs à différents pays (2).

(1) Chambre des députés. Session de 1837. *Documents relatifs au projet de loi sur le sucre indigène.*

(2) Walhkoff. *Traité complet de la fabrication du sucre de betterave*, 2^e édit. franç. 1874 p. 490.

Frais de culture de la betterave (Enquête de 1837).

Pas-de-Calais		Aisne			Oise				
A l'hectare	Crespel	Par mesure de 42 a. 92 c.		A l'hectare	Martinière et Fournier	Lauverjal	Delaigne	A l'hectare	Paiffe
		Dueroquet	Pingreom						
Frais de main-d'œuvre..	80f	22f	33f	Labours.....	75f	60f	405f(4)	Location, etc.	360f
Labours, hersages.....	60	15	15	Sarclages.....	60	80	75	Sarclages....	50
Mise en silos.....	12	2	2	Arrachage.....	30	35	40	Arrachage....	24
Total (non compris les engrais).....	152f	43f	48	Mise en silos..	42	42	25	Silos.....	25
		Total.....	81f	Total.....	177f	175f	245f	Totaux..	459f
		Soit à l'hectare	143f ou 170f						
Nord		Somme			Seine-et-Oise				
A l'hectare		A l'hectare	Tardieu	A l'hectare	Prat				
Labours.....	30f	Travail à la bêche et hersages..	42f	Labourage, hersages.....	78f				
Ensemencement.....	42	Sarclages.....	50	Ensemencement.....	46				
Sarclages.....	30	Arrachage.....	30	Sarclages, etc.....	45				
Arrachage.....	42	Ensemencement.....	43	Silos.....	18				
Silos.....	42	Mise en silos.....	43	Transport aux silos.....	30				
Transport aux silos.....	38	Transport aux silos.....	30	Engrais.....	420				
Engrais (1 2 de la quantité mise en terre).....	450	Engrais.....	420	Total.....	367f				
Totaux.....	306f	Total.....	330f						

(1) A la bêche.
 (2) Terre légère.
 (3) Terre forte.

Prix de revient de la culture de la betterave à l'hectare :

D'après Walkhoff.

	D'après Achard		Kogel a Garden	Weyhe a Wegeleben	Schwarzvaller	Russie		Schatten a Wegeleben	C. L. Walkhoff a Magdebourg
	Nombre de journées	Depenses				Nombre de journées	Depenses		
Fermage	»	»	56.45	»	»	»	»	»	»
Engrais	»	»	72.20	»	»	»	»	»	»
Frais d'épandage ou d'enfoncement ..	»	47.04	52.68	54.74	56.45	»	56.45	64.40	57.39
Surveillance	»	»	8.47	4.70	4.70	»	»	5.47	»
Graines	»	7.06	11.29	»	9.40	»	28.22	11.29	9.40
Semis	24	14.11	4.70	10.67	»	»	6.58	9.90	4.70
Première façon	36	21.17	»	13.47	»	31	»	8.29	15.35
Demariage	32	16.46	5.27	7.99	»	78	»	6.31	6.58
2 ^e façon	28	16.46	»	9.05	91.72	»	36.28	8.46	14.11
3 ^e façon	»	»	34.26	6.41	»	31	»	6.31	11.58
4 ^e façon	»	»	»	4.70	»	»	»	4.90	7.05
Arrachage	16	7.52	41.88	35.27	»	39	56.45	27.83	22.10
Chargement	»	28.22	»	11.75	»	»	»	»	»
Transport	»	»	32.92	»	28.22	»	»	28.22	»
Mise en silos	»	»	»	8.29	»	»	»	9.02	32.45
Enlèvement du silos	»	»	8.94	»	»	»	»	8.09	»
Totaux	136 j.	158 ^f 04	329 ^f 06	173 ^f 44	190 ^f 49	179 j.	240 ^f 43	198 ^f 19	180 ^f 71

Ces divers comptes, quoique incomplets, sont intéressants à retenir, pour être comparés bientôt aux prix de revient de la culture actuelle.

A partir de cette époque, l'industrie sucrière fut soumise en France à des alternatives de prospérité et de crise, mais, sans cesser cependant, de progresser rapidement, du moins en tant que technique de fabrication et d'outillage.

La culture de la betterave se perfectionnait également ; l'emploi des machines agricoles tendait à la rendre plus économique ; mais, quant à la richesse saccharine de la racine elle-même, on ne s'en préoccupait pas. Les conditions fiscales qui régissaient notre industrie étaient telles, que le cultivateur de betteraves cherchait, par des fumures excessives, à obtenir le maximum de rendement en poids à l'hectare ; cette pratique lui permettait de réaliser des bénéfices considérables. De là ces racines énormes, pauvres en sucre, riches en sels, surtout en nitrates, dont on ne voudrait plus maintenant, même en distillerie.

A cette époque, les variétés à peau rose étaient en grande faveur. Les betteraves blanches, qui avaient été presque exclusivement cultivées de 1850 à 1860, avaient cessé de plaire jusqu'en 1874 ; elles revinrent ensuite à la mode.

Cependant dès 1872 on commença à parler de densité des jus et l'on admit que la betterave marchande devait peser 5° ; on payait à cette époque 18 à 20 francs et les emblavements se montaient à 216.597 hectares avec un rendement moyen de 34.620 kgs (1).

De 1872 à 1876, le rendement industriel ne fut en moyenne que de 5 k. 494 en sucre brut 88° ; en 1877, le sucre ayant baissé de 10 francs, on modifia le prix de base d'achat de la betterave qui fut alors payée 22 francs à 5°3 (2).

Ce n'était évidemment pas encore là de bonne betterave. De bons esprits, pourtant, avaient voulu montrer aux pouvoirs publics le danger de notre législation.

Dumas, entre autres, disait en 1837 :

« Pourquoi faites-vous porter l'impôt sur le sucre et n'atteignez-vous « pas la betterave qui est la matière première ? Cela serait de toute justice « au point de vue fiscal, mais, en outre, amènerait des perfectionnements « dans la culture et dans la fabrication. On tiendrait beaucoup plus « compte des qualités saccharines de la plante que de ses qualités exté-
« rieures. »

Cette idée si juste de Dumas passa inaperçue en France, mais fut appliquée, dès 1841, par nos voisins d'Allemagne qui s'en trouvèrent bien.

Malgré notre situation désavantageuse, la culture betteravière s'était étendue de plus en plus et donna même naissance, vers 1855, sous l'active impulsion de Champonnois, à une nouvelle industrie, devenue extrêmement puissante de nos jours. Nous avons nommé la distillerie de betteraves qui fonctionne actuellement dans 340 usines, et que les lois fiscales allemandes ainsi que la concurrence de la pomme de terre ont rendu impossible dans ce dernier pays (3).

Au point de vue de la sucrerie, cet état de chose se prolongea jusqu'en 1884 ; on croyait, dans le monde sucrier, que l'on ne pouvait produire en France de la betterave aussi riche qu'en Allemagne. Cette opinion semblait d'ailleurs justifiée par le peu de richesse des betteraves obtenues avec les graines françaises et par la faible quantité de racines médiocres, fourchues, racineuses que donnaient dans nos terrains les graines allemandes. Sans rechercher si ce dernier fait n'était pas dû à des méthodes culturelles défectueuses, on disait que la betterave allemande devait subir une

(1) Y compris les betteraves fourragères.

(2) A. Vivien. *La crise agricole et sucrière*. Confér. faite le 23 mars 1895, au Comice agric. de St-Quentin. Paris, 1895, p. 7.

(3) Voyez Wurtz. *Dictionnaire de Chimie*. — A. Larbalétrier et L. Malpeaux, *l'Etat actuel de la culture de la betterave en France*. *Rev. Gen. des Sciences*, 7, 675, 1896. — J. Fritsch et Guillemain, *Traité de la Distillation*, p. 4, 1890. Paris, G. Masson. — Ch. Stammer, *Traité de la distillation*. *Biblioth. scient., ind. et agr. des Arts et Metiers*, 14, p. 69, Paris.

acclimatation de plusieurs années pour produire des racines normales. Aussi, d'après Violette, dans tous les marchés passés entre cultivateurs et fabricants, se trouvait une clause spécifiant que les graines devaient provenir de sujets acclimatés pendant 4 ou 5 ans.

Or, voici en quoi consistait cette acclimatation : la graine allemande, semée dans nos sols mal préparés, fournissait la première année beaucoup de betteraves fourchues que l'on rejetait et quelques sujets plus vigoureux, sortant de terre, que l'on réservait pour la reproduction ; c'étaient les betteraves d'une première année d'acclimatation. En appliquant le même procédé aux betteraves données par les graines de première acclimatation, on obtenait des sujets de 2^e acclimatation, et ainsi de suite jusqu'à la 4^e ou la 5^e année. Cette sélection à rebours finissait par donner des racines à chair tendre, à peau lisse, sortant de terre et très pauvres en sucre. L'arrachage en était facile, les rendements en poids très élevés, et cela séduisait le cultivateur.

Le désarroi dans les idées relatives à la culture de la betterave était tel qu'un membre de l'Institut, dont la haute compétence dans les questions agricoles et sucrières était cependant très justifiée, Pélégot, proposa pour remédier à cet état de choses la culture en grand des betteraves racineuses, celles-ci étant plus sucrées que les autres (1).

Dans un travail présenté à l'Académie des Sciences, C. Violette combattit l'opinion de Pélégot, qui attribue une plus grande richesse aux betteraves racineuses (2).

Si, dit-il, on sème une graine de choix dans un sol de bonne qualité, bien préparé, et si la betterave ne souffre pas pendant les premiers temps de sa végétation, on obtient des betteraves pivotantes ; si le sol est mal préparé, les betteraves sont racineuses, mais leur richesse est à peu près la même que celle des précédentes.

Est-ce à dire que la France était dépourvue de graine de betteraves riches ? Non ; dès 1830, Vilmorin (3) s'était consacré à l'amélioration des races betteravières et, en 1860, il offrait une variété blanche, descendant de la betterave de Silésie.

Le type ainsi obtenu avait été réalisé en recherchant la richesse saccharine à l'exclusion de tout autre caractère ; il était irrégulier, racineux, à collet volumineux, démesurément feuillu.

Vilmorin chercha alors à l'améliorer comme forme, et en 1870 il put livrer une racine beaucoup plus régulière, plus allongée, à collet moins développé, mais encore légèrement racineuse ; s'attachant toujours à

(1) Violette : *Historique de l'Industrie du sucre de Betterave. Sucrierie indigène*, 49, 184, 1897.

(2) Violette. *Sur les betteraves dites racineuses*. C. R. Séance du 8 février 1875.

(3) G. Heuzé : *Les Vilmorin. Bl. sucr. et dist.*, 17, 7, 1900.

choisir, parmi les betteraves les plus riches, les sujets les mieux conformés, il réalisa, en 1875, un nouveau type : la *betterave améliorée Vilmorin*. Cette racine était assez petite, pesait 400 à 500 grammes ; elle était allongée, complètement enterrée, blanche, à peau rugueuse, à chair dure et compacte et donnait, avec une richesse saccharine de 14,60, un rendement en poids de 30.000 ks. environ (1).

Le cas de Vilmorin n'était pas isolé en France ; de très bonne heure, Violette s'était adonné au problème de l'amélioration des races betteravières et, comme Vilmorin, il était arrivé à un résultat magnifique (2). En collaboration avec Florimond Depretz il établit de nombreux champs d'expériences en France et même à l'étranger sur lesquels, il cultivait des graines provenant d'une sélection scientifique ; les arrachages étaient placés sous le contrôle de la Société des Agriculteurs du Nord et les résultats démontrèrent réellement, comme l'avait avancé Violette, que l'on pouvait produire en France d'aussi bonne betterave qu'en Allemagne. Malgré cela, l'esprit de routine était tellement enraciné dans l'esprit du cultivateur français que notre auteur se heurta à une opposition aussi opiniâtre qu'injustifiée.

Tous ces essais n'avaient donc pu suffire à faire accepter la graine de betterave riche dans nos cultures. Nos voisins, eux, marchaient à pas de géant ; de 300.000 tonnes de sucre qu'elle était en 1876, leur production s'élève à 1.120.000 tonnes en 1884, ce qui active l'effondrement des cours ; la culture souffre de plus en plus, et en 1883 le prix de la betterave tombe à 16 francs la tonne à 5°3 de densité (3).

Enfin, la loi de 1884 est votée ; elle établit l'impôt sur la matière première et le régime de la prise en charge. Cette loi sauva notre industrie.

Sous son influence, le fabricant releva la base d'achat et paya 21 francs à 6° de densité ; cela n'était pourtant pas suffisant ; il fallait, en effet, vaincre les préventions de la culture, qui ne voulait décidément pas croire qu'elle pouvait récolter avec profit une racine aussi riche et qui déclarait qu'elle n'obtiendrait pas 20.000 k. à l'hectare et qu'elle ne récolterait que des racines fourchues, d'un arrachage difficile.

Ces préventions devaient enfin céder devant les efforts des agronomes qui s'étaient faits les champions de la betterave riche, nous voulons parler de Dehérain, Violette, Depretz, Vivien, etc

P. P. Dehérain (4) conseille aux cultivateurs de ne pas changer précipitamment leurs méthodes d'assolement et de culture ; ils devront, dit-il, pour avoir de la betterave riche, n'employer que de la graine de betteraves améliorées.

(1) Vivien : *loc. cit.*

(2) Violette : *loc. cit.*

(3) Vivien : *loc. cit.*

(4) Dehérain, *C. R.*, 24 novembre 1885.

Un peu plus tard il démontre (1), en s'appuyant sur des expériences exécutées à Wardrecques, que la loi de 1884, loin de nuire aux intérêts du cultivateur, donne au contraire de sérieux bénéfices à ceux qui savent en tirer parti.

En effet, d'après ce savant, en 1886, on a passé le marché suivant : « la tonne de betterave sera vendue 35 francs à 7° de densité, avec « augmentation ou diminution de 1 franc par 1/10 de degré ». Les betteraves ont valu dans ces conditions de 35 à 41 francs la tonne, avec 15 à 16 0/0 de sucre dans le jus. Le produit brut à l'hectare a été de 1.500 francs à 1.900 francs, laissant un produit net de 700 à 960 francs.

Champion et Pellet (2), Pellet (3), Pagnoul (4), avaient depuis longtemps déjà posé en principe la nécessité de la culture de la betterave riche, et avaient montré en outre, qu'au point de vue de l'épuisement du sol elle était beaucoup plus avantageuse que la culture de la betterave pauvre.

Les succès obtenus sont venus corroborer ces dires et on sait quels ont été les résultats de la loi de 1884.

La prise en charge a été relevée progressivement et s'établit maintenant sur le taux de 77 kilogr. 500 de sucre par tonne de betterave entrée dans l'usine ; les rendements industriels oscillent entre 10 et 13 0/0 de sucre compté en raffiné ; la betterave sucrière fournit un jus dont la densité se maintient autour de 8° et atteint parfois 9°, 10° et même 11° ; les sujets à 18, 20 et 22 0 0 de sucre, sans être communs, ne sont cependant plus des raretés et, qui sait, peut-être arrivera-t-on à les produire d'une manière courante. C'est l'affaire d'une sélection plus rigoureuse, plus soignée, et, tout extraordinaire que cette opinion puisse paraître, elle n'en repose pas moins sur une base sérieuse.

Il suffit de jeter un regard en arrière pour voir les perfectionnements que nous ont valus les méthodes de sélection scientifique. Des betteraves à 4° de densité que l'on obtenait en 1880 nous en sommes arrivés à considérer une densité de 7°5 comme une moyenne.

Assurément il y a une limite à cette progression et il ne faudrait pas considérer certains sujets exceptionnels (tels que ceux que l'on a trouvés pendant les campagnes 1899 et 1900) comme devant devenir des cas communs, mais on peut espérer que notre moyenne actuelle se relèvera encore pour atteindre 8°, 8°5, peut être 9°, avec des rendements de 27 à 28.000 kilog. à l'hectare, étant admis naturellement que cet accroissement de densité du

(1) Dehérain. *C. R.* 4 janvier 1886.

(2) Champion et Pellet. *De la betterave à sucre*. 1876.

(3) Pellet. *Revue des Ind. et des Sc. Chim. et agricoles*, 1879.

(4) Pagnoul, voyez Dureau : *Culture de la bett. à sucre*, p. 216.

jus marquera une amélioration, aussi bien dans la richesse saccharine que dans la pureté.

§ 2

LA BETTERAVE ACTUELLE

4. Généralités. — Au cours de l'étude historique de la betterave que nous venons de terminer nous avons mentionné les faits principaux qui dominent l'histoire tout entière de cette plante ; il nous paraît maintenant convenable de montrer ce qu'elle est devenue après tant de transformations successives, nécessitées par les besoins croissants et sans cesse changeants auxquels elle devait répondre.

Les variétés actuellement connues sont devenues extrêmement nombreuses ; si nombreuses même, qu'une description complète serait fastidieuse. Parmi ces variétés ou sous-variétés, beaucoup ont pris une fixité apparente de caractères et de qualités qu'on était loin d'espérer primitivement ; elle est le résultat d'une sélection continuelle et rigoureuse, basée sur l'observation attentive des faits.

Nos betteraves actuelles peuvent se grouper en quatre classes bien distinctes, répondant à des usages et à des besoins spéciaux qui sont : l'alimentation humaine, l'alimentation des bestiaux, la fabrication de l'alcool, l'extraction du sucre.

Nous décrirons dans les lignes qui suivent les principales espèces, dont l'ensemble constitue ces quatre grandes classes, et pour cette étude nous nous appuierons surtout sur les ouvrages de Vilmorin (1), DenaiFFE (2), Vivien (3), Dureau (4) et sur l'article déjà cité de Larbalétrier et Malpeaux (5).

5. Betteraves potagères. — Les betteraves potagères se distinguent par une forme régulière, une chair tendre d'une coloration agréable à l'œil, un goût très sucré, etc. ; elles se mangent cuites, soit telles qu'elles, soit confites dans le vinaigre. Il en existe de rouges et de jaunes.

1° Betteraves potagères à chair rouge.

1 *Betterave crapaudine.* — C'est une des plus anciennes variétés con-

(1) H. de Vilmorin. *Les plantes potagères*, p. 35 à 53.

(2) DenaiFFE. *Valeur alimentaire et exigences des racines potagères.* — C. DenaiFFE et H. DenaiFFE. *Culture des racines fourragères*, p. 1 à 22.

(3) Vivien. *Traité complet de la fabrication du sucre*, p. 137 à 155.

(4) Dureau. *Traité de la culture de la betterave à sucre*, p. 11 à 51.

(5) Larbalétrier et Malpeaux. *L'Etat actuel de la culture de la betterave en France.* *Rev. Gén. des Sc.*, 7, 675, 1896.

nues ; sa peau est noire, crevassée et rappelle celle du radis noir. La racine est assez longue, presque complètement enterrée ; sa forme est

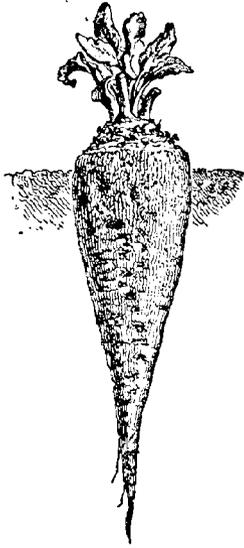


Fig. 1. — Betterave crapaudine.

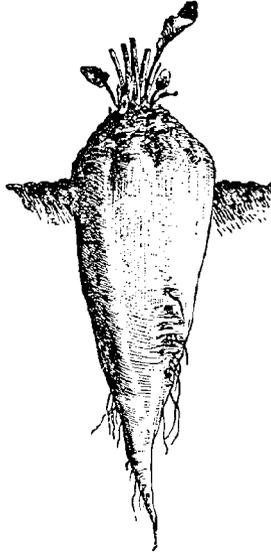


Fig. 2. — Betterave rouge foncé de Whyte.

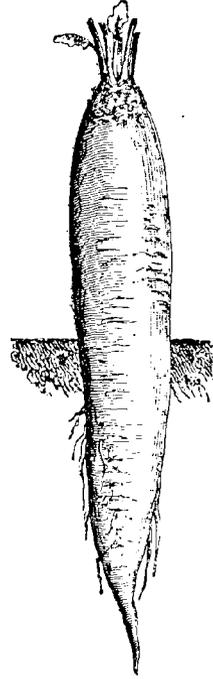


Fig. 3. — Betterave rouge grosse.

parfois un peu irrégulière. La chair est très rouge, sucrée, ferme ; les feuilles sont nombreuses et étalées ; le limbe est vert et le pétiole est rouge. Comme variétés elle a donné la betterave dite *petite négresse de Rennes* et la *B. rouge des Diorières*.

2 Betterave rouge de Castelnaudary. — Elle est de petite taille, très enterrée, assez mince, droite, parfois un peu racineuse ; la peau est d'un rouge noir ; la chair rouge foncé, serrée, compacte, très sucrée ; les feuilles sont également rouge foncé à pétioles allongés.

On connaît plusieurs variétés anglaises de la betterave de Castelnaudary parmi lesquelles la *Long deep red beet*, la *Very dark red beet*, la *Covent-Garden beet* ; cette dernière est une très jolie race à racine effilée, mince, très enterrée, plus lisse et plus nette que celle de la B. de Castelnaudary ; le feuillage est étalé et rouge-noir.

3 *Betterave rouge naine*. — C'est également une très jolie race, petite, fine, à racine mince, effilée, très enterrée ; les feuilles sont rouge foncé, demi dressées, unies, beaucoup plus longues que larges ; elle est de précocité moyenne.

Elle a également donné naissance à plusieurs variétés anglaises qui sont :

La *Bailey's fine red*, la *Sang's dwarf crimson*, la *Dell's crimson*, la *Osborn's selected garden beet*. Cette dernière se distingue principalement de la *Rouge naine* par ses feuilles plus amples, crispées, moins rondes.

4 *Betterave rouge foncé de Whyte*. — C'est une belle race de grosseur moyenne ; la racine est longue, un peu large du collet, à peau lisse de couleur ardoise foncé ; la chair est rouge noir, ferme ; le feuillage est vigoureux, crispé, rouge brun lavé de vert.

5 *Betterave rouge grosse*. — Elle est intermédiaire entre les races potagères et les races fourragères ; très productive, très rustique ; elle est cependant de bonne qualité. C'est elle que l'on apporte le plus fréquemment cuite sur les marchés. La racine est presque cylindrique, de la grosseur du bras, longue de 0 m. 30 à 0 m. 35, s'élevant à peu près d'un tiers ou de moitié hors de terre (voir les figures) ; la partie enterrée est rouge foncé ; la partie émergente est rugueuse et plus ou moins rougeâtre ; la chair est très rouge ; le feuillage est ample et vigoureux à pétioles rouges, à limbes verts veinés de rouge.

La *B. de Gardanne*, très estimée dans le midi, se rapproche de la *B. rouge grosse* ; elle est un peu plus large du collet et plus enterrée.

6 *Betterave rouge longue lisse*. — Racine très longue, presque cylindrique, atteignant 0 m. 35 avec un diamètre ne dépassant guère 0,05, presque entièrement enterrée, à peau lisse, unie, rouge foncé ; la chair est rouge noir. C'est une belle variété de bonne garde, mais qui demande pour se développer parfaitement, un sol profond, riche et bien fumé.

7 *Betterave piriforme de Strasbourg*. — Variété demi-longue, presque complètement enterrée, à peau et à chair très rouge ; le feuillage est presque noir. C'est la plus colorée de toutes les races de betteraves. Elle n'est pas très productive.

8 *Betterave rouge ronde précoce*. — C'est une variété hâtive, à racine arrondie, un peu aplatie, à peine à moitié enterrée, à peau rouge vio-

lacé ; la chair est d'un beau rouge ; le feuillage assez ample, à fond vert largement marbré de rouge brun.

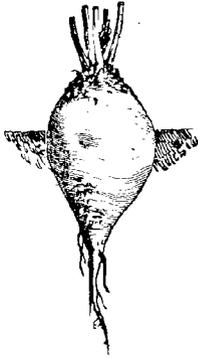


Fig. 4. — Betterave piriforme de Strasbourg.

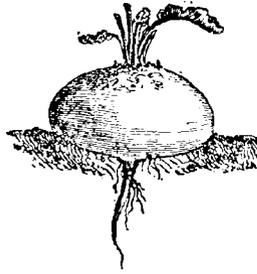


Fig. 5. — Betterave rouge ronde précoce.

On doit rapporter à cette variété la *B. Rouge noir plate*, la *Rouge ronde à feuilles noires* et la *B. Early Blood red* ; les variétés américaines : *Dewing's early red turnip*, *Bastian's blood turnip* et *Early blood turnip beet* s'en rapprochent également.

9 *Betterave rouge noir plate d'Egypte*. — Race extrêmement précoce et certainement la meilleure des variétés potagères. Sa racine est arrondie, aplatie, ne faisant presque que poser sur terre où elle enfonce un pivot très mince ; régulière lorsqu'elle est peu volumineuse, elle devient ordi-

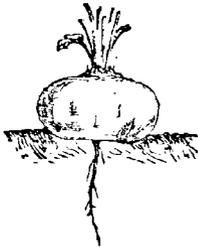


Fig. 6. — Betterave rouge noir plate d'Egypte.

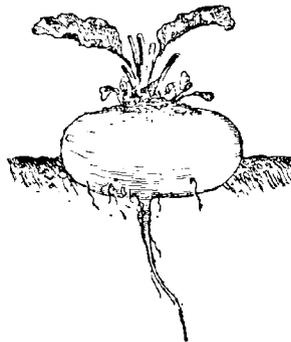


Fig. 7. — Betterave rouge de Bassano.

nairement bosselée en grossissant ; la peau est lisse, rouge violacé ou ardoisé ; le feuillage léger, rouge brun mélangé de vert, est porté sur des pétioles longs et minces, d'un rouge vif.

10 *Betterave rouge de Bassano*. — C'est une betterave vigoureuse, large, aplatie, à feuillage abondant, vert, à pétioles lavés de rouge ; la peau est rouge grisâtre ; la chair ferme, sucrée, très estimée en certains pays est zonée de blanc et de rose. Cette variété est de précocité moyenne.

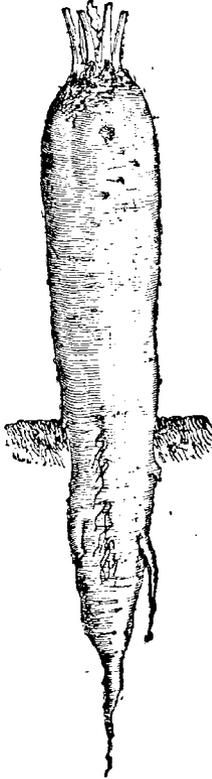


Fig. 8. — Betterave jaune grosse.

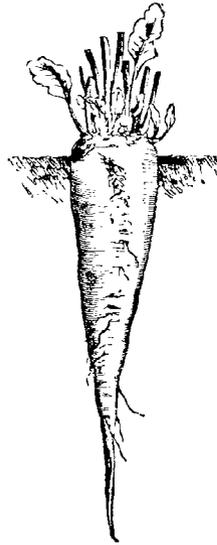


Fig. 9. — Betterave jaune de Castelnau-dary.

11 *Betterave rouge à salade très hâtive de Trévise*. — Elle est encore connue sous le nom de *rouge printanière de Turin*. C'est une petite plante très naine, à racine déprimée, presque enterrée. La peau est presque noire et la chair rouge sang.

12 *Short's pine-apple B.* — Plante compacte, à racine assez courte, pivotante, à chair foncée, à feuilles rouges étalées et très raides.

13 *Victoria B.* — Variété d'origine allemande, à racine demi-longue et d'un rouge foncé, remarquable par l'aspect métallique de son feuillage qui la fait employer comme plante ornementale.

14 *Long blood red B.* — Race américaine, à racine longue mais devenant assez facilement fourchue ; à part ce défaut c'est une bonne race bien colorée et assez productive.

2° Betteraves potagères à chair jaune.

1 *Betterave jaune grosse.* — Variété presque aussi souvent usitée en grande culture que dans le potager. C'est celle que cultivent principalement les

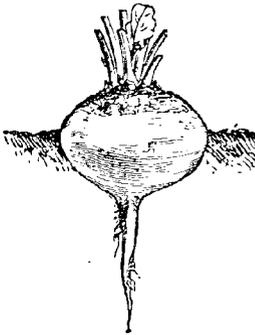


Fig. 10. — Betteravejaune
ronde sucrée.

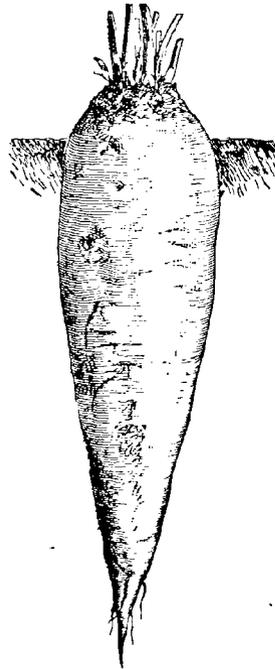


Fig. 11. — Betterave disette
camuse.

nourrisseurs de Paris et des environs, pour l'alimentation des vaches laitières. La racine est longue, presque cylindrique, émergente ; les feuilles

sont dressées, vigoureuses, vertes, à pétioles jaunes ; la peau est jaune orange, la chair jaune d'or un peu foncé.

2 *Betterave jaune de Castelnaudary*. — Variété petite, à racine complètement enterrée, assez mince, à chair jaune foncé, très sucrée, ferme et compacte. Les feuilles sont étalées, nombreuses, crispées, à pétioles et nervures très jaunes.

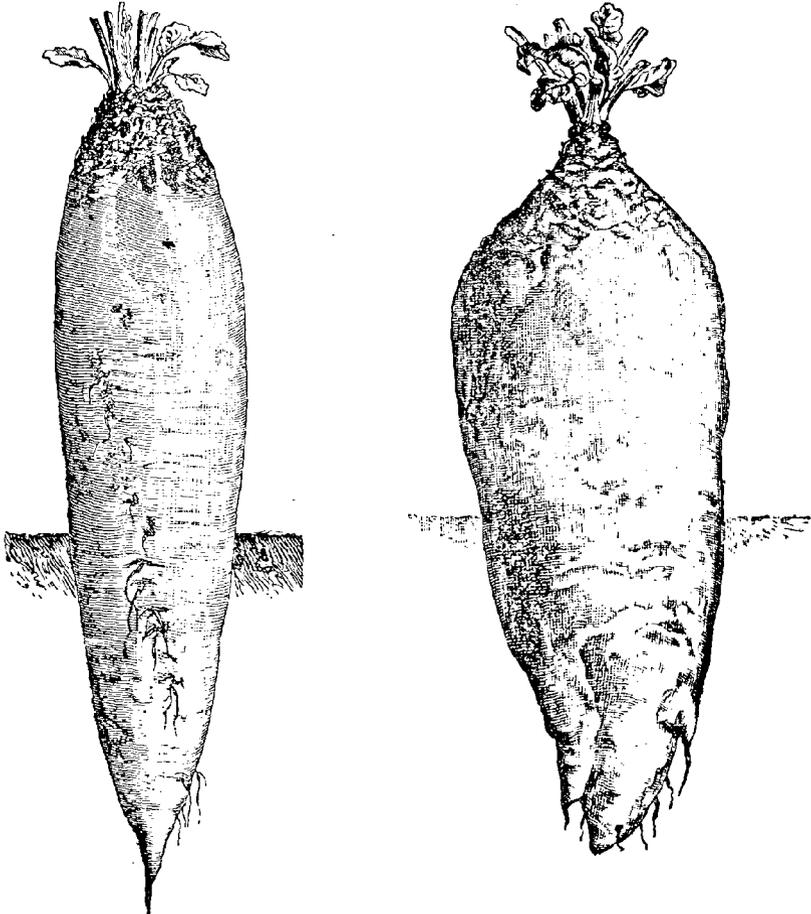


Fig. 12. — Betterave disette d'Allemagne. Fig. 13. — Betterave disette Mammouth.

3 *Betterave jaune ronde sucrée*. — Sa racine est arrondie, à peau jaune,

orange, à chair jaune vif, un peu zonée ; c'est une variété très sucrée et très fine, prenant, quand elle est bien cuite, une teinte orangée.

3° Betteraves fourragères.

1 *Betterave disette camuse*. — (Syn. Racine de disette).

C'est probablement la première forme cultivée de la betterave fourragère. Sa racine est presque entièrement enterrée, fusiforme, à chair d'un rouge vineux, ou blanche ou zonée de rose. Les feuilles sont vigoureuses, dressées, amples, parfois un peu teintées de rouge.

Cette variété, assez difficile à arracher, n'est pas très productive et n'est presque plus cultivée.

2 *Betterave disette d'Allemagne*. — La racine est longue, presque cylindrique, atteignant aisément 0 m. 50 de long sur 0 m. 15 de diamètre ; sa peau est rouge vif, plus ou moins violacée dans la partie enterrée, grisâtre et bronzée dans la partie émergente. Son collet présente une forme conique allongée.

La variété anglaise *Elvetnam long red Mangold* paraît être intermédiaire entre la disette d'Allemagne et la Mammouth.

3 *Betterave disette Mammouth*. — Variété courte et grosse de la disette d'Allemagne ; elle s'en distingue par sa forme plus renflée et plus ramassée, moins cylindrique, le diamètre de la racine égalant presque la moitié de sa longueur. La peau est rouge pâle ou rose, le collet courtement conique, les feuilles assez grandes, vertes ou un peu bronzées, légèrement crispées, à pétioles plus ou moins teintés de rouge. L'arrachage est facile.

4 *Betterave disette négresse*. — C'est une variété intermédiaire entre la disette d'Allemagne et la B. rouge grosse, très estimée dans quelques régions de la France. Elle est moins longue et moins hors de terre que la disette d'Allemagne et présente, dans toutes ses parties, une coloration rouge très accentuée. Elle est bien productive et très nutritive.

5 *Betterave disette corne-de-bœuf*. — Variété longue et mince de la disette d'Allemagne ; elle se contourne presque toujours en grandissant et prend plus ou moins complètement la forme qui lui a valu son nom. La disette corne-de-bœuf est très estimée dans beaucoup de régions de la France, malgré sa forme irrégulière qui paraît devoir constituer plutôt un inconvénient qu'un avantage. Sa peau est rouge vif dans la partie enterrée, rouge brun dans la partie émergente ; ses feuilles sont vertes teintées de

brun. D'après Vivien elle peut rapporter de 40.000 à 60.000 k. à l'hectare ; elle est très bonne pour l'alimentation du bétail.

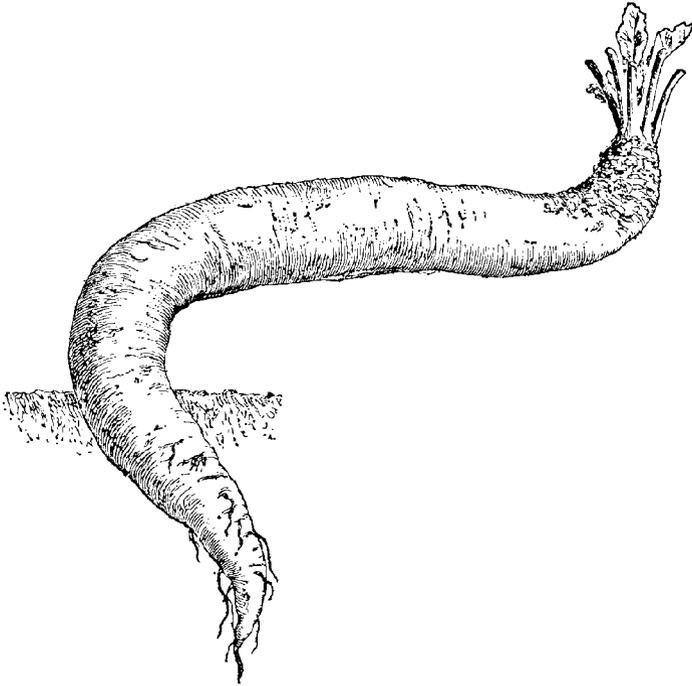


Fig. 14. — Betterave disette corne-de-bœuf.

6 *Betterave disette blanche à collet vert.* — (Syn. B. de Puilboreau). Race très vigoureuse, tardive, mais très productive ; d'après Vivien elle rapporte de 50.000 à 100.000 k. à l'hectare. La racine est longue de 0 m. 50 environ sur 0 m. 12 à 0 m. 15 d'épaisseur, souvent un peu carrée ou anguleuse, à moitié hors de terre ; frès blanche en terre, verdâtre en dehors ; le collet est longuement conique ; les feuilles sont nombreuses, dressées, vigoureuses, entièrement vertes. Cette variété convient surtout aux terres fortes, fraîches, qui ne souffrent pas de grandes sécheresses, ni de froids précoces.

7 *Betterave disette blanche d'argent* — Variété à grand produit, se rapprochant un peu de la disette blanche ordinaire, mais en différant par une plus grande netteté des racines et par la présence d'une teinte rosée sur la peau de la portion enterrée. Elle mérite d'être propagée.

8 *Betterave rouge ovoïde*. (Syn. disette géante). — Cette race n'acquiert pas d'ordinaire des dimensions aussi considérables que son nom de disette géante pourrait le faire supposer. Elle est plutôt remarquable par la symétrie de sa forme et sa précocité. Ses dimensions ne dépassent guère 0 m. 30 à 0 m. 35 de long sur 0 m. 15 à 0 m. 18 de diamètre. Elle est ovoïde, assez effilée à la pointe et au collet ; sa teinte rappelle celle de la disette d'Allemagne ; son feuillage n'est pas très abondant, il est fin,

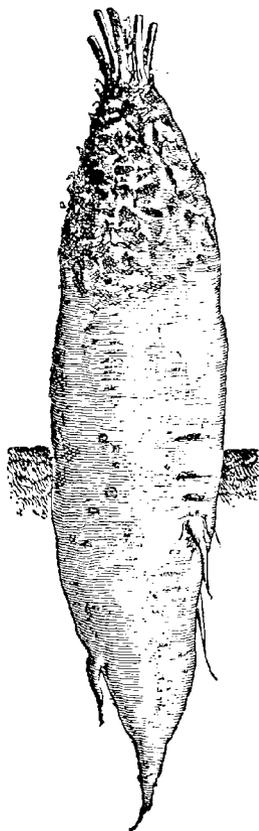


Fig. 15. — Betterave disette blanche
à collet vert.

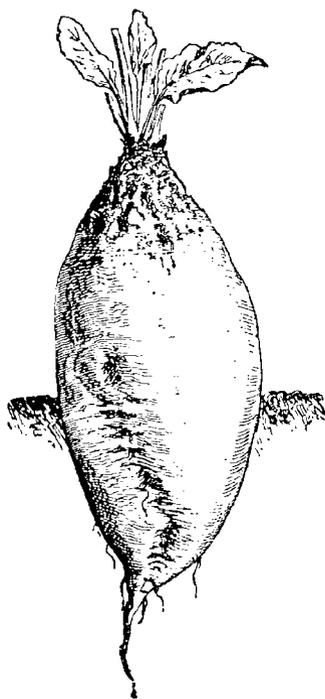


Fig. 16. — Betterave rouge ovoïde.

dressé, assez longuement pétiolé et presque toujours rougeâtre. La chair est blanche.

La betterave rouge ovoïde est une race ancienne dans les cultures et

pourtant elle n'a jamais présenté la même uniformité de caractères que bien d'autres races plus récemment obtenues.

9 *Betterave rouge globe*. — Cette race présente à peu près les mêmes caractères que la précédente, à part la forme qui est ici complètement sphérique. Ces variétés, qui passent pour être moins productives que la plupart des autres races fourragères, pourraient être cultivées un peu plus serrées et gagneraient ainsi en valeur nutritive.

10 *Betterave jaune d'Allemagne*. — Racine presque cylindrique, enterrée

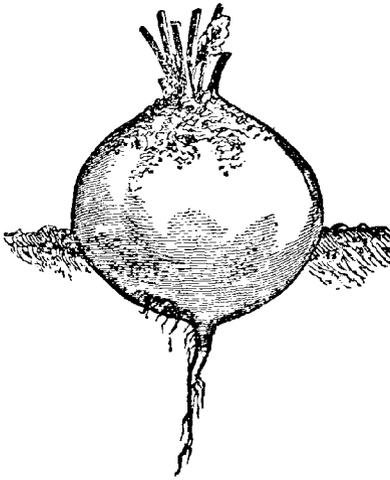


Fig. 17. — Betterave rouge globe.

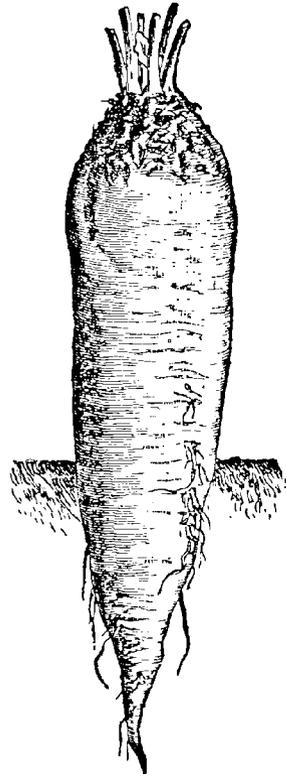


Fig. 18. — Betterave jaune d'Allemagne.

d'un tiers ou des deux cinquièmes, colorée en jaune d'ocre dans la partie souterraine, en jaune verdâtre ou en gris dans la partie émergente. Elle est souvent un peu renflée en dessous du collet ; les pétioles sont vigou-

reux, demi-dressés, de couleur pâle ; les feuilles sont vertes, grandes, lisses ; la chair est blanche, ferme, assez sucrée.

La betterave jaune d'Allemagne est un peu moins volumineuse et un peu moins productive que la disette d'Allemagne ou la disette blanche, mais elle est généralement considérée comme étant plus nutritive. Elle réussit dans les terres sèches, calcaires, où viennent mal les betteraves à peau blanche ou rose.

C'est, très probablement, de cette race, que sont sorties les betteraves jaune globe que leur forme fait aujourd'hui préférer.

On trouve aussi une forme de la B. jaune d'Allemagne à racine mince et fréquemment courbée à la manière de la disette corne-de-bœuf. Elle est assez répandue dans certaines régions de la France, sans cependant faire l'objet d'une préférence raisonnée. Il existe encore une variété à racine longue, mais grosse et épaisse, qui est à peu près à la B. jaune d'Allemagne, ce que la Mammouth est à la disette rose.

Ces deux variétés ne paraissent pas avoir de nom particulier ; ce sont des modifications de la forme primitive, qui ne se recommandent par aucun mérite spécial.

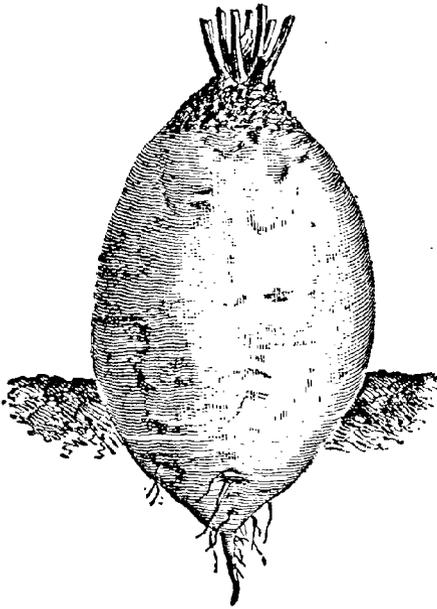


Fig. 19. — Betterave jaune ovoïde des Barres.

11 *Betterave jaune ovoïde des Barres.* — Cette variété a été obtenue et fixée par Vilmorin père, dans sa propriété des Barres (Loiret), au moyen d'un choix successif de racines élitées de la betterave jaune d'Allemagne.

C'est une belle race, rappelant la forme de la B. rouge ovoïde, mais plus arrondie et plus volumineuse. Elle possède les qualités de la globe jaune, mais son rendement est supérieur ; d'après Vivien, elle rapporte de 60 à 120.000 k. à l'hectare ; malgré cela elle est très propre aux sols peu profonds, calcaires.

C'est l'une des betteraves fourragères les plus cultivées en France et à

l'étranger. Les races anglaises, connues sous les noms de *Yellow oval*, *Yellow Mammoth intermediale* et *Giant long yellow intermediate B.*, doivent lui être rapportées.

12 *Betterave jaune globe*. — C'est aussi l'une des betteraves fourragères les plus cultivées; elle est rustique, productive, d'un arrachage facile, à peu près sphérique, jaune orange, à feuilles nombreuses, dressées; la chair est blanche, ferme, sucrée, nutritive.

En Angleterre où la B. jaune globe est très cultivée, il en a été fait un grand nombre de sélections dont chacune a pris le nom de son auteur ou de la région où elle est le plus en faveur, nous citerons :

Berkshire prize; *Champion yellow globe*; *Improved orange globe*; *Normanton globe*; *Warden orange globe*; *Wroxton golden globe*.

Toutes ces races sont habituellement remarquables par la netteté de leur racine et la finesse de leur collet.

Les betteraves fourragères jaunes passent pour convenir plus particu-

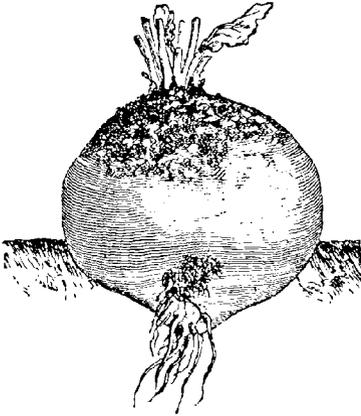


Fig. 20. — Betterave jaune-globe.

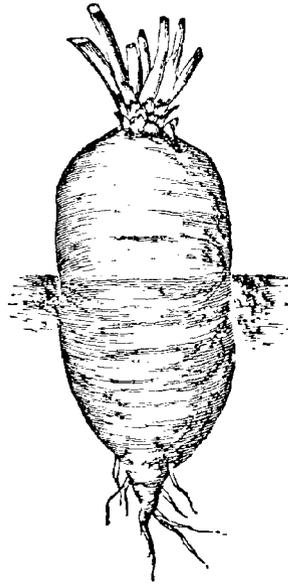


Fig. 21. — Betterave
Yellow-Tankard.

lièrement que les autres aux terrains calcaires. Elles sont très rustiques, résistantes à la sécheresse et généralement d'une valeur nutritive supérieure, à poids égal, aux races roses ou blanches.

13 *Betterave blanche globe*. — Cette race se conserve mal ; elle a, d'ailleurs, presque entièrement disparu des cultures.

14 *Betteraves globe aplaties*. — Délaiées en France, elles sont encore cultivées en Allemagne sous le nom de betteraves d'*Oberndorf*. Elles sont aplaties et se développent presque entièrement au-dessus du sol. Il en existe trois formes : la blanche, la jaune, la rouge.

15 *Betterave golden melon*. — C'est une variété de la B. jaune globe. D'après Vilmorin elle serait prompte à dégénérer.

16 *Betterave yellow Tankard* (Syn. Betterave jaune Golden-Tankard). — Sa racine est assez longue, cylindrique sur une grande partie de sa longueur, enterrée aux $\frac{2}{3}$. La peau est jaune foncé, la chair est blanche veinée de jaune.

Cette variété est d'origine anglaise et a une certaine ressemblance avec l'ovoïde ; elle s'en distingue par un renflement moindre au milieu et par le collet qui est un peu plus petit. Le feuillage est abondant, vigoureux, teinté de jaune. Elle s'arrache facilement et se conserve bien.

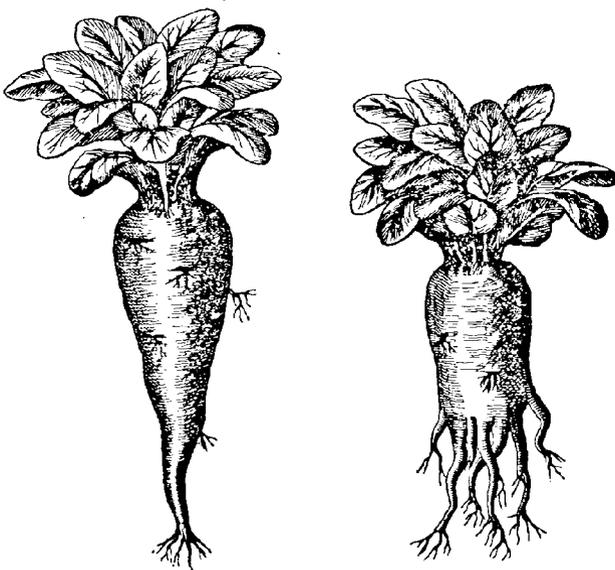


Fig 22. - Deux betteraves de Silésie d'après le livre d'Achard (1809) (4).

(4) Briem, *Der praktische Rubenbau*, p. 2.

17 *Betterave jaune géante de Vauriac*. — Variété assez répandue et de création assez récente. La racine est renflée vers le milieu comme celle de l'ovoïde, mais elle est plus longue que cette dernière ; elle émerge à peu près des $\frac{2}{3}$; la partie aérienne est colorée en vert grisâtre, le reste de la racine est d'un beau jaune. Les feuilles sont très abondantes, vigoureuses, vert pâle, longues, crispées et découpées sur les bords.

C'est une variété très recommandable.

7. **Betteraves de distillerie et betteraves sucrières.** — Les betteraves sucrières sont caractérisées par une forme bien plus variable que les betteraves fourragères ; elles sont courtes ou longues, plus ou moins coniques, ou encore ovoïdes, piriformes, cylindriques, élançées ou trapues, à collet plus ou moins large. Les feuilles sont nombreuses, larges, vertes, étalées, souvent crispées, à pétiole court et robuste ; la peau est rugueuse, plissée circulairement ; la chair est dure, serrée, compacte. Les betteraves sucrières ont une tendance assez marquée à donner des racines fourchues si la préparation du sol n'est pas convenable.

Quant aux racines de distillerie, elles se classent entre celles-ci et les betteraves fourragères et sont colorées diversement ; leur peau, en général, est lisse, leur collet petit, leur chair tendre.

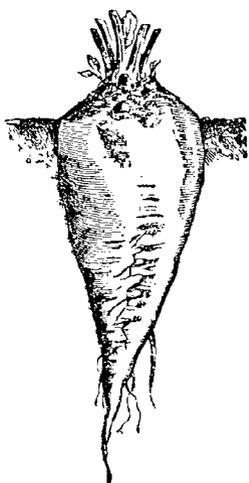


Fig. 23. — Betterave blanche de Silésie ou allemande.

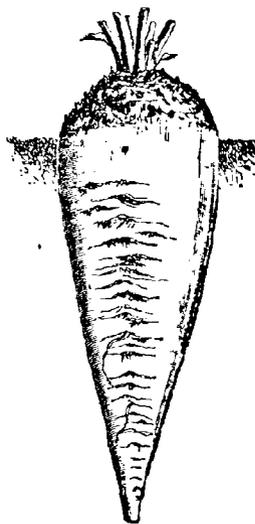


Fig. 24. — Betterave blanche à sucre, à collet vert, race française.

1 *Betterave blanche de Silésie*. — Ce nom, qui désigne la variété d'où

sont issues toutes les betteraves à sucre, ne s'applique plus aujourd'hui à aucune race en particulier; il désigne plutôt l'ensemble de toutes les variétés sucrières et plus particulièrement celles qui ont conservé le plus d'analogie de forme et de volume avec la betterave à sucre primitive.

2 *Betterave blanche à sucre à collet vert, race française.* — Variété vigoureuse, à racine longue et grosse, un peu sortie de terre, cette partie étant colorée en vert; les feuilles sont dressées, abondantes, très vigoureuses. Elle peut donner en moyenne 50.000 k. à l'hectare avec 11 à 12 0/0 de sucre. Vivien, dans des conditions de culture moyennes, lui a trouvé une richesse saccharine de 9 k. 95 0/0 pour un rendement de 40.000 k. à l'hectare.

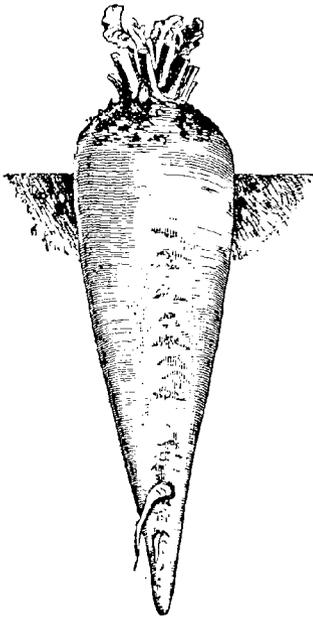


Fig. 25. — Betterave à collet rose, de race française, syn. betterave rose de Pologne.

3 *Betterave blanche à sucre à collet rose, race française.* — Bonne variété productive, rustique, régulière, à feuillage abondant, vigoureux, dressé. La racine est effilée, très longuement ovoïde, rose à la partie supérieure. Vivien lui a trouvé avec un rendement de 42.000 k. à l'hectare, une richesse saccharine de 9 k. 90 0/0.

4 *Betterave rose hâtive.* — Variété bien distincte à racine entièrement rose, de longueur moyenne, à collet plat et assez large, s'amincissant régulièrement, assez garnie de chevelu; le feuillage est abondant, menu, étalé, à pétiole rose. Elle est très précoce.

5 *Betterave à sucre à collet gris.* — C'est une variété à très grand produit, de forme ovoïde, aux 2/3 ou aux 3/4 enterrée, à peau rosée en terre, grise ou bronzée sur le collet; le feuillage est dressé, généralement fin et léger. D'après Vivien, dans des conditions moyennes, elle donne 60.000 k. à l'hectare et sa richesse saccharine est de 7, 12 0/0.

6 *Betterave jaune à sucre* (Syn. : B. de la Hesbaye). — Sa forme est assez

allongée, sa peau jaune et sa chair zonée de jaune et de blanc. Son principal mérite est d'être d'une couleur qui ne permet pas de la confondre avec aucune autre.

Toutes ces variétés, à gros rendement mais peu riches en sucre, sont maintenant utilisées par la distillerie.

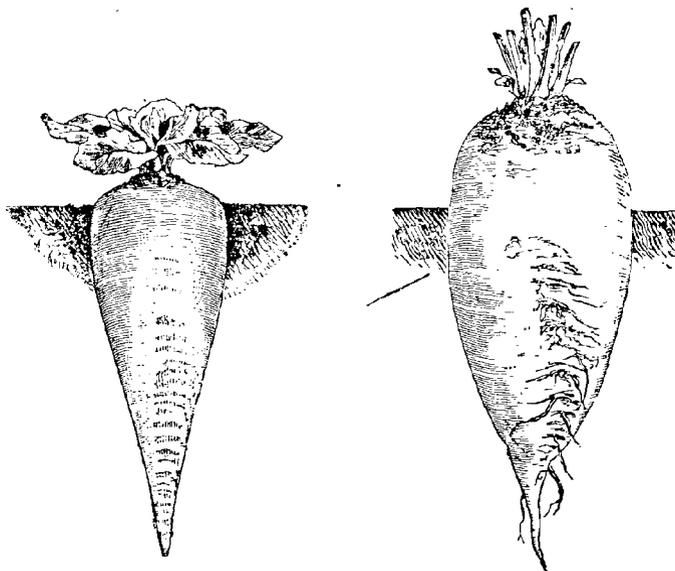


Fig. 26. — Betterave rose hâtive. Fig. 27. — Blanche à sucre à collet gris.

7 *Betterave blanche à sucre améliorée Vilmorin*. — C'est une race petite, très riche en sucre, parfois un peu racineuse, très feuillue, à collet large et à peau très rugueuse, provenant de la betterave française à collet vert. Sa chair est dure, compacte ; elle atteint souvent une teneur saccharine de 16 à 180/0.

8 *Betterave blanche Impériale de Knauer*. — Variété assez longue, mince, à feuillage étalé, riche en sucre, obtenue par sélection par Knauer à Grœbers (Allemagne). Elle convient surtout aux terrains meubles, riches, en bon état de culture.

9 *Betterave blanche Electorale de Knauer*. — Un peu moins riche que la B. Impériale, mais plus renflée et d'un rendement en poids plus considérable, elle convient aux terrains peu riches en humus, faiblement fumés, argileux, calcaires ou sablonneux.

10 *Betterave de Klein-Wanzleben.* — Cette excellente variété a pris son origine dans la race Impériale de Knauer. Sa racine est effilée, conique, à collet peut-être un peu trop large. Le feuillage est abondant, vert sombre, crispé, large, supporté par des pétioles courts, gros et robustes.

La Klein-Wanzleben convient aux terres profondes en bon état de culture ; elle est très riche en sucre et malgré cela très productive.

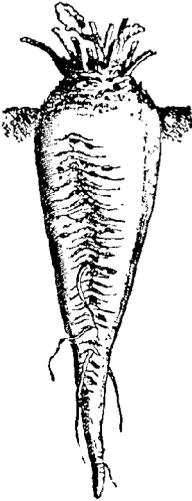


Fig. 28. — Betterave blanche à sucre améliorée Vilmorin.

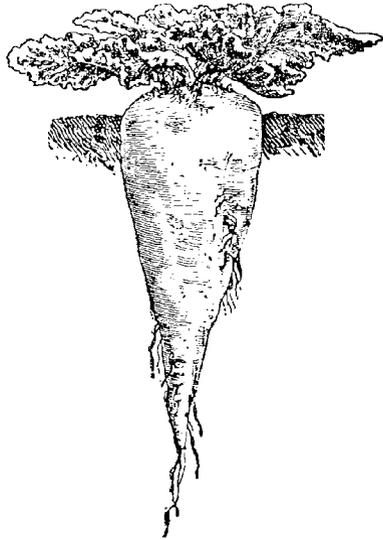


Fig. 29. — Betterave blanche Impériale de Knauer.

11 *Betteraves de Dippe frères.* — Les betteraves de Dippe proviennent d'une sélection soignée de la race de Klein-Wanzleben.

Elles sont assez belles de forme, bien pivotantes, très enterrées, à peau rugueuse, à petit collet et conviennent surtout aux terres profondes, riches, en bon état de culture. La teneur en sucre des betteraves de Dippe est très remarquable et, à ce point de vue, elles ont acquis une juste réputation ; elles sont malheureusement moins prolifiques que celles de Klein-Wanzleben (originales) et l'une d'elles surtout, celle qui est désignée sous le nom de *la plus riche de Dippe*, présente ce défaut d'une manière assez accusée.

12 *Betterave Brabant*. — La betterave Brabant est une variété très remarquable de la betterave à collet vert française, qui est surtout employée maintenant en distillerie ; elle a même été préconisée au cours de ces dernières années comme race fourragère (1), mais nous la citons à cette place, parce qu'elle a donné naissance à la race de *Fouquier d'Hérouel*. Elle est du reste encore cultivée chez Brabant à Onnaing, où elle a toujours donné de bons résultats comme race sucrière. La racine de la Brabant est longue, grosse, à peau lisse, presque complètement enterrée.

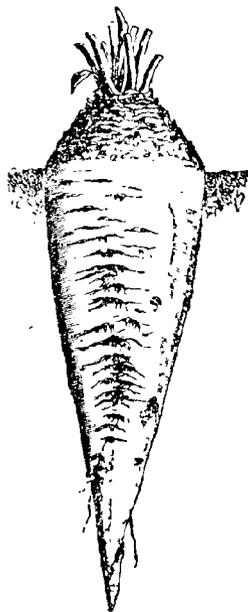


Fig. 30. — Betterave Brabant.

13 *Betterave Fouquier d'Hérouel*. — Elle provient d'une sélection soignée de la variété précédente. Le collet en est toujours resté un peu vert ; mais la racine, quoique toujours longue, grosse et régulière, a pris l'apparence des variétés les plus sucrées ; la peau est rugueuse, les sillons saccharifères très marqués. On lui reproche d'être à chair un peu tendre et de n'être pas assez riche, surtout pendant les années humides.

Variétés diverses. — Signalons encore les betteraves de Simon-Legrand, de Depretz, de Lemaire, de Legras, de Carlier, etc., en France ; de Schreiber, de Braune, de Mette, etc. en Allemagne ; de Wohanka en Autriche. Ces dernières sont d'excellentes racines, dont la graine est obtenue non pas sur des sujets ordinaires analysés, mais bien au moyen de greffes et de boutures de ces sujets.

A signaler également la betterave de Kühn, à Naarden (Hollande), qui convient surtout aux terres profondes, fraîches, très fertiles, dans lesquelles elle donne d'excellents résultats. On lui reproche, dans l'Aisne, d'être un peu cassante à l'arrachage.

8. Valeur relative des races sucrières au point de vue agricole et industriel. — Il est difficile de donner à ce sujet des chiffres moyens acceptables ; la valeur de ces races est extraordinairement variable suivant les divers facteurs dont il faut tenir compte en culture betteravière.

(1) *Bulletin annuel des anciens élèves de Grignon*, p. 271, 1899.

Le climat, la nature du sol, sa profondeur, son humidité, les façons agricoles, l'époque du semis, les intempéries, les pluies, la température, sont autant de causes de variation dont il faut tenir compte et qui présentent cette particularité qu'elles agissent différemment suivant l'adaptation plus ou moins grande, vis-à-vis d'elles, des variétés considérées.

9. Frais de culture. — Nous venons d'examiner les principales races de betteraves parmi celles qui sont actuellement cultivées ; en les comparant avec les descriptions que nous avons données, d'après différents auteurs, des variétés connues antérieurement, on ne peut se défendre d'un sentiment d'étonnement en voyant combien ces variétés se sont rapidement diversifiées, sous des influences diverses, mais en tendant toujours à répondre à des besoins nettement déterminés.

Nous avons aussi examiné, au cours de cette étude, quelques comptes de culture établis à des époques différentes de l'histoire de la betterave ; il nous paraît utile de compléter maintenant ces données par d'autres, tirées de documents plus récents ; nous groupons ci-après, sous forme de tableaux, les chiffres qu'il est permis de considérer comme les plus vraisemblables.

Prix de revient d'un hectare de betteraves d'après :

BETTERAVES A SUCRE WALHKOFF (1874) (1)	BETTERAVES A SUCRE VIVIER (1880) (2)	BETTERAVES A SUCRE PLAINE DE LAON (1896) (3)
Location.....	140 ^f	Ferme, impôts, prestations
Labours.....	60	Mesurages.....
Fumier.....	475	Frais de surveillance.....
Epandage.....	5	Part de fumure et engrais de fond.
Binotages et démarrage.	30	Engrais superficiels.....
2 Tricyclages.....	42	Semences, y compris main-d'œu- vre.....
Roulages et hersages...	15	Binages, arrachage, etc.....
Graine.....	25	Travail des hoes à cheval.....
Façons et arrachage...	85	Transport des betteraves.....
Total.....	547 ^f	Travaux de culture divers.....
		Total.....
		a déduire : 20.000* feuilles à 3 fr.
		les 0/00.....
		Reste.....
		683 ^f 50

(1) Walhkoft. *Traité complet de la fabrication du sucre de betterave*, 1874.(2) A. Vivier. *Traité complet de la fabrication du sucre*, p. 368.(3) Voyez A. Larbalétrier et L. Malpeaux. *Culture de la betterave en France dans Rev. gén. des sciences*, 7, 615, 1896.

Prix de revient d'un hectare de betteraves d'après :

	BETTERAVES A SUCRE L. GERSCHWIND (1900) (inédit)	BETTERAVES DE DISTILLERIE BRANDIN (1)			
		ANNÉES			
		1885	1886	1887.	1888
Fermage et impôts.....	400.00 (très var.)	425.00	125.72	120.51	120.00
Travaux de culture divers....	100.00	86.55	83.40	53.70	73.50
Engrais de fond et fumure superficielle.....	250.00	2.17	4.33	1.93	3.40
Semence 2 ¹ / ₂ à 4 ¹ / ₂ 50.....	37.50	47.26	49.93	47.24	51.81
Ensemencement.....	8.00	60.65	63.49	58.55	69.88
Binages, déchauffage, arrachage.	95.00 (var.)	6.34	11.48	6.80	8.21
Transport des betteraves....	60.00 (très var.)	14.82	12.47	8.42	10.47
Frais divers, surveillance, etc.	15.50	29.64	27.74	33.92	26.99
Intérêt, amortissement, frais généraux, etc.....	50.00	95.44	145.05	101.00	112.54
Total.....	732.00	430.00	119.50	122.00	95.50
A déduire : 45.000 fanilles restant sur le champ et pâturées par les moutons.....	45.00	49.38	47.68	46.45	62.59
Reste.....	687.00	423.35	113.40	113.40	114.74
		35.00	35.00	35.00	35.00
		805.60	839.19	748.62	784.63
		Totaux.....			

(1) Voy. Rev. gén. des Sciences, 7, 677, 1896.

Le prix de revient d'un hectare de betterave oscille donc actuellement, en moyenne, autour de 700 fr., chiffre très supérieur à celui qui serait accusé par les précédents comptes de culture (Voyez p. 18 s'ils étaient complets. Cela résulte de ce fait que, non seulement le coût de la main-d'œuvre a augmenté, mais aussi que l'on a reconnu la nécessité de multiplier les façons agricoles et d'utiliser les engrais chimiques comme complément de la fumure au fumier de ferme.

Dans beaucoup de régions le prix de revient de la culture de un hectare de betterave est même beaucoup plus élevé encore, en raison de la difficulté de se procurer de la main-d'œuvre; cela est surtout vrai depuis quelques années. Au reste, il est bon de faire remarquer que la plupart des auteurs qui se sont occupés de la question ont donné, en général, des évaluations trop faibles. La betterave se cultive en effet sur les meilleures terres, et il en résulte que, dans le compte, il faut donner une valeur locative, supérieure à la moyenne des terres d'une exploitation; de plus, il faut tenir compte des frais d'entretien plus élevés des chemins, d'un matériel plus coûteux, des risques de perte d'un nombre plus grand de têtes de bestiaux, etc.

Voici, à titre d'exemple, des chiffres qui ont été trouvés par M. Demarolle, dans les environs de Saint-Quentin (Aisne), chiffres peut-être un peu pessimistes tout de même.

Prix de revient de un hectare de betterave (champ d'expérience), par M. Demarolle, 1895.

Valeur locative du terrain	100,00
Contributions.	10,00
45.000 k. fumier, dont 25.000 k. utilisés, à 10 fr.	250,00
800 k. scories à 5 fr.	40,00
600 k. tourteaux à 10 fr.	60,00
1 binotage 24 fr., un labour 45 fr.	69,00
Façons : extirpages, binages, roulages.	24,00
300 k. nitrate à 22 fr.	66,00
25 k. graines à 2 fr.	50,00
Binages à la main	50,00
Binages à la machine	7,50
Arrachage	60,00
Transport à l'usine.	36,00
Intérêt à 5 0/0 du capital engagé.	40,50
Total.	<u>863,00</u>

Quant au rendement argent à l'hectare, il est extrêmement variable. En général, cependant, il ne semble pas, au moins en France, avoir sensiblement diminué. Malgré la culture de races de betteraves peu prolifiques, ces racines beaucoup plus sucrées sont payées plus cher par l'industrie,

et cette augmentation de prix vient dans une certaine mesure faire compensation à la diminution de rendement en poids. Cet équilibre s'entend pour des prix moyens de betteraves ne descendant pas au-dessous de 25 francs la tonne à 7° de densité. Les fluctuations du prix du sucre et les variations des primes sucrières directes et indirectes peuvent avoir une influence considérable sur le prix d'achat de la betterave et venir ainsi détruire cet état d'équilibre.

CHAPITRE II

STATISTIQUE

§ 1

CULTURE DE LA BETTERAVE

10. Etendues cultivées. — La betterave est maintenant cultivée dans presque tous les pays d'Europe et, au point de vue de l'étendue des terrains consacrés à cette culture, la betterave fourragère l'emporte sur la plante sucrière. Le fait est surtout vrai pour la France, l'Autriche-Hongrie et l'Allemagne.

En France, l'étendue consacrée à la betterave fourragère oscille entre 380.000 et 450.000 hectares ; en 1894 elle était de 413.463 hectares, soit plus du double de la surface consacrée à la betterave sucrière et à la betterave de distillerie ; la carte suivante, extraite du travail de A. Larbalétrier et L. Malpeaux, montre quelle était à cette date la répartition des surfaces couvertes par la betterave fourragère dans nos départements. La valeur totale des produits est également beaucoup plus forte, car, tandis que les 268.230 hectares consacrés en 1894 à la betterave sucrière ont produit 76.401.820 quintaux représentant 173.957.663 francs, les betteraves fourragères ont rendu 108.017.700 quintaux, soit 204.963.811 francs.

En Allemagne et en Autriche-Hongrie, la surface cultivée en betteraves fourragères est plus grande qu'en France, mais les rendements y sont plus faibles ; en 1894 cette surface était de 446.732 hectares pour l'Allemagne et de 494.223 pour l'Autriche-Hongrie. C'est surtout en ce qui concerne la betterave destinée à la fabrication du sucre que les comparaisons sont intéressantes. Non seulement cette culture s'est continuellement étendue depuis l'origine, mais encore actuellement elle se développe avec intensité.

Le tableau suivant qui embrasse la période de 1884 à 1898 en fait foi.

Surface consacrée à la culture de la betterave à sucre dans les divers pays (en hectares) (1).

Années	Allemagne	Autriche-Hongrie	Russie	France	Belgique	Hollande	Divers Pays	Total
1884	316.490	261.000	318.713	148.800	32.000	21.400	11.000	1.409.403
1885	234.116	138.000	327.400	112.800	20.000	16.000	11.000	859.316
1886	276.889	205.000	298.478	155.800	35.000	18.200	11.000	1.000.367
1887	263.786	168.000	242.643	161.300	35.000	19.000	11.000	900.729
1888	280.361	216.270	268.306	172.200	40.000	20.000	11.000	1.008.337
1889	298.360	272.789	258.300	206.200	50.000	25.000	11.000	1.112.049
1890	329.917	298.369	294.300	221.600	52.400	29.000	11.000	1.236.986
1891	336.454	327.900	305.000	222.900	53.800	21.400	23.000	1.290.454
1892	352.015	331.000	303.000	217.600	49.100	23.700	23.000	1.299.415
1893	386.481	350.397	300.147	220.000	56.000	32.000	36.000	1.381.025
1894	441.441	376.160	336.364	241.500	71.235	33.917	45.000	1.545.616
1895	376.669	288.923	346.500	204.600	57.244	32.764	35.200	1.341.900
1896	425.004	347.400	357.811	246.204	70.134	43.868	43.232	1.533.653
1897	436.565	302.950	408.201	231.110	52.498	32.341	50.000	1.543.655

11. Causes et résultats du développement de la culture de la betterave. — La surface cultivée en betteraves dépasse donc actuellement en Europe 1.500.000 hectares. Nous avons déjà exposé les causes de ce rapide développement, il ne nous reste qu'à en esquisser succinctement les conséquences. En toute première ligne il faut mentionner les perfectionnements des méthodes de culture ; la production de la betterave a complété l'œuvre commencée par la culture de la pomme de terre : la suppression des jachères. Comme plante sarclée industrielle, la betterave a permis de résoudre complètement le problème posé par Morel-Vindé (1742-1759) : *trouver pour remplacer la jachère une plante dont les produits aient un emploi ou un débit certain et dont la culture exige dans le cours de l'année des binages et des sarclages.* La préparation soignée du sol qu'exige la culture de la betterave n'a pas été non plus sans avoir des conséquences heureuses sur la culture des céréales. Les sous-produits livrés par la sucrerie, nous avons nommé les pulpes, ont fourni à l'exploitation agricole le moyen d'augmenter le nombre des bestiaux qui, eux-mêmes, produisent le fumier nécessaire à la reconstitution de la fertilité du sol épuisé par des cultures successives. La betterave fourragère arrivait déjà au même but, mais, on peut dire que si la betterave sucrière y parvient d'une manière plus indirecte, le profit est aussi plus grand.

(1) Ces renseignements sont extraits des documents statistiques officiels mais nous croyons devoir prévenir le lecteur que les chiffres recueillis dans les différentes publications françaises et étrangères offrent souvent entre eux des différences très sensibles. Cette remarque s'applique à tous les tableaux statistiques contenus dans l'ouvrage.

La nécessité de la culture intensive a fait prendre à l'industrie des engrais chimiques une importance considérable, car le fumier produit à la ferme ne fut bientôt plus en état de satisfaire aux besoins du sol. Nous ne parlerons que pour mémoire des perfectionnements apportés aux ins-

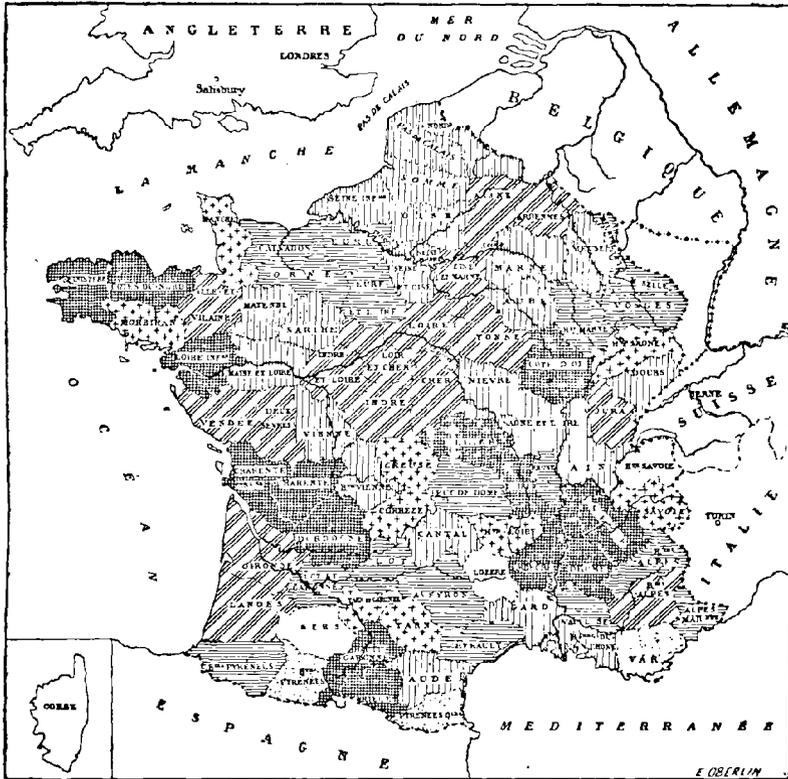
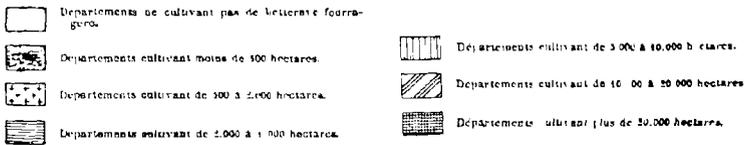


Fig. 3.1 — Carte montrant la répartition et l'étendue des surfaces cultivées en foin et fourrages dans les départements français.



Carte extraite de la Revue Générale des Sciences.

truments de culture dans lesquels l'art de l'ingénieur a trouvé un nouveau champ d'activité. Dans le même ordre d'idées, on peut citer le développement des ateliers de construction pour les appareils de sucrerie et

de distillerie, industries dont le matériel s'est rapidement transformé et se transforme, encore tous les jours.

L'introduction des nouvelles méthodes de culture a nécessité de la part du cultivateur une nouvelle attention, nous pourrions dire un nouvel apprentissage, et ce n'est que par l'élévation du niveau de l'instruction

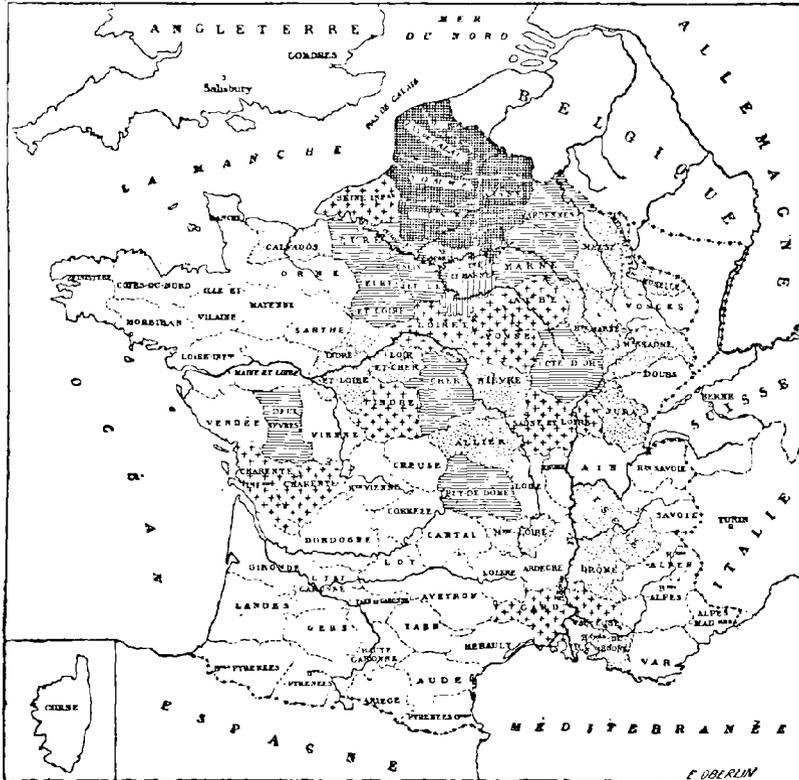


Fig. 20. — Carte montrant la répartition et l'étendue de la culture de la betterave à sucre dans les divers départements français.

	Départements ne cultivant pas de betterave à sucre.		Départements cultivant de 1.000 à 5.000 hectares.
	Départements cultivant moins de 200 hectares.		Départements cultivant de 5.000 à 10.000 hectares.
	Départements cultivant de 500 à 1.000 hectares.		Départements cultivant plus de 10.000 hectares.

Carte extraite de la *Revue générale des Sciences*.

qu'ont pu être atteints les résultats que nous sommes heureux de constater aujourd'hui (1).

(1) A. Jadoul. *La culture de la betterave à sucre et son rôle dans l'économie générale de l'agriculture*. — *Sucrierie belge*, 24, n° 3, 1895.

En un mot, la culture de la betterave a pris une notable part au grand mouvement intellectuel, scientifique et industriel de la fin du XIX^e siècle et elle n'a pas peu contribué à le diffuser parmi nos intéressantes populations rurales. Nous laisserons à chacun le soin de déduire les conséquences philosophiques et sociologiques entraînées par cette diffusion ; tout le monde reconnaîtra qu'elles ont été considérables.

Revenons maintenant à l'examen détaillé de l'accroissement des surfaces cultivées en betteraves.

Tous les pays n'ont pas marché également vite et régulièrement dans cette voie.

L'Allemagne et l'Autriche y occupent le premier rang. Ce fait est la conséquence de diverses influences sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre ici, et parmi lesquelles il convient de citer la nature des législations, la richesse du sol, l'état général de l'agriculture, etc..

12. Etat de la culture de la betterave à sucre dans les divers pays. — Si nous entrons dans le détail et que nous considérons dans chaque pays les résultats donnés par la culture betteravière, nous ferons de nombreuses constatations intéressantes.

France. Etat de la culture de la betterave à sucre de 1881 à 1898.

Années	Nombre d'hectares	Betteraves travaillées (tonnes)	Rendement en poids à l'hectare	Prix de la tonne	Rendement argent à l'hectare	Rendement en sucre raffiné 0/0 k. en usine	Rendement en sucre brut 0 k. bett. en usine (1)	Prix du raffiné valeur entrepot Paris	Rendement en sucre brut à l'hectare (k**)
1881-82.....	190.300	6.528.678	33.791	20 ^f 87	706	5.10	5.95	72 ^f 50	2.027
1882-83.....	206.000	7.211.274	34.928	20.99	733	5.03	5.88	69.60	2.047
1883-84.....	206.800	7.310.923	35.356	20.64	730	5.55	6.49	64.56	2.294
1884-85.....	148.800	4.556.796	31.289	19.08	596	5.99	6.89	59.17	2.156
1885-86.....	112.800	3.385.439	29.457	22.73	670	7.83	9.13	53.63	2.689
1886-87.....	155.800	4.897.179	31.900	23.97	765	8.86	10.34	45.44	3.298
1887-88.....	161.300	3.614.632	22.469	26.26	591	9.53	11.12	41.66	2.499
1888-89.....	172.200	4.222.967	24.537	27.55	676	9.77	11.40	45.56	2.797
1889-90.....	206.200	6.776.051	32.364	30.98	1.004	10.47	12.24	54.40	3.932
1890-91.....	221.600	6.499.906	29.319	24.76	725	9.46	11.03	45.18	3.233
1891-92.....	222.900	5.628.804	25.199	26.33	663	10.26	11.97	46.07	3.016
1892-93.....	217.600	5.472.891	25.605	26.98	694	9.56	11.15	44.24	2.855
1893-94.....	230.000	5.250.192	23.863	28.20	674	9.80	11.43	52.77	2.725
1894-95.....	241.500	7.137.736	29.553	25.97	767	9.87	11.52	44.13	3.405
1895-96.....	204.600	5.411.484	26.434	26.43	697	10.97	12.30	36.50	3.384
1896-97.....	246.204	6.765.000	27.477	24.30	670	9.98	11.61	»	3.199
1897-98.....	231.110	6.402.058	27.708	25.97	720	11.40	13.30	»	3.685
1898-99.....	237.170	6.105.614	25.744	»	»	12.08	14.10	»	3.630

(1) En France les rendements en sucre sont maintenant évalués en raffiné ; pour obtenir le brut nous avons opéré, comme cela se fait d'ailleurs dans le commerce, en majorant le chiffre du raffiné de 1 6. Les chiffres comprennent par conséquent le sucre des melasses qui correspond à environ 0,50.

**Allemagne. Etat des résultats de la culture betteravière
de 1881 à 1899.**

(Non compris la sucraterie)

Années	Nombre d'hectares	Betteraves travaillées (tonnes)	Rendement à l'hectare	Rendement en sucre brut 0/0 bett. en usine	Prix de la tonne de betteraves	Betteraves		
						Sucre à l'hectare	Collivées par les usines	Achetés
1881.....	221.620	6.271.948	28.300	9.56		2.704	54.7	45.30
1882.....	254.280	8.747.454	34.400	9.51		3.274	50.9	49.10
1883.....	298.260	8.918.430	29.900	10.54		3.154	47.2	52.80
1884.....	316.490	10.402.688	32.900	10.79	25 ^f à 31 ^f 25	3.450	47.5	52.5
1885.....	234.416	7.070.316	30.200	11.43	17.50 à 22.50	3.454	59.4	40.6
1886.....	276.889	8.306.674	30.000	11.87		3.564	53.4	46.6
1887.....	263.786	6.963.964	26.400	13.08		3.453	54.6	45.5
1888.....	280.361	7.896.483	28.200	11.96		3.372	53.3	46.7
1889.....	298.560	9.822.635	32.900	12.36		4.076	51.8	48.2
1890.....	329.947	10.623.349	32.200	12.09		3.892	48.2	51.8
1891.....	336.454	9.488.002	28.200	12.06		3.400	48.9	51.4
1892.....	352.015	9.811.939	27.900	11.94	26.11	3.331	49.07	50.73
1893.....	386.481	10.644.351	27.500	12.34		3.392	45.58	54.42
1894.....	441.441	14.521.029	32.900	12.15		3.997	44.64	58.36
1895.....	376.669	11.672.816	31.000	13.11		4.064	43.94	56.06
1896.....	425.004	13.721.601	32.300	12.66		4.089	42.14	57.86
1897.....	436.565	13.698.284	31.300	12.79		4.003	43.34	56.66
1898.....	426.400	12.450.642	28.500	13.37	24.62 à 26.50	3.810	»	»
1899.....	428.442	»	»	»		»	»	»

**Autriche-Hongrie. Etat des résultats de la culture betteravière
de 1884 à 1898.**

Années	Nombre d'hectares	Betteraves travaillées (tonnes)	Rendement à l'hectare	Rendement en sucre brut 0/0 k [»] en usine	Sucre à l'hectare
1884.....	261.000				
1885.....	138.000	2.615.101	18.950	14.40	2.730
1886.....	205.000	4.287.087	20.910	12.21	2.553
1887.....	168.000	3.226.316	19.200	13.30	2.533
1888.....	216.270	4.857.490	22.460	10.81	2.428
1889.....	272.789	6.328.258	23.200	11.92	2.765
1890.....	298.569	6.613.428	22.150	11.80	2.613
1891.....	327.900	6.537.000	20.830	12.09	2.508
1892.....	331.000	7.045.200	21.300	11.25	2.396
1893.....	350.397	6.401.200	18.300	13.02	2.382
1894.....	376.160	8.527.500	22.700	12.25	2.780
1895.....	288.923	5.760.000	19.900	13.50	2.686
1896.....	347.400	7.870.000	22.400	12.00	2.688
1897.....	302.950	6.865.400	»	»	»
1898.....	308.000	7.611.500	»	»	»

**Russie. Etat des résultats de la culture betteravière de
1881 à 1897.**

Années	Nombre d'hectares	Betteraves travaillées (tonnes)	Rendement à l'hectare	Rendement en sucre 00 k ^e en usine	Sucre à l'hectare
1881	243.772	3.614.155	14.826	7.23	1.071
1882	256.144	3.820.136	14.920	6.66	994
1883	299.488	3.633.954	12.140	8.46	1.027
1884	318.715	4.094.556	12.850	9.90	1.273
1885	327.400	5.383.983	17.600	9.38	1.650
1886	298.478	4.734.901	15.800	9.99	1.570
1887	242.643	4.306.967	17.700	9.98	1.750
1888	268.506	4.668.170	17.400	11.20	1.950
1889	258.500	4.410.711	17.600	10.10	1.778
1890	294.500	5.003.121	16.900	10.87	1.837
1891	300.000	4.358.675	14.300	12.64	1.807
1892	303.000	3.643.509	12.000	12.48	1.498
1893	300.447	5.661.692	18.800	11.62	2.185
1894	336.363	5.394.871	17.658	11.49	2.020
1895	346.500	5.498.318	17.314	10.16	1.760
1896	357.811	5.802.324	17.658	»	»
1897	408.201	»	»	»	»

Nous n'insisterons pas sur les chiffres relatifs à la culture de la betterave en Russie et en Autriche-Hongrie, mais nous nous arrêterons à ceux relatifs à la France et à l'Allemagne. Si on examine les chiffres indiqués pour notre pays, ainsi que les prix payés pour le sucre contenu dans la betterave, on constate immédiatement que chez nous les étendues cultivées ont suivi une marche très irrégulière, depuis 1881. Elles ont atteint leur minimum pendant la période de 1883 à 1885. Ce fait est évidemment la conséquence de la loi de 1884 et du changement de régime qu'elle introduisit ; mais, à partir de cette date, l'allure de la courbe change ; elle remonte progressivement avec des alternatives diverses, il est vrai, et accuse un nouveau minimum en 1895, à la suite de la crise sucrière.

Les courbes étendues cultivées prennent directement sous leur dépendance les prix de la tonne de betteraves ; elles présentent, dans leur allure générale des oscillations inverses, mais à peu près symétriques. L'étendue cultivée a-t-elle une tendance à baisser, vite le fabricant relève le prix d'achat, dans la crainte de manquer de matière première, et vice-versa. Par contre, les oscillations des surfaces et celles des cours du raffiné sont de même sens et se correspondent avec une certaine régularité.

Si nous examinons le jeu des trois variables, une anomalie nous frappe immédiatement : les prix payés pour la tonne de betteraves ont suivi une marche inverse à celle suivie par les prix du sac de sucre. A première vue il semble qu'il doive y avoir là une grave défectuosité, car il serait ratio-

nel que la betterave, matière première, fut payée au prorata du cours du sucre, matière fabriquée, et il se trouve justement que c'est tout le contraire qui s'est passé. En réalité cependant, cette anomalie n'est qu'apparente et pour la rendre explicable il faut se reporter aux quantités figurant les rendements en sucre des fabriques. Ces quantités s'élèvent constamment de sorte que, si, en tenant compte du prix de la tonne de betterave et de l'augmentation de ces rendements, on établit la courbe des prix auxquels on a payé le sucre dans la betterave, on arrive à une ligne presque exactement parallèle à celle qui représente les cours du sucre.

En réalité, par conséquent, la betterave a été payée de moins en moins cher pour une richesse donnée ; malgré cela, et malgré aussi une légère diminution dans les rendements en poids à l'hectare, la somme argent, touchée par le cultivateur, n'a pas sensiblement varié ; cela résulte de ce que la betterave s'est enrichie et que le rendement en sucre à l'hectare a été constamment en augmentant. On peut en inférer que le rendement en poids n'exclut pas la richesse en sucre ; c'est là une conclusion sur laquelle différents auteurs ont beaucoup insisté et dont la réalité nous est prouvée par les rendements allemands.

Les rendements de la betterave à sucre, non seulement en sucre, mais aussi en poids, sont extrêmement variables selon les années et cette variation est sous la dépendance des circonstances climatologiques, des ravages des insectes et des cryptogames, etc.. Ils ne présentent pas non plus une grande régularité, pour une même année, dans les diverses régions d'un même pays. En France, notamment, les rendements diffèrent beaucoup selon les divers départements et ils ne présentent aucune corrélation avec l'importance de la culture elle-même dans ces départements. Les cartes que nous figurons ci-après, d'après Larbalétrier et Malpeaux (*loc. cit.*) nous montrent ce fait d'une manière très nette. Cela résulte évidemment de circonstances nombreuses et complexes, et outre celles que nous avons énumérées plus haut, il convient de noter la nature des terrains, l'instruction plus ou moins avancée de la population agricole, le mode de culture, le climat, etc.

13. Comparaison de la France avec l'Allemagne. — Des quatre grands pays producteurs de sucre, c'est l'Allemagne qui a la culture betteravière la plus prospère ; c'est aussi chez elle qu'elle acquiert le plus d'importance et qu'elle s'accroît avec le plus de régularité.

Les rendements en sucre, en fabrique, qui peuvent nous donner une idée de la richesse saccharine de la betterave, vont aussi continuellement en augmentant ; si on compare ces rendements avec ceux de notre industrie, l'infériorité de ces derniers saute immédiatement aux yeux.

Il en est de même si on considère les rendements en poids, et consé-

quement, les rendements en sucre à l'hectare qui sont bien plus élevés en Allemagne et supérieurs à ceux obtenus par les autres nations.

On peut en trouver la raison dans ce fait, que bien avant nous, grâce à des circonstances économiques et fiscales plus favorables, l'Allemagne a

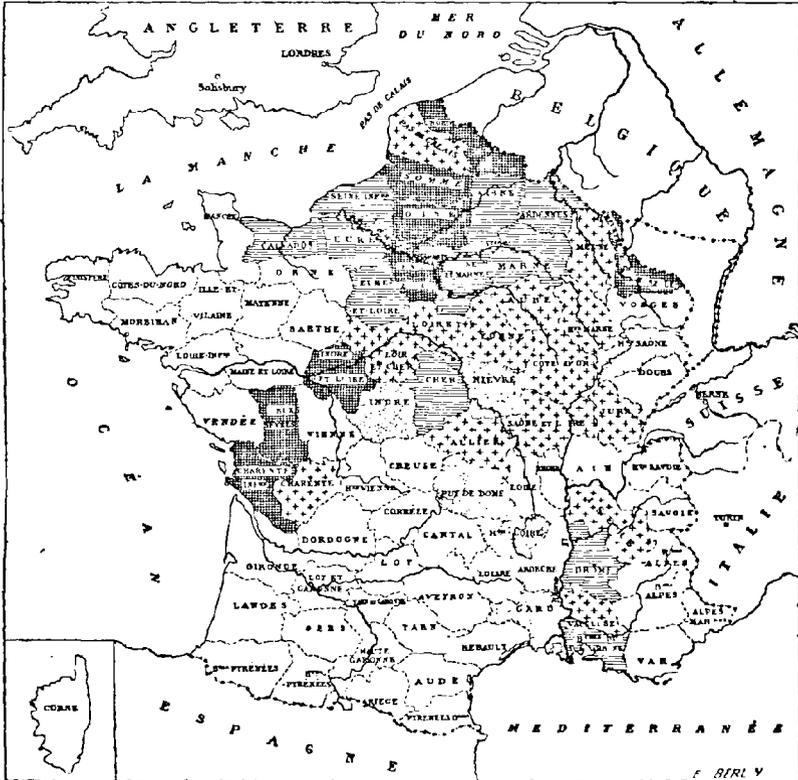


Fig. 24. — Carte montrant le rendement de la betterave à sucre dans les départements français.

- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  Départements ne cultivant pas de betterave à sucre. |  Départements où le rendement moyen oscille entre 200 et 250 quintaux par hectare. |  Départements où le rendement moyen oscille entre 250 et 300 quintaux par hectare. |  Départements où le rendement moyen oscille entre 300 et 350 quintaux par hectare. |  Départements où le rendement moyen oscille entre 350 et 400 quintaux par hectare. |
|---|---|---|---|---|

Carte extraite de la Revue Générale des Sciences.

commencé à améliorer ses races de betteraves, ou plutôt, pour rester dans la réalité, a commencé à cultiver des races de betteraves améliorées. Chez elle, cette culture date de 1840, tandis qu'en France

elle n'a guère commencé qu'en 1884 (1), après l'application de la nouvelle loi.

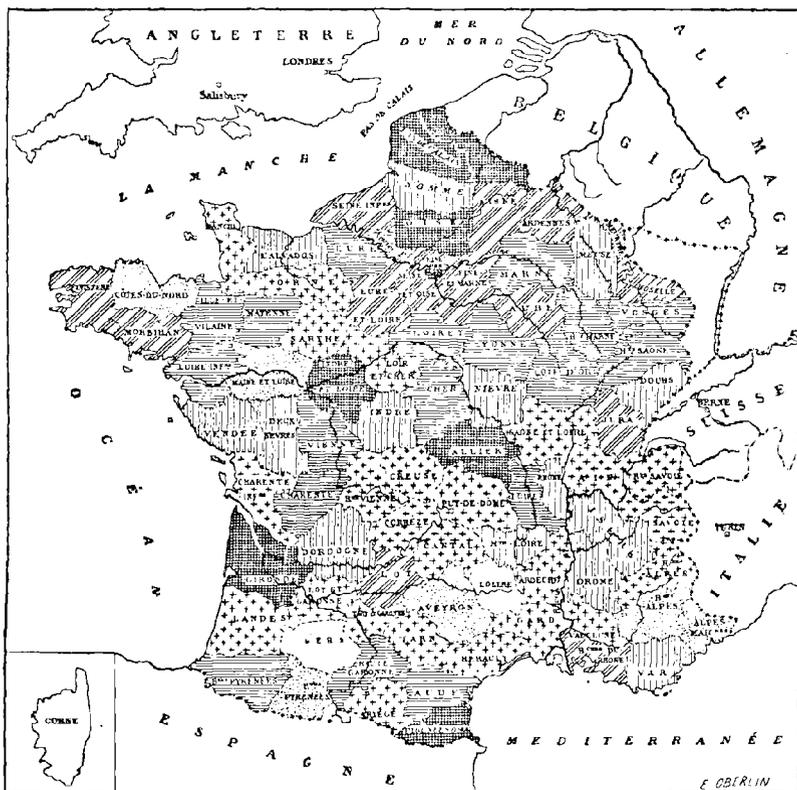
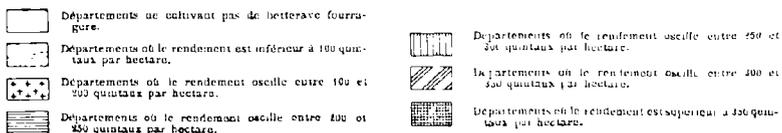


Fig. 4. — Carte montrant le rendement de la betterave fourrère dans les départements français.



Carte extraite de la *Revue Générale des Sciences*.

Les progrès tant en culture qu'en matière de sélection betteravière datent donc, en Allemagne, d'une période plus ancienne et par conséquent ont placé nos voisins dans une situation plus avantageuse.

(1) Dès 1846, grâce à Vilmorin, il aurait été possible de cultiver en France des racines riches en sucre.

D'autres circonstances ont également contribué à cette prépondérance : Diffusion plus active des idées scientifiques, conditions politiques, moindre morcellement de la propriété et par suite exploitation agricole plus économique, production de la betterave par les sucreries, meilleurs moyens de transport, etc.

Quoiqu'il en soit, la culture de la betterave tend à se développer de jour en jour et cet accroissement, relativement à la betterave sucrière n'est pas sans avoir de nombreuses conséquences. Depuis plusieurs années, la production du sucre est de moins en moins contrebalancée par une consommation équivalente ; les cours baissent constamment et la culture en souffre. Cette question, toute d'économie commerciale et politique, ne serait pas à sa place dans ce travail et nous renverrons ceux qu'elle intéresse aux nombreux ouvrages spéciaux qu'elle a suscités

Nous voulons considérer maintenant au point de vue statistique une question qui possède avec la culture de la betterave les relations les plus intimes : la production de la graine de betterave.

§ 2

PRODUCTION DE LA GRAINE DE BETTERAVE

14. Consommation de la graine de betterave. — Comme on le sait et comme nous le verrons dans les chapitres qui vont suivre, la prospérité de la culture de la betterave est liée d'une manière très étroite à la qualité de la graine. Les graines transmettent, d'une manière plus ou moins parfaite, plus ou moins fidèle, aux récoltes qui en proviennent, les caractères des sujets sur lesquels elles ont fructifié ; leur valeur dépend donc, entre autres facteurs, des soins qui auront présidé au choix des reproducteurs, ou, en d'autres termes, de la sévérité de la sélection.

L'augmentation de la production de la graine de betteraves a évidemment coïncidé avec le développement de la culture de cette plante ; elle constitue actuellement une industrie extrêmement importante, dont les produits, pour l'Europe seulement, atteignent une valeur totale qui n'est pas très éloignée de 400 millions de francs.

En l'absence de documents officiels spéciaux et bien probants, il est difficile de se rendre compte exactement de la consommation de cette graine dans les divers pays sucriers. Il est cependant possible, en opérant

comme nous l'avons dit ailleurs (1), c'est-à-dire en se basant sur les statistiques relatives aux surfaces cultivées, d'obtenir quelques chiffres dont la comparaison est extrêmement intéressante.

Il faut en moyenne 25 kilogr. de graines pour ensemercer 1 hectare de terre, soit 1 kilogr. pour 100 à 140 kilogr. de sucre sortant des usines.

Les évaluations que l'on peut faire sur ces données ne sont évidemment que des approximations ; elles sont cependant suffisantes pour permettre d'en tirer quelques conclusions.

La consommation totale en Europe, en considérant en bloc les graines de betteraves fourragères et sucrières, oscille autour de 85.000 à 90.000 tonnes. Dans ce chiffre, la graine sucrière entre pour un total de 35 à 40.000 tonnes et ses cultures couvrant environ 16.000 hectares.

La consommation de la graine de betteraves fourragères est, par conséquent, plus forte que celle de la graine sucrière. Cela concorde avec ce que nous avons dit plus haut de l'importance respective de la culture de ces races.

Pour l'année 1894, par exemple, la consommation de chacune de ces graines aurait été :

Consommation en graines fourragères et sucrières.

Pays	Graines sucrières	Graines fourragères
France.	6.037.000	10.300.000
Allemagne.	11.000.000	11.200.000
Autriche-Hongrie.	9.400.000	12.400.000

La consommation des graines sucrières en Europe, coïncidant avec l'énorme développement de la culture de la betterave, a subi, depuis quelques années, une augmentation considérable ; de 22.500.000 kilogr. qu'elle était en 1887, elle s'est élevée en 1897 à 37.800.000 kilogr., en passant en 1894 par un maximum de 38.600.000 kilogr. environ.

Le tableau suivant montre quelle a été, pour chaque puissance, la progression de cet accroissement de la consommation de la graine sucrière.

(1) L. Geschwind, *L'état actuel des industries betteravières*, 1^{re} partie, *La graine de betterave*. R.G.C. 2, 241, 1900.

Consommation de la graine de betterave à sucre dans les divers pays européens (en kilos).

Années	Allemagne	Autriche-Hongrie	Russie	France	Belgique	Hollande	Divers	Totaux
1884.	7.905.000	6.525.000	6.970.000	3.720.000	800.000	535.000	275.000	27.725.000
1885.	5.854.000	3.450.000	8.185.000	2.820.000	500.000	400.000	275.000	21.480.000
1886.	6.923.000	5.125.000	7.462.000	3.895.000	875.000	455.000	275.000	25.000.000
1887.	6.595.000	4.200.000	6.067.000	4.032.000	875.000	475.000	275.000	22.500.000
1888.	7.000.000	4.400.000	6.712.000	4.305.000	1.000.000	500.000	275.000	25.200.000
1889.	7.464.000	6.820.000	6.462.000	5.155.000	1.250.000	625.000	275.000	27.800.000
1890.	8.248.000	7.465.000	7.352.000	5.540.000	1.310.000	725.000	275.000	30.900.000
1891.	8.412.000	8.197.000	7.625.000	5.572.000	1.345.000	535.000	575.000	32.250.000
1892.	8.800.000	8.275.000	7.575.000	5.440.000	1.227.000	592.000	575.000	32.450.000
1893.	9.662.000	8.760.000	7.500.000	5.500.000	1.400.000	800.000	900.000	34.500.000
1894.	11.000.000	9.400.000	8.407.000	6.037.000	1.780.000	850.000	1.125.000	38.600.000
1895.	9.417.000	7.222.000	8.662.000	5.115.000	1.430.000	817.000	890.000	33.550.000
1896.	10.625.000	8.685.000	8.945.000	6.155.000	1.752.000	1.097.000	1.080.000	38.300.000
1897.	10.910.000	7.570.000	10.205.000	5.775.000	1.312.000	807.000	1.250.000	37.800.000

Si, au point de vue de la consommation des graines de betteraves sucrières, nous comparons les 4 grands pays producteurs de sucre, nous voyons immédiatement que c'est encore l'Allemagne qui l'emporte. En établissant un graphique moyen des chiffres ci-dessus, nous verrions en effet, pour ce pays, la courbe des augmentations successives à partir de 1888, calculée par périodes de 2 années, s'élever d'une manière extrêmement régulière et rapide, tandis que chez les autres nations elle est assez irrégulière et beaucoup moins inclinée.

15. Production de la graine de betterave. — La production de la graine de betterave, naguère encore localisée en France et en Allemagne, tend à se généraliser. L'Autriche, la Russie, la Hollande, font actuellement une active concurrence aux deux premières nations. L'Allemagne, néanmoins, conserve toujours le premier rang avec une production qui ne doit pas être évaluée à moins de la moitié de la production totale.

Cette production des divers pays est d'ailleurs très difficile à chiffrer, non pas par suite du manque de statistiques, mais surtout parce que de nombreux cultivateurs ou fabricants produisent eux-mêmes la graine qu'ils consomment. Ceci est surtout vrai pour la betterave fourragère, mais peut aussi s'appliquer à la betterave à sucre.

En France, notamment, une enquête faite en 1893 établissait, qu'à cette date, 26 sucreries se livraient à la culture de la graine de betterave et produisaient ainsi le dixième de l'approvisionnement total ; il y a même

là une tendance assurément significative, puisque deux ans plus tard, cette production spéciale avait sauté de 10 0/0 à 13,5 0/0 de la consommation (1).

16. Commerce français de graines de betteraves. Importations. Exportations. — Parmi les nations productrices de graines de betteraves, la France a occupé un des premiers rangs ; elle fournissait autrefois, non-seulement la presque totalité de son marché intérieur, mais exportait aussi une notable quantité de ses produits. Actuellement la production de ses éleveurs grainiers est extrêmement restreinte ; malgré l'augmentation de la consommation elle est tombée pour la graine sucrière, tant du fait des importations que de la production par le consommateur lui-même, à environ la moitié de cette consommation.

D'exportatrice qu'elle était, la France est devenue franchement importatrice, malgré l'application aux graines étrangères d'un droit presque prohibitif de 30 francs aux 100 kilogrammes.

Les importations, de 2.647 tonnes qu'elles étaient en 1893, ont monté à 3.416 tonnes en 1897, tandis que les exportations ont baissé de 2.633 tonnes à 758 tonnes.

Le principal pays exportateur est l'Allemagne, avec ses graines de Klein-Wanzleben, de Dippe, de Schreiber, de Braune, de Knauer, etc. ; viennent ensuite l'Autriche-Hongrie, avec la maison Wohanka, la Hollande, avec les excellentes graines de Kuhn, la Russie, etc.

17. Causes de la diminution de l'importance de la production française. — C'est là un chapitre très délicat et, pour le traiter convenablement, il nous faudrait peut-être employer une diplomatie vraiment raffinée pour ne pas blesser certains amour-propres très respectables ; ce n'est pourtant qu'en montrant le mal tel qu'il est, qu'on arrivera à le guérir. La chose a été faite depuis longtemps ; des voix plus autorisées que la nôtre ont montré son origine, ses causes et indiqué les remèdes ; sous leur généreuse impulsion nous espérons voir notre production nationale reprendre bientôt un rang meilleur.

Nous dirons de suite qu'il existe en France des maisons qui apportent les soins les plus éclairés à la production de leur graine, nous ne les citerons pas, car elles sont connues et l'on pourrait nous reprocher des préférences. Du reste les fautes commises sont déjà anciennes et si la pénitence est longue et sévère, elle n'est peut-être pas tout à fait imméritée pour quelques-uns.

(1) Hélot. *Rapport présenté au Congrès des Fabricants de sucre de France* le 26 mai 1898.

Dans la décade qui a suivi l'application de la loi de 1884, la culture de la betterave ayant pris une nouvelle direction, et montrant une activité exceptionnelle, il a fallu, pour satisfaire à ses besoins, des quantités considérables de semences ; c'est à ce moment que voulant fournir à toute force, des producteurs inconscients du mal qu'ils allaient causer ont oublié toute dignité et loyauté commerciale ; on a mis en vente des produits de qualité inférieure ou même sans valeur et les cultivateurs et fabricants lésés dans leurs intérêts ont cru devoir s'adresser à l'étranger.

A cela vient s'ajouter l'habileté déployée par nos concurrents pour répandre leurs produits : agents actifs, réclames savantes, méthodes de culture et de sélection généralement plus rationnelles et plus scientifiques que celles appliquées par un trop grand nombre de nos petits producteurs.

Nous sommes heureux de constater que la France a bientôt compris la nécessité d'appliquer les mêmes moyens et nous pouvons espérer que, dans un avenir prochain, elle sera débarrassée d'une tutelle si préjudiciable au développement de la richesse nationale. Nous n'insisterons donc pas outre mesure sur ce point et nous passerons à la deuxième partie de notre ouvrage ; le but de cette deuxième partie est de faire connaître l'état actuel de nos connaissances scientifiques et agricoles sur la graine de betterave.

DEUXIÈME PARTIE

La graine de betterave.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE BOTANIQUE ET CHIMIQUE DE LA GRAINE DE BETTERAVE

§ 1

BOTANOGRAPHIE

18. Le porte-graine. — D'après H. Baillon (1) le genre *Bette* (*Beta* T., *Inst.*, 501, t. 286) qui fait partie des Chenopodées, renferme 6 ou 8 espèces, dont la plus importante est sans contredit la Betterave (*Beta vulgaris* L.), cultivée plus spécialement pour l'extraction du sucre ou la nourriture des animaux.

Cette plante accomplit son cycle végétatif en deux périodes : pendant la première année de sa végétation elle constitue son pivot charnu, conique, fusiforme ou scapiforme, et accumule les matériaux de réserve : sucre, albumines, lécithines, hydrates de carbone etc., qu'elle utilisera en seconde année.

La racine en est longue, dure, fibreuse, peu sucrée, chez les espèces sauvages ; elle est longue ou courte, grosse, succulente, fusiforme ou conique, cylindrique ou globulaire, émergente ou souterraine, diversement colorée, chez les races cultivées. Elle contient une quantité de saccharose, variable suivant les espèces et variétés et servant de point de départ pour les utilisations diverses ; très abondante chez les races sucrières, cette quantité de saccharose diminue chez les races de distillerie et devient parfois très faible chez les races fourragères.

Au cours de la deuxième année de végétation, la betterave émet d'abord

(1) H. Baillon. *Dictionnaire de Botanique*, 1, p. 412, 1876.

une couronne de feuilles autour du collet, puis toute une série de tiges florifères.

D'après L. Geschwind (1) les feuilles de la base sont grandes, ovales, oblongues ou obtuses, cordées à la base, épaisses, plus ou moins longuement pétiolées ; elles sont lisses ou crispées, dressées ou retombantes, vert foncé ou clair, parfois jaunâtres ou rougeâtres. Les tiges florifères sont dressées, robustes, cannelées, simples à la base, rameuses au sommet. Leur nombre varie de 3 à 40 et elles peuvent atteindre de 1 m. à 2 m. de hauteur ; les feuilles caulinaires sont petites, sessiles, entières et leur limbe se rétrécit au fur et à mesure que la tige s'élève.

19. Inflorescence. — Les fleurs sont verdâtres, réunies au nombre de deux à septen glomérules disposés eux-mêmes en épis terminaux longs et grêles, d'abord dressés, puis retombants.

Ces glomérules naissent généralement à l'aiselle de petites feuilles très allongées que l'on peut considérer comme des bractées (voir fig. 35).

Les fleurs sont hermaphrodites ; leur réceptacle est concave et sur ses bords s'insère un calice pétaloïde persistant, à cinq divisions ; les sépales sont concaves et voûtés vers l'intérieur ; ils sont garnis, lorsque les fleurs sont jeunes, d'une bordure membraneuse blanche (2).

L'androcée se compose de cinq étamines égales, disposées face aux sépales et réunies entre elles par un disque un peu bombé ; les anthères sont biloculaires, introrses et déhiscentes par deux fentes longitudinales (3) ; elles sont allongées et de forme ellipsoïde.

Le gynécée est constitué par un ovaire semi-infère, surmonté d'un style à stigmate trilobé ; il renferme dans sa loge un seul ovule, dressé et campylotrope.

Les durées de développement du gynécée et de l'androcée sont discordantes ; l'ouverture des sacs polliniques s'effectue bien avant que le stigmate ne soit arrivé à maturité ; il en résulte que la pollinisation à l'intérieur de la même fleur est impossible et ne peut être amenée que



Fig. 35. — Portène de tige de porte-graines de betteraves.

(1) L. Geschwind, *Production de la graine de betterave*, dans *Indicateur Technique de l'Industrie betteravière* publ. par G. Gras. Valenciennes, 1895.

(2) Briem. *Der praktische Rübenbau*, p. 50. Vienne, 1896.

(3) H. Baillon, *loc. cit.*

plus tard, par le pollen d'une autre fleur; la plante est dite dichogame.

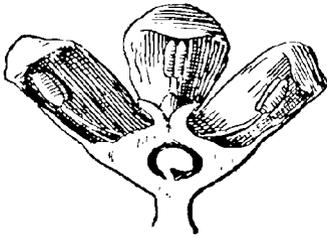


Fig. 36. — Coupe d'une fleur de betterave

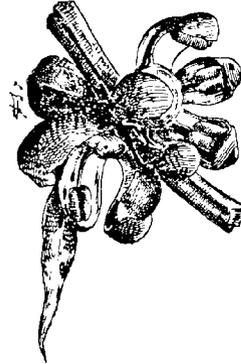


Fig. 37. — Groupe de fleurs de betterave dont l'ensemble constituera un glomérule.

20. Fécondation. — Quand le stade de la maturité des anthères est survenu, leur dehiscence s'opère et il s'en échappe une poudre jaunâtre qui constitue le pollen. A ce moment, en passant à côté d'un champ de betteraves on perçoit une odeur intense et caractéristique qui, d'après Wiesner (1), est due à de la triméthylamine.

Les grains de pollen, que nous représentons ci-contre d'après Briem, sont arrondis et ils mesurent en moyenne 20 μ . D'après Liebenberg et Schindler ce diamètre paraît très variable; ces deux auteurs donnent comme dimensions :

Le premier : min. 13 μ	32	max. 23 μ	31
Le second : min. 19 μ	35	max. 25 μ	80

Proskowetz est même d'avis que cette grosseur peut être liée à la variété de la betterave; c'est là une opinion qui, à notre connaissance, n'a jamais été confirmée.

Le pollen de la betterave est constitué, comme chez la majorité des plantes, par une masse protoplasmique, enveloppée d'une membrane cellulosique mince: l'intine, recouverte elle-même d'une seconde membrane, cuticularisée, parsemée de nombreux pores: l'exine.

Sa composition chimique a été indiquée par Herzog: nous ne la reproduirons pas ici, car sa connaissance n'a qu'un intérêt spéculatif.



Fig. 38. — Grain de pollen de la fleur de betterave.

(1) Voyez: Briem, *loc. cit.*

Il se forme une très grande quantité de pollen et, grâce à la longue durée de la floraison, une seule fleur, par l'intermédiaire des vents et des insectes, peut en féconder beaucoup d'autres, chose nécessaire, en raison de la dichogamie de la plante.

Le processus de la fécondation de la fleur de betterave a été bien étudié par différents auteurs ; les divers phénomènes qui s'accomplissent à ce moment peuvent d'ailleurs s'observer chez d'autres plantes et il serait inutile de s'étendre sur ce sujet.

21. Constitution et caractères de la graine. — Aussitôt que la fécondation s'est effectuée, l'embryon se développe rapidement ; mais il s'opère également dans les enveloppes extérieures des modifications très appréciables. Les fleurs d'un même groupement finissent par se souder pour former un glomérule unique. C'est à ce glomérule que l'on donne à tort le nom de graine de betterave. Ce n'est même pas une agglomération de graines ; c'est à proprement parler une agglomération de fruits soudés ensemble, car les graines proprement dites restent toujours munies de leurs enveloppes.

Dès que la graine est arrivée à son développement complet, les sépales commencent à se dessécher, indiquant ainsi l'approche de la maturité. En même temps, les parois de l'ovaire et l'opercule qui recouvre la graine s'incrument fortement, durcissent, en prenant une texture très solide ; le stigmate se dessèche également mais ne disparaît pas ; on peut encore en voir la trace sur la graine mûre.

Au fur et à mesure que la maturité s'avance, la quantité d'eau retenue par les fruits diminue. Briem a cherché avec quelle rapidité s'effectuait cette dessiccation ; il a donné les chiffres suivants :

Date de l'essai	Désignation de la période de végétation	Humidité des glomérules
—	—	—
Juin 22.	Commencement de la floraison	80,36 0/0
Juillet 3.	Période de la floraison	81,90 —
— 9.	Fin de la période de floraison.	83,53 —
— 19.	Après la fin de la floraison.	79,56 —
— 29.	Quelques feuilles isolées brunissent.	69,45 —
Août 4.	Quelques glomérules commencent à brunir.	64,46 —
— 11.	La plupart des glomérules brunissent.	36,81 —
— 13.	On coupe les graines et on les laisse sécher à l'air.	30,70 —
— 19.	Après dessiccation à l'air depuis le 13.	13,77 —

Par conséquent, dès que l'embryon commence à se développer, par suite de la formation et de l'accumulation dans le fruit des réserves nutritives, la teneur en eau s'abaisse. Dès que cette teneur atteint 36 à 40 0/0 du poids des glomérules on peut considérer que l'époque de la

maturité est atteinte; c'est là un chiffre analogue à celui donné par Proskowetz, qui a trouvé 42 à 45 0/0 dans le même cas. Pratiquement, pour juger du moment où doit se faire la récolte de la graine de betterave, on ne s'astreint pas à effectuer le dosage de l'eau des fruits et on coupe les tiges dès que l'on s'aperçoit qu'une certaine quantité des glomérules commence à brunir; cela s'accorde bien avec les analyses de Briem.

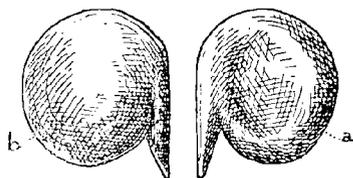


Fig. 39. — Graine de betterave fortement grossie, a face supérieure, b face inférieure.

A l'époque de la maturité parfaite, ces glomérules ont pris une teinte brun verdâtre, ou brun jaunâtre, ou même noirâtre, selon les circonstances climatiques; d'après Knauer (1), le litre pèse en moyenne 185 gr. 34; leur dureté est devenue comparable à celle de l'os et ils renferment dans leurs cavités intérieures des véritables graines.

Celles-ci sont petites, brillantes, concaves au-dessus, convexes en dessous et étroitement resserrées dans la loge des ovaires; leur couleur varie du brun jaunâtre au noir un peu rougeâtre. Dans les figures qui accompagnent ces lignes nous avons représenté une de ces graines vue par ses deux faces. En général elles mesurent environ 2 mm. 5 à 3 mm. sur leur plus grand diamètre et leur épaisseur, d'après Droysen, est de 1 mm. 5 en moyenne.

Briem a pesé ces graines, isolées de leur enveloppe testacée et leur a trouvé un poids oscillant entre 2 mm. 2 à 3 mgm. 3. Ces chiffres sont très faibles relativement à ceux afférents au glomérule entier; Krüger a donné 31,1 0/0 pour le poids total des graines contenues dans un de ces glomérules, rapporté au poids du glomérule lui-même; Nobbe donne 24,82 0/0 et Knauer 26,43 0/0.

§ 2

ANATOMIE DE LA GRAINE

22. Enveloppes extérieures de la graine. — Nous voulons parler ici des enveloppes de la graine elle-même et non des parties constituantes du glomérule, et, pour cela, nous nous reporterons à l'excellent travail de Nestler et Stoklasa (2), ainsi qu'à nos propres recherches (1).

(1) Knauer. *La graine de betterave*, p. 8.

(2) Nestler et Stoklasa. *Anatomie et physiologie des graines de betteraves à sucre*, *Bl. suc. et dist.*, 16, 972, 1899, d'après Bericht der Versuchsstation für Zuckerindustrie in Prag et *Z. Zuckerind. in Böhmen*.

(3) Voyez *Bl. suc. et dist.*, 16, 972, 980, 1899, notes en bas de pages.

La graine de betterave est entourée par deux enveloppes bien distinctes : une testa interne *g* et une testa externe *b*.

La testa externe, qui se détache très facilement de la graine, est extrêmement friable et fragile ; c'est elle qui donne à la graine sa couleur brillante particulière, variant du brun jaune au noir rougeâtre. Elle est composée de deux couches cellulaires, à éléments tabulaires très aplatis. Les cellules de la couche la plus externe sont de forme polygonale, leurs parois sont ondulées et leur diamètre, dans la vue en plan, est d'environ 60μ .

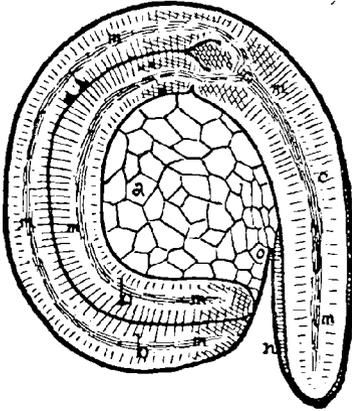


Fig. 40. — Graine de betterave (coupe transversale) *a* endosperme, *b-b* cotyledon, *c* radicule, *m-m* procambium, *o-n* perisperme.

La couche cellulaire interne de la testa externe, est constituée par des cellules beaucoup plus nombreuses et plus petites, d'un diamètre de 30μ environ, moins arrondies et, le plus souvent, séparées par de petits espaces intercellulaires.

Dans la testa externe, les noyaux des cellules sont facilement perceptibles sans coloration préalable.

La testa interne, jaune clair ou jaune d'ocre, ne possède qu'une seule rangée de cellules ; pourtant, Harz (1) prétend en avoir discerné 3 ou 4 ; mais, d'accord en cela avec Nestler et Stoklasa, nous n'avons jamais pu en discerner qu'une seule.

La dimension de ces cellules est un peu plus faible que celle des cellules de la testa externe ; elle est de 20 ou 25μ (Geschwind) à 30μ (Nestler et Stoklasa).

23. Structure interne de la graine. — Au centre de la graine, et en constituant la partie la plus importante, se trouve l'endosperme ; les cellules en sont larges, grandes, étendues isodiamétralement ou longitudinalement ; les parois, nettement apparentes dans les coupes de graines non germées, paraissent fortement corrodées et ne sont plus que difficilement perceptibles dans les graines en cours de germination.

Ce tissu est rempli de grains d'amidon ; ce sont des grains composés,

(1) Harz. *Landw. Samenkunde*, T. 2, B ; p. 4095.

qui, d'après Briem (1), se résolvent sous l'influence de la moindre pression en une infinité de petits grains polyédriques très ténus. Ailleurs, le même auteur attribue aux grains d'amidon de betterave, un diamètre oscillant entre 0,068 mm. et 0,140 mm., mais il y a certainement là une erreur de mensuration, ou plus probablement une erreur typographique, car Nestler et Stoklasa (2) ont trouvé 20 μ , chiffre beaucoup plus vraisemblable qui se rapproche de celui de Geschwind : 15 μ à 20 μ , mais plus exceptionnellement 20 μ .

La réaction de l'iode ne nous a pas révélé d'amidon ailleurs que dans l'endosperme et il est probable qu'il n'apparaît dans le germe qu'après la germination, lors de la formation de la chlorophylle.

Autour de l'endosperme se trouve l'embryon, essentiellement constitué par une radicule et deux cotylédons ; ces deux parties sont limitées par un étranglement circulaire très reconnaissable, situé peu en dessous de la naissance des cotylédons ; entre ceux-ci on voit le cône végétatif d'où, par bipartition répétée, naîtront ultérieurement les feuilles.

La radicule est entourée, dans sa moitié inférieure, d'un péricisperme mince, se détachant facilement en fragments et constitué le plus souvent par une seule assise de cellules, étendues radialement et contenant des grains d'aleurone.

La masse tout entière de l'embryon est formée par du tissu fondamental et au centre de ce tissu se trouve un cordon de procambium, reconnaissable à ses cellules plus allongées, accolées parallèlement ; ce cordon procambial se divise un peu en dessous du cône végétatif en deux branches qui pénètrent alors dans les cotylédons. Tout autour de la radicule et des cotylédons on peut déjà reconnaître un épiderme mince, formé d'une seule couche de cellules

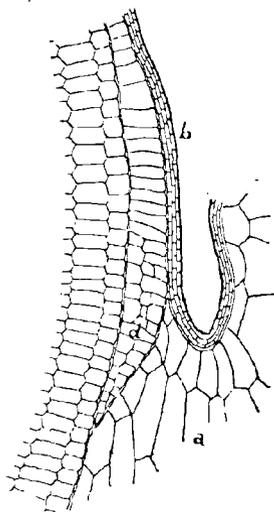


Fig. 41. — Graine de betterave (partie n-o de la figure précédente vue à un plus fort grossissement), a cellules à larges mailles de l'endosperme, b testa interne et testa externe, d péricisperme (d'après Nestler et Stoklasa).

(1) Briem. Voyez Knauer. *La graine de Betterave*.

(2) Briem. *Der praktische Rubenbau*, p. 58. Vienne, 1896.

arrondies, qui se différencient très nettement du reste des tissus avoisinants.

§ 3

COMPOSITION CHIMIQUE DE LA GRAINE

24. Analyse du glomérule entier. — Sur cette question nous possédons de nombreux documents et nous citerons tout d'abord les analyses de Vivien (1) relatives aux glomérules entiers provenant de betteraves riches ou pauvres.

(1) A. Vivien, *Traité complet de la fabrication de sucre*, p. 187.

Analyses de graines de betteraves par A. Vivien.

	Nature de la graine											
	1		2		3		4		5		6	
	Graines mélangees	Blanche rosée (Desprez)	Blanche rosée à collet gris (Desprez)	Bianche à collet rose (Desprez)	Grosses graines (Mélange 2, 3, 4).	Petites graines (Mélange 2, 3, 4).						
Matières dosées 0,0 kgs.												
Richesse en sucre garantie pour le vendeur.....	»	45 à 18 0/0 23*75	13 à 15 0/0 23*	12 à 14 0/0 23*	»	»						
Poids de l'hectolitre de graine....	»						Nombre	Poids	Nombre	Poids	»	»
Graines restant sur un tamis à mail- les de 0*005 de côté.....	»	2.359.500.69*6	2.051.000.76*4	2.453.800.70*0	»	»						
Graines passant au travers du tamis.	»	2.433.500.30*	4.650.400.23*6	2.448.900.30*0	»	»						
Poids moyen des grosses graines..	»	05*02950	08*03725	08*03250	»	»						
Poids moyen des petites graines..	»	08*01425	08*01430	08*01225	»	»						
Huile	6*540	6*480	6*853	6*765	7*682	6*378						
Sucre et glucose.....	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000						
Cellulose et pectose.....	40 390	46 818.90*445	22 058.89*749	20 814.89*614	28 236.80*388	46 304.87*012						
Amidon.....	9 590	40 584	8 417	8 750	40 181	44 700						
Matières albuminoïdes.....	54 990	56 564	52 421	53 285	43 289	49 630						
Matières corticales.....	1 570	1 382	1 389	1 389	1 491	1 590						
Potasse.....	0 865	0 750	0 940	0 885	0 842	1 114						
Acide phosphorique.....	1 050	»	»	»	»	»						
Soude.....	1 652	»	»	»	»	»						
Chaux.....	1 020	9*554	40*251	40*386	8 279	104*612						
Magnésie.....	0 863	7 422	7 922	8 412	8 279	40 284						
Oxyde de fer et alumine.....	0 320	»	»	»	»	»						
Acide sulfurique.....	0 510	»	»	»	»	»						
Chlore.....	1 140	»	»	»	»	»						
Pertes et non dosé.....	160 000	400 000	400 000	400 000	400 000	400 000						
Totaux.....	160 000	400 000	400 000	400 000	400 000	400 000						100 000

Il résulterait de ces analyses que les graines de betteraves riches contiennent plus de matières organiques et moins de matières minérales que les graines de betteraves moins sucrées. Mais, cet excès des matières organiques est dû à la grande abondance des enveloppes de la graine, car la cellulose et l'amidon, qui peuvent être considérés comme constituant la majeure partie de la graine elle-même, sont peu abondants, d'où résulterait cette conclusion que l'embryon de la graine est d'autant plus petit que cette graine provient d'un sujet plus sucré. Cette conclusion est douteuse comme le fait remarquer l'auteur lui-même et nous ajouterons que nous n'avons pu la vérifier en examinant au microscope de nombreuses coupes microtomiques de graines provenant de betteraves riches et pauvres (Vilmorin riche en sucre et Blanche fourragère); au point de vue anatomique nous n'avons constaté aucune différence dans la structure de ces graines.

A côté des analyses de Vivien, nous devons signaler celles de Le Lavandier (1); elles sont aussi très intéressantes, en ce sens qu'elles ont porté comparativement sur des graines normales et sur des graines issues de sujets montés en première année, chose qui s'observe assez fréquemment.

Analyses de Le Lavandier.

100 kgs contiennent à l'état sec :	1 Graines de betteraves normales	2 Graines issues de betteraves ayant fleuri la 1 ^{re} année
Huile	6.930	4.160
Cellulose et pectose.	41.200	44.070
Amidon	8.600	2.400
Matières albuminoïdes.	44.430	42.130
Matières corticales	53.500	58.500
Potasse	4.420	4.603
Acide phosphorique.	0.925	0.800
Soude	0.990	0.930
Chaux	4.480	2.080
Magnésie	0.990	1.045
Acide sulfurique	0.200	0.280
Chlore	0.360	0.440
Fer et alumine	0.750	0.902
Silice, sable.	0.325	0.729

L'analyse n° 1 présente avec les analyses de Vivien, précédemment citées, la plus grande concordance; mais si nous comparons les 2 colon-

(1) Le Lavandier. *Etude sur les ensemencements hâtifs* dans *J. des Fabr. de sucre*. N° 21, 1882.

nes, nous remarquons immédiatement la pauvreté en huile et en amidon ainsi que la richesse exceptionnelle en matières corticales des glomérules issus de betteraves ayant fructifié la première année. Cela résulte évidemment d'un développement très restreint des graines renfermées dans le fruit.

Pellet et Liebschutz (1) ont aussi analysé des graines de betteraves entières ; ils ont opéré sur des graines de Vilmorin et ont obtenu :

Analyse de Pellet et Liebschutz.

Composition de la graine de betterave entière.

Eau	11.466
Silice et matières insolubles dans les acides	0.845
Acide phosphorique.	0.815
Acide sulfurique.	0.280
Acide azotique	0.009
Chlore	0.167
Potasse	1.268
Soude	0.657
Chaux	1.345
Magnésie	0.947
Ammoniaque	0.108
Matières protéiques insolubles dans l'acide acétique	8.406
— — solubles — —	4.241
Matières grasses et colorantes	5.010
Amidon, dextrine, etc.	17.425
Cellulose	21.600
Matières indéterminées	25.526
Total	100.035
Oxygène à déduire pour le chlore	0.035
	100.00

Nous donnons ci-dessous d'après Pellet (2) la composition de vieilles graines de betterave :

Eau	14.14		
Matières grasses	4.26		
Amidon	1.56		
Cellulose.	16.31		
Matières albuminoïdes.	11.94	dont azote = 1.91.	
Matières minérales	6.94	dont :	{ acide phosphorique 0.77
			{ Potasse 1.08
Matières corticales	45.30		

(1) Pellet et Liebschutz. *C. R.* 1880, 1^{er} semestre, p. 1363.

(2) Voyez. *Agenda du fabricant de sucre*, par Pellet et Biard, p. 414.

Ces vieilles graines étaient évidemment altérées car l'amidon et l'huile ont disparu en grande partie. Généralement les producteurs et les marchands ne savent que faire de telles graines. M. Lambry a tenté de les introduire dans l'alimentation des bestiaux ; il a employé avec succès les graines de betterave moulues, pour une porcherie. Il est d'ailleurs vraisemblable que ce genre d'utilisation pourrait s'étendre davantage, car les graines de betteraves semblent être un aliment assez riche ; nous complétons à ce sujet les documents précédents, par des analyses de Pagnoul (1). Comme termes de comparaison, nous inscrivons en regard les moyennes déduites d'un certain nombre d'échantillons de foin de natures diverses et analysés par la même méthode :

Analyses comparatives de Pagnoul.

Matières dosées	Foin	Graines de Betteraves	
		1	2
Eau	49.24	12.60	17.86
Matières amylacées.	26.95	21.54	22.04
Matières azotées alimentaires	5.83	9.19	8.53
— — non alimentaires	1.36	2.19	1.54
Matières grasses	2.44	5.88	5.10
Matières extractives.	16.72	11.54	11.83
Cellulose brute	22.54	28.70	28.30
Cendres	4.93	8.36	5.10
Totaux	100.00	100.00	100.00
Acide phosphorique.	0.44	0.84	0.64

Nous trouvons encore, dans l'*Agenda des fabricants de sucre* (2), deux autres analyses que nous citons pour mémoire parce qu'elles ont trait à des graines sucrières et fourragères, mais, pas plus de celles-ci que de celle de Vivien, il n'est possible de tirer de conclusions fermes.

Pour 1.000 gr. de matière telle quelle	Betteraves fourragères	Betteraves sucrières
Eau	140	146
Azote	—	—
Cendres.	48.7	45.3
K ² O	9.1	11.1
Na ² O	8.4	—
MgO	9.2	7.3
CaO	7.6	10.4
P ² O ⁵	7.6	7.5
SO ⁴ H ²	2.0	2.0
SiO ²	1.0	0.8

(1) A. Pagnoul. *Observations relatives aux graines de Betteraves, Bl. sucr. et dist.* 12, 17, 1894.

(2) *Loc. cit.*, p. 79.

A côté des analyses exécutées par des expérimentateurs français, nous devons encore mentionner celles dues aux savants étrangers. Heidepriem, en particulier, nous renseigne sur les éléments des cendres des glomérules normaux, et il donne, pour 100 parties de matière sèche :

Cendres pures.	5.30
pour 100 parties de cendres pures :	
Potasse.	24.55
Soude	9.19
Chaux	22.99
Magnésie.	16.13
Oxyde de fer.	0.37
Acide phosphorique.	16.58
Acide sulfurique	4.48
Acide silicique.	1.81
Chlore.	4.14

Nous pourrions encore citer les analyses faites par Stift (1) à propos de son étude « *Sur les relations entre la composition des glomérules de betteraves et le sucre contenu dans les racines qu'on en récolte* », celles de Strohmer, Briem et Stift (2), celles de Devarda (3), de Urbain (4) mais leurs résultats, quels qu'intéressants qu'ils soient, ne justifient aucune conclusion ferme sur les rapports qu'on a cherché à établir entre la composition chimique des glomérules entiers et les propriétés des betteraves qui en proviendront.

Pour terminer, nous donnerons la composition d'un résidu de vannage de graines de betteraves ; ce résidu provenait de la maison Simon Legrand et l'analyse en a été faite par Pellet (5).

Composition d'un résidu de vannage de graines de betteraves.

Eau	16.92
Cellulose	14.12
Matières minérales	20.21 (sans CO ²)
Matières albuminoïdes.	11.12 Azote = 1.78
Matières organiques diverses	37.63
	<hr/> 100.00

Cette analyse présente un certain intérêt car le résidu de vannage dont il est question est composé par des débris de l'enveloppe de la graine, par les bractées qui l'accompagnent, des morceaux de tiges, etc.

(1) Briem. *Der praktische Rubenbau*, p. 60.
 (2) *Bl. sucr. et dist.* 1896, n° 1 et Briem (*loc. cit.*), p. 61.
 (3) Herzog. *Monographie der Zuckerrübe*, p. 79.
 (4) *Bl. sucr. et dist.* 1-1, 1153, 1897.
 (5) Voyez Pellet et Biard, *loc. cit.*, p. 414.

Nous passons maintenant aux analyses des graines séparées de leurs enveloppes testacées.

25. Analyses de graines isolées. — Les documents sont ici bien moins nombreux ; la difficulté que l'on éprouve à isoler la graine de betterave du fruit qui la renferme, explique cette pénurie de renseignements.

Nous devons, tout d'abord, citer les analyses de Pellet et Liebschutz (1), transcrites ci-après, et qui renseignent sur la composition comparative de la graine pure et des enveloppes testacées.

Analyses de Pellet et Liebschutz.

Eléments dosés	Enveloppe	Graine pure
Poids respectif des matières analysées.	14.87 0/0	85.13 0/0
Eau	14.000	11.000
Silice et substances insolubles dans les acides.	4.869	0.142
Acide phosphorique.	0.340	0.898
Magnésie	2.344	0.703
Chaux	2.090	1.180
Chlore	0.283	0.147
Potasse.	2.690	1.020
Soude	1.267	—
Acide sulfurique	0.896	0.530
Acide azotique.	0.063	traces
Ammoniaque	0.134	0.103
Matières protéiques insolubles dans l'acide acétique	9.420	8.230
Matières protéiques solubles dans l'acide acétique.	3.750	4.293
Matières grasses et colorantes	2.000	5.336
Amidon, dextrine.	13.729	18.071
Cellulose	26.000	20.830
Matières indéterminées	16.488	27.105
Oxygène à déduire pour le chlore.	0.063	0.033
	<u>100.000</u>	<u>100.000</u>
Azote nitrique	0.016	—
Azote ammoniacal (2)	0.111	0.096
Azote protéique insoluble dans l'acide acétique	1.507	1.317
Azote protéique soluble dans l'acide acétique.	0.600	0.687
Total	<u>2.234</u>	<u>2.100</u>

Laskowski (3) a donné également une analyse de la graine pure de betterave :

(1) Pellet et Liebschutz, *loc. cit.*

(2) Ces doses d'azote ammoniacal nous paraissent très élevées ; la méthode qu'emploie Pellet pour doser l'ammoniaque dans les produits végétaux, donne des résultats trop forts ; nous aurons occasion de revenir sur cette question dans une autre partie de l'ouvrage, mais nous avons tenu à signaler de suite l'anomalie.

(3) Voyez Briem, *loc. cit.*

Eau	40 0/0
Albumine	20
Graisse	17
Matières cellulaires, ligneux	5
Cendres	4
Substances non azotées, composées principalement d'amidon. 44	

Laskowski a constaté en outre que les petites graines sont plus riches que les grosses ; en effet :

1000 gros glomérules pesant 42 gr. 90	contenaient 18.7 0/0	de graisse
1000 petits id. id. 16 gr. 85	id. 21.03 0/0	id.
De plus : la semence des 1000 gros glomérules pesait 3 gr. 89		
id. id. 1000 petits id. id.	2 gr. 94	

L'analyse la plus récente, la plus complète et aussi la plus intéressante est celle de Stoklasa (1) ; cet auteur a dosé :

Dans la testa externe (3) :

Pentosanes	18.85 0/0
----------------------	-----------

Dans la graine séparée de la testa externe :

Azote total.	4.32 0/0
Azote albuminoïde.	3.85
Graisse.	20.02
Lecithine.	0.46
Cellulose.	2.31
Pentosanes.	2.26
Amidon.	37.31
Cendres.	3.52

Dans les cendres :

Potasse.	20.14
Soude.	8.00
Magnésie.	11.20
Chaux	3.83
Oxyde de fer.	0.47
Ac. phosphorique.	43.22
Ac. sulfurique	9.02
Ac. silicique.	9.81

26. Relations entre la composition des graines, leur grosseur, etc., et la composition des racines qu'elles donnent. — Plusieurs auteurs se sont occupés de ce problème, mais jusqu'ici aucune solution probante n'est intervenue. Nous avons déjà relaté les essais exé-

(1) *Bl. sucr. et distil.* 17, 977, 1899.

(2) Dosées d'après la méthode de Tollens-Krüger.

cutés par Vivien à ce sujet et montré que les dites analyses ne permettaient aucune conclusion sérieuse, comme l'auteur l'avait fait lui-même remarquer.

Laskowski (1), dont le nom a été cité déjà dans le cours de cet ouvrage, a voulu aussi rechercher si cette relation existe et il a porté surtout son attention sur la teneur en huile des graines. A la suite de quelques essais, il crut pouvoir émettre l'idée que les graines les plus riches en huile fournissaient les sujets les plus sucrés, ces graines étant aussi les plus petites. C'étaient là des résultats très importants s'ils avaient pu être confirmés ; malheureusement, peu de temps après, Dørstling (2) publiait toute une série d'expériences, exécutées dans le but de vérifier cette hypothèse, et qui la réduisaient à néant.

Notre opinion est que la composition de la graine est soumise à trop de causes de variations pour qu'il soit possible de rechercher une relation entre sa composition et la richesse saccharine des racines qui en proviennent ; il nous paraît donc inutile d'insister davantage sur ce sujet.

Y a-t-il une relation entre la grosseur de la semence et la valeur des racines qu'elle fournira ? Cet autre point a été très discuté ; beaucoup d'expérimentateurs ont cherché à l'élucider, mais jusque maintenant aucune solution indiscutable n'a été trouvée.

D'après Nobbe, en général les grosses semences contiennent un embryon plus vigoureux et une plus grande quantité de matières de réserve ; elles donnent un germe plus vivace, ce qui se traduit par une augmentation de la récolte. Birner et Haenlein ont fourni une preuve convaincante de ce fait, évident *a priori* ; mais, pour les semences de betteraves les conditions sont un peu différentes ; la question ici est de savoir, si les gros glomérules contiennent de plus grosses graines que les petits. A ce sujet, Dureau (3) rapporte les résultats suivants :

	Gros glomérules	Petits glomérules
Nombre de semences nues par kilog de glomérules.	67.257	234.551
Poids des semences nues par kilogr.	» 248 gr. 15	375 gr. 28
Poids des enveloppes par kilogr.	» 751 gr. 85	624 gr. 72
Poids de 1000 graines nues.	3 gr. 70	1 gr. 60
Poids des enveloppes 0/0 de glomérule.	75 gr. 49 0/0	62 gr. 47 0/0

Ces chiffres sont d'accord avec les suivants donnés par Knauer :

(1) Laskowski. *Dtsch. Zuckerind.* 1892, p. 1618. *Landwirthschaftl. Versuchsstationen*, 25, 317, 335 et *Bull. suc. et dist.*, 9, 236, 1893.

(2) Dørstling. Relation entre la quantité de matière grasse des graines de betteraves et la richesse saccharine des racines, *Dtsch. Zuckerind.* 18, p. 1566 et *Monit. Scient.* 8, 933, 1894.

(3) Dureau. *Culture de la betterave à sucre*, p. 109.

	100 glomérules pésent	Nombre de semences	Poids d'une semence	Ballast 0/0	Graine 0/0
I	4 gr. 622	346	3 m/mg 3	75.4	24.9
II	3 — 702	326	3 — 0	73.3	26.7
III	2 — 496	260	2 — 7	72.	28.
IV	1 — 378	176	2 — 2	71.8	28.2

Krüger (1) a aussi obtenu des résultats du même ordre que nous donnons ci-dessous :

	100 glomérules pésent	Poids de la graine trouvée dans les 100 glomérules	Poids de 100 graines
I	5 gr. 756	1 gr. 334	0 gr. 435
II	4 — 170	1 — 036	0 — 385
III	3 — 056	0 — 351	0 — 338
IV	0 — 968	0 — 242	0 — 177

Il résulterait de ces essais que ce sont bien les gros glomérules qui contiennent les semences les plus lourdes ; or ces semences bien développées sont évidemment les meilleures et nous avons pu le constater directement. En faisant germer des graines séparées du ballast, nous avons toujours vu les plus grosses donner les germes les plus gros et les plus vigoureux.

Par contre, ces gros glomérules contiennent plus de matières inertes, ce qui, joint au poids supérieur des graines, montre qu'à poids égal de glomérules, le nombre de celles-là est plus faible chez les gros glomérules que chez les petits.

Le cultivateur de betterave se trouve donc entre deux conditions s'excluant l'une l'autre : ou semer de gros glomérules s'il veut avoir des germinations vigoureuses et, partant, de belles récoltes ; ou en semer de petits, s'il veut restreindre au minimum les frais de semence.

Examinons les résultats donnés par Krüger et supposons que pour semer un hectare de terre, il soit nécessaire d'employer 20 k. de petits glomérules ; en les comptant à 1 fr. 50 le kilog. cela ferait 30 francs pour les frais de semence, et dans ces 20 k. il y aurait 2.810.000 graines. Or, dans 1 kilog. de gros glomérules il ne se trouve que 53.336 graines, ce qui fait que, pour en avoir 2.810.000, quantité égale à celle fournie par les petites semences, il faudrait semer 52 kilos de ces gros glomérules ; le producteur ne pourrait livrer un tel produit au même prix que les petites semences, il faudrait qu'il trie sa récolte ce qui équivaldrait à une augmentation importante du prix de vente du kilog. Supposons que ce

(1) Krüger. *Histoire du développement, détermination de la valeur et culture de la graine de betterave*, 1884.

prix n'ait fait que doubler et soit porté à 3 fr. ; le prix d'ensemencement d'un hectare serait dans le deuxième cas, de 156 fr., soit vis-à-vis du premier cas une différence de 126 fr. qu'il serait bien difficile de couvrir au moyen d'un excédent de récolte.

Néanmoins, d'autres expérimentateurs sont partisans de l'emploi de grosses graines, et parmi eux nous devons citer Walkhoff, Lonay et Jaudoul (1), Fühling (2), Basset (3), Champion et Pellet (4). Ces derniers s'expriment ainsi à ce sujet :

« Sans observer une grande différence dans la richesse en sucre, on constate cependant une pureté plus grande dans le jus des racines provenant de petites graines. Quant à la différence de poids elle a été notable dans nos essais ; si on suppose une récolte de 70.000 pieds on aurait eu : dans le cas des grosses graines 43.470 kgr. ; dans le cas des petites, 37.940 kgr., soit près de 12 0/0 de différence en faveur des grosses graines.

Par contre beaucoup d'auteurs sont d'un avis contraire à l'emploi exclusif des gros glomérules.

Märcker (5), par exemple, dit que les graines qui se trouvent dans les glomérules les plus volumineux ne sont nullement plus grosses que celles des petits glomérules ; que d'ailleurs il ne serait pas exact de penser que ces petits glomérules, en supposant même qu'ils renferment les graines les plus faibles, donnent forcément les germes les moins bien développés et les racines les plus petites, puisque, justement, ces petits glomérules se rencontrent en plus grande abondance dans la semence provenant des betteraves des meilleures variétés.

Briem (6) indique que dans les gros glomérules on rencontre indifféremment des graines petites ou grosses.

Le professeur Marek (7) mit en culture des graines de grosseur différente dont 100 glomérules pesaient respectivement 4 gr. 587 et 1 gr. 659. A la récolte il constata que les betteraves issues des gros glomérules polarisaient en moyenne 7.246 0/0, tandis que celles provenant des petits glomérules donnaient 8.732, par conséquent plus que les premières. Pourtant ce dernier auteur semble préférer les gros glomérules, car, malgré les résultats de l'expérience précédemment citée, il dit que, pendant la première phase de la végétation, aucun engrais ne peut remplacer l'amidon contenu dans la graine.

(1) Voyez F. Graftiau. *Production de la graine de betterave à sucre*, p. 16, broch. 1890.

(2) (3) *Ibid.*, p. 17.

(4) Champion et Pellet. *Journal de Fabricants de sucre*, 12 septembre 1877.

(5) Voyez Briem. *Der praktische Rübenbau*, pp. 68 et 83.

(6) *Ib.*, p. 60.

(7) Marek. *Die Ergebnisse der Versuche und Untersuchungen über den Zuckerrübenbau*.

E. von Proskowetz (1) s'est occupé également de cette question.

Il résulte de ses expériences que ce sont les semences les plus lourdes et les plus grosses qui donnent les betteraves les plus volumineuses, les plus riches et les plus pures.

Briem (2), voulant pousser l'investigation plus avant, opéra comme suit.

Il classa des graines, comme l'avait fait Proskowetz, en 3 catégories et les planta dans un sol préparé dans ce but. Au démarrage, et pour chaque catégorie, il sépara les petites plantes des grosses et les repiqua de manière à avoir 6 carrés d'essais. A la récolte il obtint les résultats dont nous donnons ci-dessous les moyennes.

Plantes de gros glomérules				Plantes de petits glomérules				Plantes de moyens glomérules			
1 ^o des plantules robustes		2 ^o des plantules chétives		1 ^o des plantules robustes		2 ^o des plantules chétives		1 ^o des plantules robustes		2 ^o des plantules chétives	
Poids moyen des racines	Sucre p. 100 de racine	Poids moyen des racines	Sucre p. 100 de racine	Poids moyen des racines	Sucre p. 100 de racine	Poids moyen des racines	Sucre p. 100 de racine	Poids moyen des racines	Sucre p. 100 de racine	Poids moyen des racines	Sucre p. 100 de racine
343 ^{sr}	13.05	437 ^{sr}	13.31	347 ^{sr}	12.47	332 ^{sr}	12.93	347 ^{sr}	12.95	437 ^{sr}	13.04

Etant donné que, dans les différents essais, il y a eu des betteraves très riches ou très pauvres aussi bien pour les gros que pour les moyens et les petits glomérules, on voit qu'il est impossible de conclure à la supériorité d'une quelconque de ces trois catégories.

D'après Ladureau (3) la grosseur de la graine ne semble pas en relation avec sa valeur.

D'après Mette (4), c'est aussi à tort qu'on attribue une plus grande valeur aux gros glomérules, car, dit-il, il est avéré que les meilleures races de betteraves fournissent les graines les plus petites. Quant au Prof. Schindler (5), il pense que pour beaucoup de plantes, on a attribué aux grosses graines des propriétés qu'elles n'avaient pas. Le Dr W. Rimpau (6) n'est pas non plus partisan d'une semence par trop grosse, celle-ci fournissant moins de graines germées qu'une autre plus petite.

(1) E. Von Proskowetz. *Relation entre la grosseur des graines et la qualité des racines de betterave*, *Dtsch. Zuckerind.* 18, p. 1693. — *Bl. suc. et dist.*, 18, 67, 1895. — *Monit. Scient.*, 1894, p. 935.

(2) Briem. *Der praktische Rübenbau*, p. 79 et suiv.

(3) Ladureau. *L'Alavisme. J. Fab. sucre*, 12 septembre 1877.

(4) Voyez Briem. *Der praktische Rübenbau*.

(5) *Ibid.*

(6) *Ibid.*

Damseaux (1) a publié les résultats d'essais comparatifs entre grosses et petites graines. En employant 150 gr. de gros glomérules à l'are et 300 gr. de petits, il a obtenu dans le premier cas 41.400 kgr. de racines à 13 0/0 de sucre, à l'hectare, et dans le second cas 33.500 kgr. à 12,8 0/0. Il y a donc ici, en faveur des grosses graines une augmentation de rendement et de richesse ; l'augmentation a même été beaucoup plus considérable que celle constatée par Champion et Pellet dans les essais que nous avons mentionnés.

Nous avons dit aussi, précédemment, que, d'après différents auteurs, on pouvait parfaitement rencontrer de petites semences dans un gros glomérule et réciproquement ; les diverses semences d'un glomérule sont aussi de valeur très variable. A ce sujet, nous pouvons rapporter une expérience très intéressante de Briem (2) qui, après germination, sépara les 5 plantules provenant d'un seul fruit et les repiqua séparément ; il obtint ainsi, à la récolte, des racines de formes diverses et de poids également différents ; la figure ci-dessous représente ces cinq betteraves.

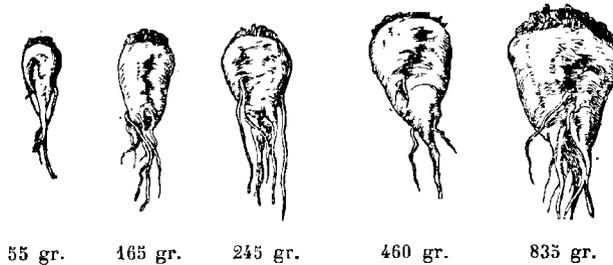


Fig. 42. — Cinq betteraves issues des semences contenues dans un même glomérule.

Que conclure de résultats aussi variés et d'opinions aussi diverses. C'est en vérité chose à peu près impossible. Il semblerait pourtant que comparées aux petites graines, les grosses et moyennes graines ont un pouvoir germinatif plus élevé ; elles doivent cette propriété à leur état de maturité beaucoup plus parfait.

A ce propos E. Sellier a fait une expérience dont les résultats sont rapportés ci-dessous :

(1) Voyez. A. Vivien et Sellier. *Sur l'analyse de la graine de la betterave*, dans *Bull. chim. suc. et dist.* 17, 117, 1899.

(2) Briem. *Der praktische Rübenbau*, p. 84.

	Graines de la partie inférieure des rameaux d'un porte-graines	Graines de la partie supérieure des rameaux d'un porte-graines
Eau 0/0	41.525	41.200
Nombre de glomérules par kilogr	31.349	93.813
1 kilog contient en glomérules germés :		
Après 6 jours	18.851	46.926
— 12 —	27.205	66.507
— 18 —	27.634	67.182
— 30 —	27.858	67.859
Glomérules germés 0/0 glomérules :		
Après 6 jours	59	50
— 12 —	85	71
— 18 —	86	72
— 20 —	89	73
Germe 0/0 glomérules :		
Après 6 jours.	109	82
— 12 —	106	116
— 18 —	168	117
— 30 —	168	119
Germe par kilog de glomérules :		
Après 6 jours.	34.950	75.060
— 12 —	53.176	108.369
— 18 —	53.819	109.044
— 30 —	53.984	110.060

Par des expériences différentes Krüger et Briem étaient arrivés aux mêmes résultats.

Il paraît donc bien prouvé que les gros glomérules, au point de vue du pouvoir germinatif, sont meilleurs que les petits. S'ensuit-il que le cultivateur aurait intérêt à employer cette graine ? Loin de là ! En effet, quoique la grosse semence fournisse plus de germes pour 100 glomérules, elle donne, par kilog, un nombre incomparablement moindre de glomérules germés. Or, si un de ces gros glomérules peut fournir 5, 6 et même 8 graines germées, il ne subsistera au démariage qu'une seule des petites plantules obtenues ; l'avantage au point de vue économique restera donc à la semence qui, pour un même poids, renfermera plus de glomérules. Il ne faudrait cependant pas tomber dans l'excès contraire et semer de toutes petites semences ; il faut donc employer une graine de grosseur moyenne.

CHAPITRE II

PHYSIOLOGIE DU PORTE-GRAINE ET DE LA GRAINE

§ 1

NUTRITION DU PORTE-GRAINE. LOCALISATION DES SUBSTANCES CONSTITUANT LA GRAINE

27. Nutrition du porte-graine. — Tout d'abord, dès le début de la reprise de la végétation, les nouveaux organes végétatifs utilisent les réserves accumulées dans la racine. Il ne peut être question d'alimentation au moyen d'éléments nutritifs puisés dans le sol, car l'appareil racinaire est absent et il doit auparavant se reconstituer.

Parmi les substances qui sont ainsi utilisées, le saccharose est une des principales ; ce sucre disparaît très vite de la racine. D'après Herzog, la progression est la suivante :

Teneur en sucre de la betterave aux diverses périodes de sa végétation.

(2^e Année).

	Sucre 0/0
Au 28 avril	11.20
Au 18 mai, après la formation des feuilles du collet.	8.40
Au 1 ^{er} juin, après l'apparition des tiges maitresses.	5.40
Au 19 juin, après l'apparition des rameaux florifères.	5.50
Au 29 juin, pendant la période de floraison	7.00
Au 10 juillet, au moment de la maturité verte de la semence.	5.80
Au 21 juillet, au moment de la maturité complète	2.30

Pourtant, comme on le voit, le saccharose ne disparaît pas entièrement ; ce fait avait déjà été constaté par Vivien qui, en 1876 donnait l'analyse suivante faite sur des betteraves, immédiatement après la coupe des graines.

Pour un hectolitre de jus :

Sucre.	4*33
Glucose	0.80
Matières étrangères	3.23
Eau	94.84
	<hr/>
	103*20
Quotient de pureté.	51.97

Au reste, le saccharose n'est pas le seul corps qui soit ainsi utilisé lors de la reprise de la végétation de la betterave, la seconde année de son développement ; pour étudier cette question, nous ne pouvons mieux faire que de discuter les résultats obtenus par Bartos (1). Cet auteur a examiné la betterave à sucre dans la deuxième période de sa croissance, et à diverses hauteurs de la racine ; il a considéré différents stades de cette croissance.

Pour le premier stade, qui correspond à la période pendant laquelle la betterave à graine commence à reformer de nouveaux organes d'assimilation, il a trouvé les résultats suivants ; les numéros figurés dans le tableau correspondent aux diverses tranches de la racine, chiffrées à partir du collet :

Betterave plantée le 20 mars 1897 et essayée le 8 avril.

Feuilles de 4 cm. de longueur ; radicules encore absentes.

N° des tranches	Eau	Matière sèche	Cendres	Cendres 0/0 de matière sèche
1	78.44 0/0	21.56 0/0	0.51 0/0	2.37
2	79.20	20.80	0.34	1.63
3	79.42	20.58	0.34	1.65
4	79.51	20.49	0.34	1.66
5	79.55	20.45	0.34	1.66
6	79.97	20.03	0.35	1.75
7	80.00	20.00	0.36	1.80
8	—	—	—	—
9	80.48	19.82	0.35	1.76
10	81.32	18.48	0.49	2.65
moy.	79.76	20.24	0.38	1.88

A part la faible teneur en cendres, qui montre qu'une partie des éléments minéraux de la racine a déjà émigré vers les nouvelles feuilles,

(1) Bartos. Ueber die Zusammensetzung der Zuckerrübe in verschiedenen Perioden ihrer Vegetation ; Z. Zuckerind in Böhmen, 22, 99, 114, 1897.

nous ne trouvons encore aucun fait bien remarquable à signaler. Nous devons pourtant faire observer qu'à ce moment, en raison de l'absence encore à peu près complète de l'appareil racinaire, la quantité d'eau nécessaire pour subvenir aux besoins de la nouvelle végétation ne peut provenir que de l'absorption de l'humidité du sol par la surface même de la racine ; ceci implique par conséquent un contact intime entre cette racine et la terre dans laquelle elle est plantée, d'où cette conclusion pratique : *Pour que la reprise des porte-graines se fasse dans de bonnes conditions, il faut qu'ils soient bien enterrés et intimement enveloppés par le sol qui doit être bien tassé tout autour.*

Si nous examinons maintenant des racines à une époque plus avancée, par exemple après 4 semaines de végétation, nous ferons d'autres constatations.

Betterave après 4 semaines de végétation.

Chevelu abondant ; feuille de 26 cm. de longueur.

Poids de la racine. 652 gr.
Poids des feuilles. 123 gr.

N° des tranches	Eau	Matière sèche	Cendres	Cendres 0/0 de matière sèche
1	81.92 0/0	18.08 0/0	1.43 0/0	7.90 0/0
2	82.25	17.75	0.60	3.38
3	82.68	17.32	0.66	3.81
4	83.08	16.92	0.68	4.02
5	83.69	16.31	0.73	4.47
6	83.40	16.60	0.76	4.58
7	83.86	16.14	0.81	5.02
8	84.06	15.94	1.08	6.78
9	84.43	15.57	1.27	8.16
moy.	83.26	16.74	0.89	5.34

L'influence des nouvelles radicelles est très frappante : la teneur en eau a augmenté, la teneur en cendres également, par suite de l'apport par le chevelu des éléments du sol ; par contre la teneur en matière sèche a diminué, indiquant, qu'une partie des hydrates de carbone a émigré vers les feuilles pour servir à la constitution de leurs tissus.

Cette diminution de la teneur en matière sèche, et corrélativement, de la teneur en sucre, s'accuse au fur et à mesure que la végétation s'avance et elle est déjà bien marquée lors de la formation des rameaux florifères supérieurs ; les chiffres suivants correspondent à ce stade :

Betterave après 7 semaines de végétation.

Poids de la racine . . 605 gr.

Poids des parties vertes. 597 gr.

N° des tranches	Eau	Matière sèche	Sucre
1	86.36 0/0	13.64 0/0	5.40 0/0
2	87.08	12.92	7.40
3	86.15	13.85	8.70
4	86.00	14.00	8.80
5	87.80	12.20	8.50
6	87.06	12.94	6.90
moy.	86.74	13.26	7.60

La répartition des éléments suivant la place des diverses tranches s'est ici profondément modifiée; le maximum de la teneur en sucre se trouve maintenant vers la moitié de la racine, tandis que le collet a subi une perte notable en matières sèches. Ceci indique que les besoins de la plante en matériaux de réserve se sont accrus au cours des précédentes périodes et que, pour la formation de ses parties supérieures, la betterave à graine, utilise rapidement la substance de son collet.

Jusqu'ici nous avons vu les organes verts se développer au détriment de la racine et épuiser les réserves nutritives qu'une première année de végétation y avait accumulées; nous allons voir maintenant ces parties vertes, non seulement suffire à la constitution de nouveaux organes, mais encore renvoyer à la racine l'excédent des matériaux nutritifs qu'elles ont élaborés. En effet d'après les tableaux suivants, la teneur en matière sèche augmente au fur et à mesure que la végétation s'avance.

Betterave après 9 semaines de végétation.

N° des tranches	Eau	Matière sèche	Cendres	Cendres 0/0 de matière sèche
1	87.64 0/0	12.36 0/0	1.63 0/0	13.18
2	89.14	10.86	1.24	11.42
3	89.26	10.74	1.26	11.73
4	89.60	10.40	1.34	12.88
5	90.22	9.77	1.41	14.43
6	90.86	9.14	1.53	16.74
7	90.67	9.33	1.56	16.72
8	90.24	9.76	1.60	16.40
9	89.47	10.53	1.57	14.91
10	88.73	11.27	1.57	14.93
Moy.	89.58	10.41	1.47	14.30

**Betterave à graine au commencement de la floraison,
10 semaines de végétation.**

N ^o des tranches	Matières sèches	Teneur en sucre	Cendres	Cendres 0/0 de matière sèche
1	14,99 0/0	4,80 0/0	1,42 0/0	9,47 0/0
2	11,78	4,80	1,15	9,80
3	10,86	4,40	1,18	10,86
4	10,66	3,80	1,27	11,91
5	10,63	3,60	1,34	12,60
6	11,04	3,20	1,61	14,62
Moy.	11,65	4,10	1,33	11,54

**Betterave à graine au cours de la floraison, 12 semaines de
végétation.**

N ^o des tranches	Teneur en sucre	Marc
1	7,90 0/0	8,14 0/0
2	9,40	5,11
3	10,40	4,70
4	10,20	4,64
5	10,10	4,80
6	9,40	4,92
7	8,80	5,43
Moy.	9,45	5,39

Plus tard, lors de la formation des graines et de leur maturité, on peut constater un nouvel abaissement de la teneur en matière sèche de la racine ; c'est un indice de la migration des substances nécessaires à la constitution des glomérules.

Les recherches de Bartos concordent, dans la généralité des cas, avec celles exécutées par F. Strohmer, H. Briem et A. Stift (1). Voici, très résumées, les conclusions auxquelles sont arrivés ces derniers auteurs :

« Les matières extractives non azotées qui disparaissent de la betterave mère ne servent pas seulement comme matériaux pour la constitution des parties nouvelles de la plante, mais principalement comme source d'énergie concourant au travail de croissance. Ce fait peut être la cause de ce que la betterave à graine, au moment où la tige a une longueur de 25 cm. environ, renferme une proportion de matières organiques inférieure à celle de la racine transplantée.

Parmi les matières extractives non azotées de la racine, il faut citer, en première ligne, le saccharose, qui disparaît très rapidement en partie.

Lorsque, dans la betterave à graine, l'appareil foliacé qui pourvoit à l'assimilation du carbone est formé, la consommation du sucre contenu dans la racine devient très faible ; ce sucre paraît servir exclusivement à la respiration.

(1) F. Strohmer, H. Briem, A. Stift. *Etudes sur la formation et la nutrition de la betterave pendant la 2^e année de sa croissance*, Oest. Ung. Z. et Bl. suc. et dist. 14, 105, 1896.

La migration de l'azote et des matières minérales comme l'acide phosphorique, la potasse, commence de très bonne heure. Ces matières, nécessaires à la formation des organes nouveaux sont prises à la racine transplantée, aussi longtemps que l'appareil radicaire ne s'est pas développé.

Dans le cas de troubles de croissance, par suite d'un trop faible développement des radicelles, ou pour toute autre cause, soit le manque de matières nutritives dans le sol ou leur état peu soluble, les substances constituantes de la racine seront aussi utilisées au lieu et place de celles du sol ; dans tous les cas, la nécessité de l'apport de potasse semble apparaître beaucoup plus tôt que pour l'acide phosphorique.

Une modification dans l'apport d'une matière nutritive, provenant d'une cause extérieure ou intérieure, entraîne une modification correspondante dans l'absorption des autres substances.

Une fois que les tiges et l'appareil foliacé ont pris leur développement, la betterave de 2^e année se comporte comme pendant la 1^{re} année de sa croissance. »

A quoi sert le saccharose qui disparaît pendant le cours de la végétation ? C'est là une question qui n'est pas encore complètement élucidée, mais sur laquelle nous possédons cependant quelques données. Il est probable que ce sucre n'est pas utilisé tel quel, et qu'il est tout d'abord inversé sous l'influence d'un ferment soluble, vraisemblablement de la sucrase ; il se formerait par conséquent un mélange de dextrose et de lévulose, sucres moins complexes, qui seraient utilisés par la plante pour subvenir aux besoins de la respiration, former des celluloses, des gommes, des pentosanes et des composés pectiques. Chacun de ces deux sucres remplirait d'ailleurs une fonction particulière ; d'après Brown et Morris (1), Lindet (2) etc., le dextrose serait surtout utilisé dans la respiration de la plante, tandis que le lévulose servirait plus spécialement à la constitution des tissus ; ce qui a porté Lindet à admettre provisoirement cette hypothèse, c'est que la faible quantité de réducteurs que l'on trouve dans les tiges de porte-graines est presque complètement dépourvue de lévulose, tandis que chez les betteraves normales de 1^{re} année, les feuilles du pourtour, celles où justement la formation des matières cellulaires est minimum et les phénomènes respiratoires portés à leur maximum, renferment proportionnellement moins de dextrose que les feuilles du cœur qui, elles, sont en voie de développement.

(1) Brown et Morris. *Am. Soc.* 1893, p. 604 et *A. Agronom.* 1894, p. 484.

(2) Lindet. *Sur la présence du dextrose et du lévulose dans les feuilles de betteraves, Bl. sucr. et dist.* 17, 691, 1900. Voyez aussi à propos du mode d'utilisation des hydrates du carbone par les plantes : Jules Laurent : *Absorption des hydrates de carbone par les racines.* *C. R.* 77, 786, 1898.

Au reste l'opinion de Lindet est corroborée par des faits physiologiques d'un autre ordre; c'est ainsi que, d'après Gayon et Dubourg (1), le *mucor alternans*, un être aérobie par excellence, évoluant sur un moût de sucre inverti, fait disparaître en premier lieu le dextrose; que d'après Brown (2), le *Bacterium xylinum*, végétant sur du dextrose additionné de carbonate de chaux, forme du gluconate de calcium et vivant sur du lévulose forme de la cellulose. De plus, G. Bertrand a observé que la *bactérie du sorbose* se reproduit en plus grande quantité sur des solutions de lévulose.

Le rôle du saccharose dans la reconstitution des tissus était connu depuis longtemps, mais sans que le processus même de cette transformation ait pu être élucidé avant les expériences de Lindet. En 1876, Durin (3) avait déjà établi que chez les végétaux, la cellulose se forme aux dépens de ce sucre. Plus récemment, nous devons relater l'opinion de B. Tollens (4), d'après lequel les pentoses seraient des produits de transformation régressive et proviendraient de l'amidon, probablement sous l'influence d'un processus d'oxydation provoqué par certains ferments. Pour G. de Chalmot (5) les hexoses sont le point de départ de la formation des pentoses; cette opinion n'a rien d'irrationnel, surtout si l'on tient compte de l'analogie de structure entre les formules du d-glucose et de la d-galactose avec le l-xylose et la l-arabinose.

Tout récemment, E. Fischer (6) a insisté sur cette analogie de structure qui fait croire que, chez les plantes, les pentoses peuvent être dérivées des hexoses.

E. Schulze et Frankfurt (7) attribuent au saccharose une grande importance lors de la formation des organes des plantes germinantes, et d'après Grüss (8), toutes les graines qui se distinguent par une grande énergie germinative, renferment dans leur embryon, du saccharose qui sert aux premières formations de membranes cellulaires.

Stoklasa (9) a étudié la composition de la matière sèche des racines de betteraves de 1^{re} et de 2^e année au point de vue de leur teneur en pentosanes; il obtint les résultats suivants :

(1) Gayon et Dubourg. *C.-R.*, 60, p. 865.

(2) Brown. 2^e série, 48, p. 640 et 50, p. 477, 441.

(3) Durin. *A. Agronom.*, 1876, p. 220.

(4) B. Tollens, trad. Bourgeois. *Hydrates de carbone*, 383, Dunod, 1896.

(5) G. de Chalmot. *Berliner Berichte*, 3, 1894.

(6) E. Fischer. *La stéréochimie et la Physiologie*, *Monit. Scient.* 13, 388, d'après *Phys. Z.*, 26, 60.

(7) E. Schulze et Frankfurt. *Sur la dissémination du sucre de cannes dans les plantes, sur son rôle physiologique et sur les hydrates de carbone solubles qui l'accompagnent*, *Phys. Z.*, 20, 511.

(8) Grüss. *La formation du saccharose par le dextrose dans la cellule*, *Dtsch Zuckerind.*, 1898, 333.

(9) Stoklasa. *Ueber die physiologische Bedeutung der Furfuroide im organismus der Zuckerrübe*, *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 23, 5, 1899.

I. — *Constitution de la matière sèche d'une betterave de 1^{re} année.*

Furfurol 0/0 de la matière sèche	6,3	0/0
Hémicelluloses	14,48	0/0 donnant en furfurol : 30,03 —
Cellulose	5,22	— — 9,65 —
Lignine	5,03	— — 8,88 —

II. — *Constitution de la matière sèche d'une betterave de 2^e année.*

Furfurol 0/0 de la matière sèche	8,02	0/0
Hémicelluloses	11,66	donnant en furfurol. 36,75 —
Cellulose	15,23	— 6,59 —
Lignine	29,84	— 10,53 —

Il ressort de ces chiffres qu'en seconde année les pentosanes s'accumulent surtout sur la cellulose et la lignine, et forment vraisemblablement les substances incrustantes de la racine de betterave. Dans la formation de ces pentosanes, Stoklasa fait aussi intervenir le saccharose. et, au moyen d'une série d'expériences très bien conduites, il a pu justifier le bien fondé de son hypothèse.

Il fit végéter des collets de betteraves sur des solutions renfermant du saccharose, du dextrose, etc., en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter l'action des ferments. Après vingt jours il put faire les constatations suivantes :

I. — *Végétation sur liqueur avec 12 0/0 de saccharose.*

Matière sèche des jeunes pousses	Furfurol obtenu	Furfurol 0/0 des matières sèches des jeunes pousses
12 gr. 63	0 gr. 73	5,8 0/0

II. — *Végétation sur liqueur avec 12 0/0 de dextrose.*

7 gr. 20	0 gr. 43	6,1 0/0
----------	----------	---------

III. — *Végétation sur liqueur sans hydrate de carbone.*

6 gr. 80	0 gr. 36	5,3 0/0
----------	----------	---------

Le rôle du saccharose a été très manifeste ; mais ce sucre a-t-il été utilisé tel quel ou s'est-il dédoublé préalablement en dextrose et lévulose, le premier disparaissant ensuite par oxydation et le second étant utilisé à la reconstitution de nouveaux tissus ? C'est là un fait que l'expérience n'éclaire pas ; cependant il semblerait que l'hypothèse de Lindet reçoit ici une confirmation assez remarquable, puisque, si on compare les végétations sur liqueur avec saccharose, dextrose et sans hydrate de carbone, on observe que dans le deuxième cas le poids de matière sèche obtenu a

été très peu supérieur à celui constaté dans le troisième cas et en tout cas très inférieur à celui du premier cas.

Stoklasa a fait, au cours de ses essais, une autre constatation très intéressante. Il a pu observer que le chlorure de potassium agit très énergiquement sur la formation des molécules vivantes des jeunes végétations. En faisant végéter dix collets de betterave, du même poids et dans les mêmes conditions que précédemment, sur une solution à 12 0/0 de saccharose, mais additionnée de 2 gr. 5 de chlorure de potassium par litre, il a obtenu des jeunes pousses qui lui ont donné 16 gr. 30 de matières sèches.

Le chlore a pu évidemment jouer ici un rôle important, mais on sait aussi que la potasse agit d'une manière très nette sur la formation et la migration des hydrates de carbone, et cette expérience de Stoklasa vient confirmer d'une manière indirecte la conclusion de Strohmmer, Briem et Stift (*loc. cit.*) : « La nécessité d'un apport de potasse, chez la betterave à graine, semble apparaître beaucoup plus tôt que pour l'acide phosphorique ».

28. Composition du porte-graine entier. Epuisement du sol.

— Après avoir traité de la composition de la graine et de la nutrition du porte-graines, nous sommes amenés tout naturellement à parler de la composition du porte-graine entier et de l'épuisement du sol par la culture des graines de betteraves.

À ce sujet, nous possédons des analyses données par Pellet (1) et par Gerbidon (2), transcrites ci-après.

Analyse de betteraves, porte-graines, d'après Pellet.

(2^e année de végétation).

Pour 45000 pieds	Racines	Feuilles et graines	Végétal complet
Poids à l'état normal.	11.800 ^k	33.500 ^k	45.300 ^k
Cendres totales sans CO ²	477.6	764.8	942.24
Azote	49.7	146.0	165.7
Composition des cendres :			
Potasse	62.5	168.2	230.7
Soude	37.1	84.1	121.2
Chaux	10.1	91.1	101.2
Magnésie	11.2	130.8	142.0
Acide phosphorique	5.9	37.5	43.4
— Sulfurique	2.7	45.8	48.5
Chlore	10.1	60.4	70.5
Insoluble	32.8	112.4	145.2
Alumine et fer	7.3	47.5	54.8

(1) Pellet et Biard. *Agenda du fabricant de sucre*, p. 415.

(2) *A. Agronom.* 24 mars 1901.

Analyse de betteraves porte-graine (géante de Vauriac) d'après Gerbido.

à l'hectare	Racines	Tiges	Graines
Poids total	8.142 ^{k.}	1.850 ^{k.}	1.500 ^{k.}
Matière sèche	765	1.660	1.365
Cendres	104.800	158.860	102.460
Matières organiques	660.200	1.501.240	1.262.040
Azote	4.391	8.731	23.730
Acide phosphorique	2.394	4.501	15.630
Potasse	24.380	38.110	24.420
Chaux	4.154	11.655	9.719
Magnésie	1.973	4.480	10.797

Nous pouvons considérer la composition du végétal complet, comme représentant ce qui a été enlevé au sol. Les tableaux précédents donnent pour les éléments fertilisants :

	D'après Pellet	D'après Gerbido
Azote.	163 ^k .7	36 ^k 852
Potasse	230.7	86.910
Chaux.	101.2	25.528
Acide phosphorique.	43.4	22.075

Ces chiffres ne sont pas du tout d'accord ; cependant il faut considérer que dans le premier cas il s'agissait de betteraves sucrières avec 11.800 k. de racines, tandis que dans le second on cultivait une betterave fourragère avec seulement 8.142 k. de racines à l'hectare. Nous ne voudrions pas tirer de ce fait une conclusion prématurée sur les différences d'exigences des deux variétés de betteraves, mais nous remarquons que les chiffres de la betterave sucrière ne sont pas invraisemblables, tout élevés qu'ils soient ; ils sont comparables aux quantités qu'enlève au sol la récolte d'un hectare de betterave sucrière en première année.

Du reste les quantités d'éléments fertilisants contenus dans le végétal porte-graines ne sont pas exportées en totalité, la plus grande partie fait retour au sol par les racines et les tiges. Quelles sont ces quantités ? Nous nous en ferons une idée en soustrayant de la quantité totale celle des éléments contenus dans la graine.

	Pellet (1)	Gerbido
Azote.	39 ^{k.}	23 ^k 73
Potasse	40	24.42
Chaux	42	9.72
Acide phosphorique	22	15.63

(1) La quantité d'éléments enlevés par les graines a été calculée dans ce cas d'après la composition moyenne indiquée par Vivien. Pour le second cas les chiffres indiqués sont ceux de l'auteur cité.

Ces chiffres représentent donc réellement l'épuisement du sol pour la récolte des graines de betteraves. On restitue au sol, directement ou indirectement, les quantités suivantes, par les racines et les tiges :

	Pellet	Gerbidon
Azote.	426.7	43.122
Potasse	490.7	62.49
Chaux	59.2	15.81
Acide phosphorique. .	21.4	6.44

Les racines restent sur le sol où elles pœurrissent, ou, lorsqu'il y a pénurie de fourrages, on peut selon Gerbidon, les employer à l'alimentation des bestiaux. Les tiges sont enfouies avant l'hiver, mais nous croyons qu'il serait intéressant d'essayer, si cela n'est déjà fait, de faire consommer aux animaux les tiges les plus grèles en coupant la touffe environ au tiers de sa hauteur.

29. Localisation des éléments constituant la graine. — Les divers éléments que nous avons appris à connaître lorsque nous avons étudié la composition de la graine de betterave, ne se trouvent pas répartis uniformément dans toutes les parties ; ils sont au contraire nettement localisés dans les régions où ils doivent être utilisés. Nestler et Stoklasa (*loc. cit.*) ont étudié d'une manière particulièrement complète cette localisation des éléments, dans leur excellent travail sur l'Anatomie et la Physiologie de la graine de betterave.

La testa est extrêmement riche en pentosanes ; on peut même dire qu'elle renferme la presque totalité de ces corps, car le dosage du furfurool dans la graine (graine nue, bien entendu, et séparée de la testa externe), donne une quantité de pentosanes égale à 2,26 0/0, contre 18,85 trouvés dans la testa elle même.

A côté de ces pentosanes, le tégument renferme aussi la presque totalité de la chaux contenue dans les graines ; cette chaux y est contenue pour la plus grande partie sous la forme d'oxalate de calcium, dont les cristaux, visibles au microscope, se trouvent dans les tissus.

Les matières albuminoïdes, révélées par l'analyse, sont principalement renfermées dans l'embryon, qui en contient 24,06 0/0. Il en est de même pour la lecithine.

La matière grasse se trouve répartie dans l'embryon et le périsperme ; elle joue un rôle important sur lequel nous reviendrons plus loin.

L'amidon constitue la presque totalité de l'eudosperme ; d'après les exa-

mens que nous avons pu faire, il semblerait même complètement absent du reste de la graine.

Le furfurool dosé, transformé en pentosanes, accuse une quantité de ces corps égale à 2,26 0/0 ; mais ce nombre n'est certainement pas d'une exactitude absolue, car de nombreuses substances végétales : l'amidon, le fructose, les substances azotées, la nucléine, etc., donnent également du furfurool par hydrolyse. Néanmoins, il est présumable que l'hemicellulose des cotylédons renferme de la galactane et de l'arabane sous la forme d'une combinaison que Schulze a nommée paragalactoarabane.

Les substances minérales que l'analyse a fait trouver dans les cendres sont, semble-t-il, renfermées pour la plus grande partie, dans les divers organes de la graine, à l'état de combinaisons organisées. Il en est ainsi, notamment, pour le soufre, le fer et le magnésium, qui, de même que l'acide phosphorique, peuvent cependant exister, mais en très petite quantité, sous la forme inorganique.

Ces quatre éléments sont surtout localisés dans l'embryon ; quant à la potasse, il est difficile de déterminer avec précision l'endroit de sa localisation, mais il est permis de croire qu'elle est accumulée au même lieu que l'amidon, c'est-à-dire dans l'eudosperme.

§ 2

GERMINATION DE LA GRAINE

30. Généralités. — Chez la graine mûre, l'embryon demeure stationnaire ; il se maintient à l'état de vie latente. Mais cette vie latente est toute relative ; la graine, à proprement parler, est à l'état de vie ralentie, car les échanges entre l'embryon et le milieu extérieur continuent. Si on abandonne 3 lots renfermant le même nombre de graines mûres et exactement pesées, le premier à l'air libre, le second dans l'air confiné, le troisième dans l'acide carbonique, on peut constater après un temps suffisamment long, deux ans par exemple, que ces graines ont augmenté de poids très notablement à l'air libre, très peu dans l'air confiné, nullement dans l'acide carbonique. En même temps, l'air confiné a changé de composition ; il s'est appauvri en oxygène et enrichi en acide carbonique (1). La graine sèche et mûre respire donc, elle vit, et la présence de l'oxygène lui est nécessaire,

(1) Van Thieghem. *Traité de Botanique*, I, p. 938. Paris. Savy, 1891, 2^e édit.

Exposés à l'air libre, des pois ont germé plus tard dans la proportion de 90 0/0; maintenus dans l'air confiné, 45 0/0 seulement ont germé; enfin, dans l'acide carbonique aucune graine n'a germé; toutes étaient tuées.

Pour sortir de cet état de vie ralentie, commun à toutes les graines, la graine de betterave doit remplir ou rencontrer certaines conditions lui permettant de germer. Ces conditions sont de deux sortes; les unes ont trait à la graine elle-même; les autres sont des conditions de milieu.

31. Conditions de graine. — Pour germer, il faut d'abord que la graine soit bonne, c'est-à-dire également bien conformée dans toutes ses parties. Il y a des graines dont le tégument, régulièrement développé, ne renferme qu'un embryon atrophié et peu ou pas de réserves nutritives; ces graines sont inaptes à germer.

Il faut aussi qu'elle soit complètement mûre, c'est-à-dire que ses réserves nutritives soient entièrement constituées et qu'elles soient dans un tel état qu'elles puissent être assimilées aussitôt que les conditions du milieu extérieur se trouveront remplies. Chez la betterave, cette maturité intérieure précède la maturité extérieure du fruit; le glomérule peut être encore entièrement vert et la graine qu'il renferme être suffisamment bien constituée pour germer dans de bonnes conditions. Il en est de même, d'après Van Thieghem, pour beaucoup de graminées, les grains de blé, de seigle, d'orge, par exemple. A ce sujet, le *Journal d'Agriculture pratique* a donné un article très intéressant (1) concluant dans le même sens.

A la récolte des graines de betterave peu de semences sont arrivées à maturité parfaite, beaucoup sont encore vertes et dans leur dernière période de développement; cela ne les empêche pas de germer parfaitement dans la suite. Il ne faudrait pas trop généraliser cette conclusion, car Petermann a démontré que les graines bien mûres étaient toujours de valeur supérieure.

L'opération de la dessiccation augmente dans une large mesure les propriétés germinatives de la graine de betterave; elle doit avoir lieu aussitôt la récolte. Si on conserve la graine humide, elle ne tarde pas à s'altérer et la dessiccation ne parvient plus à lui rendre ses qualités.

L'âge de la graine influe également sur l'énergie et la faculté germinative. Sur cette question, la littérature spéciale possède un travail du Prof. Marek (2) dont nous devons dire quelques mots.

(1) Voyez : *Journal d'Agriculture pratique*, 1853, p. 179. *Expériences sur la germination des céréales.*

(2) Marek. *De la faculté germinative des semences de betterave à divers âges*, *O. U. Zeitschrift f. Zuckerind.*, fasc. 2, 1891, et *A. Agronom.*, 1893, p. 91.

Cet expérimentateur a fait germer 90 échantillons de graines de betteraves âgées de 1 à 11 ans ; il a opéré sur sable comme couche germinative, la température de l'air a oscillé entre 13° et 19° R. et celle du sable entre 12° et 15°5 R. ; l'essai a duré en tout 14 jours ; les résultats sont figurés ci-après.

Expériences du Prof. Marek.

Age de la graine	Germes 0/0 de glomérules en 14 jours	Nombre de germes par K ^e	Valeur de la graine en 0/0 de la normale
0	158	66.700	100
1	174	63.600	100
2	150	56.400	100
3	131	51.685	97.7
4	146	68.731	100
5	135	63.800	100
6	124	54.846	97.5
7	112	47.466	94.9
8	101	43.773	75.5
9	88	27.200	54.2
10	95	33.600	61.0
11	34	15.250	34.5

A partir de la 5^e année de conservation, d'après ces expériences, la faculté germinative baisse très rapidement. Les graines qui ont servi aux essais du Prof. Marek ont probablement été conservées avec soin dans son laboratoire ; mais, dans la grande pratique, la conservation serait assurément moins bonne qu'elle ne l'a été dans ces conditions spéciales ; il en résulte qu'il ne faut pas prendre ce laps de cinq années comme temps maximum pendant lequel la graine conservera ses propriétés, mais qu'il faut restreindre beaucoup cette durée et même ne considérer comme graines loyales et marchandes que des graines âgées de un an ou deux. Champion et Pellet ont constaté que des graines de betteraves, après 9 ans de conservation, avaient perdu la faculté de germer. Knauer (1), rapporte que 8 graines de betterave à sucre, conservées pendant 6 ans 1/2, donnaient encore 125 germes pour 100 fruits ; il constate qu'après 37 jours il n'y avait encore qu'un seul germe et que la germination n'a été complète qu'après 4 mois et 20 jours. La faculté de germer diminue donc avec l'âge et finit même par disparaître tout à fait ; de plus, la durée de la germination augmente avec l'âge des semences.

Les graines peuvent aussi avoir été tuées antérieurement à l'époque du semis par l'action de divers agents, le froid ou la chaleur par exemple.

(1) Knauer. *La graine de betterave*, broch.

Le froid n'agit que si la graine renferme une grande quantité d'eau, ce qui est un cas assez rare ; il y a alors congélation. Sur des graines à peu près sèches, en général un froid de 80° est sans action.

La chaleur humide agit très rapidement ; la graine de betterave perd complètement ses facultés germinatives quand, dans ces conditions, on la soumet à une température de 70°. Ceci indique quelles sont les précautions à prendre dans le cas de la dessiccation artificielle, qui est souvent pratiquée chez les producteurs de graines consciencieux. Les graines de betteraves sont aussi tuées par une immersion dans l'eau à 35° C ; si la graine est sèche, il faut la porter à une température de 115° à 120° pour lui faire perdre ses facultés germinatives (1).

32. Conditions de milieu. — Pour qu'une graine bien conformée, germable, puisse entrer en germination, il faut et il suffit qu'elle ait à sa disposition de l'eau, de l'oxygène libre et de la chaleur ; alors seulement les matières de réserve qui sont accumulées dans la graine peuvent être solubilisées, transformées, de manière à pouvoir servir d'aliments au jeune embryon en voie de développement.

^{1°} *Humidité.* — Il n'est pas nécessaire d'insister outre mesure sur la nécessité de la présence de l'eau dans l'acte de la germination ; quand la terre ne contient qu'une faible quantité d'humidité, les graines n'y germent que très irrégulièrement.

On croit parfois qu'un excès d'eau est nuisible à la germination ; dans un sol noyé, les graines pourrissent sans germer ; mais dans ce cas ce n'est pas l'excès de liquide qui empêche l'évolution du germe, c'est l'absence de l'oxygène.

P.P. Dehérain (2) l'a démontré d'une manière particulièrement nette en usant d'un appareil très ingénieux. Il disposa une série de tubes en verre, communiquant de l'un à l'autre, et dans chacun desquels il plaça des graines ; il fit circuler de l'eau dans l'appareil. Au bout de quelques jours les graines du premier tube germèrent parfaitement, celles du second un peu moins vite, etc. ; les graines du dernier tube, qui recevaient l'eau des précédents, après que son oxygène dissous avait été consommé par les premières graines, ne germèrent pas du tout et finirent même par pourrir.

La résistance des graines à l'action de l'eau n'est cependant pas absolue, H. Coupin (3) l'a démontré. Cet expérimentateur fit divers essais, en immergeant des graines variées dans de l'eau ; dans une série cette eau

(1) F. Knauer, H. Briem et M. Hollrung. *La graine de betterave, Recherches sur ses propriétés et réflexions sur sa production*, 1885.

(2) P. P. Dehérain. *Traité de chimie agricole*. Masson, Paris, 1892.

(3) Henri Coupin. *La résistance des graines à l'immersion, Année scientifique et industrielle*, 1898, p. 144.

était renouvelée toutes les 24 heures, dans l'autre on la laissait stagner ; Coupin tire de ses essais les conclusions suivantes :

« En ce qui concerne la résistance vitale, les graines sont loin de se comporter toutes de la même façon ; alors, en effet, que certaines résistent à peu près également dans l'eau renouvelée ou non, d'autres succombent plus rapidement et d'autres plus lentement.

Quant au pouvoir germinatif, même après une immersion relativement courte, il est plus fâcheusement influencé par le séjour dans l'eau non renouvelée que par le séjour dans l'eau courante. Les graines n'ayant point perdu leur aptitude à germer se développent, en effet, moins rapidement dans le premier cas que dans le second ».

Dans le tableau ci-dessous nous avons résumé les résultats obtenus par H. Coupin :

Nombre de jours au bout desquels les graines meurent.

Température : 15 à 20° C.

Nature de la graine	Immersion dans l'eau	
	Renouvelée	Confinée
Betterave.	148 jours	30 jours
Bouillon blanc.	115 —	49 —
Poireau gros de Rouen.	90 —	45 —
Asperge violette de Hollande.	75 —	145 —
Bourrache officinale.	57 —	28 —
Anis vert.	57 —	21 —
Fenouil doux.	39 —	30 —
Pavot double.	27 —	25 —
Lin.	13 —	12 —
Blé de Bordeaux.	10 —	17 —
Avoine noire de Brie.	9 —	11 —
Millet.	9 —	6 —
Moutarde blanche.	7 —	5 —
Mauve officinale.	6 —	10 —
Soleil grand simple.	110 —	» —
Giroflée.	20 —	» —
Ricin sanguin.	» —	68 —
Vesce velue de printemps.	» —	45 —
Trèfle violet.	» —	32 —
Genêt d'Espagne.	» —	30 —
Chanvre.	» —	12 —
Mais.	» —	10 —
Sarrazin.	» —	3 —

D'après cela, la graine de betterave est l'une des plus résistantes à l'immersion. Elle se conserve assez bien dans un milieu simplement humide, si elle est à l'abri de l'air. Nous avons constaté que des graines

de betteraves, enfouies dans le sol, pouvaient encore germer et germaient effectivement, lorsque, après un an et même deux ans, on les ramenait à la surface.

Briem (1) a également expérimenté quelle pouvait être la résistance des graines de betteraves à une longue imbibition dans l'eau. Les essais ont été exécutés à la station météorologique de Grussbach ; des lots de 100 graines ont été submergés dans des flacons en verre pleins d'eau. La submersion a duré de 1/2 journée à 100 jours dans la même eau ; les conditions étaient par conséquent les mêmes que dans la seconde partie des essais de Coupin. Après un certain temps l'eau était chargée de matières dissoutes et répandait une fort mauvaise odeur. Les résultats de la germination mentionnés ci-après, sont fort différents de ceux obtenus par H. Coupin ; au bout de 100 jours une forte quantité de graines ont encore germé :

Sur 100 graines, submergées :			
Pendant	1 jour,	mises en germination à l'appareil de Nobbe,	96 ont germé
»	6 »	»	» 96 »
»	10 »	»	» 95 »
»	20 »	»	» 93 »
»	30 »	»	» 91 »
»	50 »	»	» 91 »
»	60 »	»	» 85 »
Sur 80 graines submergées :			
»	80 »	»	» 77 »
»	100 »	»	» 78 »

Aucune graine n'a germé dans l'eau même.

Thurel a conservé de la graine de *Beta vulgaris* pendant 13 mois dans de l'eau de mer, renouvelée seulement 4 fois ; le pouvoir germinatif de la semence n'avait guère diminué au bout de ce laps de temps.

Briem (*loc. cit.*) a imprégné d'eau de la graine de betterave, et dans cet état l'a fait geler et dégeler jusqu'à 5 fois, avec des variations de températures dont l'amplitude était de — 15° à + 20° ; malgré ces alternatives une forte proportion des graines avaient gardé leur pouvoir germinatif.

Ce fait est dû sans nul doute à la nature des enveloppes de la graine, qui, très épaisses, spongieuses et résistantes, sont susceptibles de soustraire efficacement la graine elle-même, pendant un certain temps, aux influences extérieures. Cependant le Dr Hollrung (2), qui a aussi exécuté, chez Knauer à Gröbers, des essais en vue de déterminer l'influence de la gelée sur les graines trempées à l'eau, est arrivé à des conclusions différentes de celles de Briem ; il a constaté que : 1° les gelées peuvent exercer une influence très nuisible sur les graines de betteraves ; 2° les graines trem-

(1) Briem. *Germination de la graine de betterave. Sucrierie belge.* 1879-80, p. 134.

(2) *Verkehrszeitung für die Zuckerindustrie*, avril 1885.

pées à l'eau sont beaucoup plus exposées que les graines sèches à cette action nuisible des gelées.

Dans la pratique, la graine de betterave n'est jamais exposée à des conditions aussi défavorables que celles que nous venons d'envisager ; pourtant il peut se trouver des cas, où le sol auquel on a confié cette graine renferme, exceptionnellement, une quantité d'eau très importante. Il convenait aussi de rechercher dans quelle mesure et dans quel sens l'humidité agit sur la germination. C'est ce qu'a fait Briem (1) ; cet auteur a obtenu les résultats suivants.

Influence de l'humidité du sol sur la germination des graines de betteraves, d'après Briem.

Humidité du sol 0/0	Nombre de jours nécessités pour la levée :		Observations
	des graines sèches	des graines trempées	
22.3	pas de germination	—	
19.7	11	—	
17.1	4	—	
15.0	5	—	
12.8	4	4	
11.8	5	4	
9.9	5	4	
7.3	8	4	
6.2	15	6	Les graines sèches ont germé sans lever hors de terre.
5.0	pas de germination	7	Les graines trempées ont germé sans lever hors de terre.

Il résulte de tous ces essais que la graine de betterave peut conserver ses facultés germinatives, mais ne germe pas lorsqu'on l'immerge dans l'eau ; qu'il en est de même lorsqu'on la place dans un sol saturé d'humidité (22,3 0/0) ; qu'une trop grande teneur en eau du sol (19,7 0/0) retarde la germination ; que celle-ci s'effectue au mieux lorsque le sol renferme de 10 à 17 0/0 d'eau ; qu'au-dessous de ces limites la germination est aussi retardée ; mais qu'un trempage préalable de la graine, lui permet cependant, dans ces conditions, d'évoluer normalement et de germer aussi vite que dans un sol suffisamment pourvu d'eau. Ces conclusions, très intéressantes au point de vue scientifique, sont aussi très importantes au point de vue pratique. C'est surtout pour la préparation de la graine pour les semis qu'il faut en tenir compte.

La trempée des graines, a fait l'objet de recherches de la part de Jensen de Copenhague, qui voulut même faire breveter en Allemagne son procédé « améliorant la graine de betterave et combattant la brûlure des racines » ; le Patentamt se refusa d'ailleurs à voir là un objet brevetable.

(1) Briem. *Der praktische Rübenbau*, p. 98. Voyez aussi : *Sucrerie Indigène*. Briem, *Influence de l'humidité du sol sur la germination des graines de betteraves*. 1891, p. 437.

La méthode Jensen (1) consiste à faire macérer la graine de betterave dans l'eau froide pendant 6 heures ; au bout de ce temps on rejette l'eau et on abandonne la graine à elle-même dans un local humide pendant 6 à 12 heures. On immerge ensuite cette graine dans l'eau chaude à 53° C pendant 5 minutes et, pour la refroidir plus rapidement, on la traite à plusieurs reprises, 10 à 15 secondes chaque fois, par de l'eau froide ; finalement on l'étend en couche mince et on laisse sécher.

Hollrung qui a expérimenté la méthode a fait les constatations suivantes :

« 1. La macération à froid (4 heures de trempe, 10 heures de gonflement à l'air), comme la macération à l'eau chaude préconisée par Jensen, agit avantageusement sur le pouvoir germinatif des graines de betteraves. La macération à froid semble produire plus d'effet que la macération à chaud.

2. L'augmentation du pouvoir germinatif déterminée par la trempe subsiste environ 90 jours, lorsqu'on expérimente dans des germoirs avec couche germinative en sable ; elle se perd complètement au bout de 6 mois.

3. En pleine terre, l'effet de la trempe ne se remarque plus guère après 50 jours ».

En résumé, la méthode Jensen, qui a été employée pendant longtemps pour préparer la semence d'orge, donne des résultats très appréciables avec la graine de betterave, lorsqu'on opère au germoir, sur sable ; en pleine terre elle ne semble pas d'une efficacité aussi concluante.

Dureau (2) rapporte, d'après Pellet, des essais de germination effectués en Allemagne, sur l'influence de l'humectation, et qui montrent aussi que les graines trempées, ont une plus grande faculté germinative.

	Pour 43 graines	Graine non humectée	Graine humectée
Après 6 jours. Germes.	—	6	8
— 7 —	—	15	15
— 8 —	—	18	19
— 9 —	—	6	15
— 10 —	—	10	8
— 11 —	—	0	0
— 12 —	—	0	0
	Totaux	55	65
	ou	128 0/0	151 0/0

Ladureau a appliqué avec succès, dans l'exploitation de M. Derôme, le mouillage des graines et il a recommandé cette pratique :

« Nous avons remarqué, dit-il, que l'on pouvait obvier à l'inconvénient des semailles tardives, en faisant préalablement germer des graines en les maintenant dans un tonneau avec de l'eau à la température de 30 à

(1) *Syndicat des fabricants de sucre de France. Circulaire hebdomadaire.* 12 avril 1898.

(2) Dureau. *Traité de la culture de la betterave*, p. 134 ; 2^e édition, p. 148.

35° C., pendant quelques heures. Quand la graine est gorgée d'eau, on fait écouler l'excès de celle-ci au moyen d'un double fond et l'on obtient ainsi une graine qui germe facilement en 48 heures. Mise en terre, il ne faut pas plus de trois jours pour avoir la levée complète ».

Knauer (1) dit que, théoriquement, la trempe des graines de betteraves est une bonne opération, et il cite des chiffres de laboratoire qui montrent que, dans tous les cas, ce mode de faire accélère et rend la germination plus énergique ; mais il ajoute, qu'en pratique, et d'après les observations de Haberlandt, cette mise en trempe peut devenir très nuisible en activant la sortie des germes qui peuvent alors se dessécher au contact d'une terre très sèche, si les circonstances climatiques s'y prêtent. Ce même expérimentateur dit aussi, que l'ébranlement des diverses parties des enveloppes de la graine, ébranlement provoqué par exemple, en roulant les glomérules sur une planchette en appuyant vigoureusement avec la main, suffit à activer la germination et remplit le même rôle que la trempe.

Walkhoff n'est pas partisan du mouillage à l'eau pure qui, dit-il, a l'inconvénient d'enlever les parties solubles de la graine ; il préfère l'imprégnation de la graine avec du purin ; Derôme (2) préfère mouiller à l'eau pure.

La première manifestation du contact de la graine de betterave avec l'eau est une imprégnation plus ou moins rapide des tissus épais et poreux du glomérule. C'est dans ces tissus que la graine elle-même prélèvera l'humidité nécessaire à sa germination, aussi est-il intéressant de se rendre compte de la facilité avec laquelle les diverses parties de ce glomérule absorberont l'eau qui les environne. Briem (3), dont le nom a déjà été si souvent cité dans le cours de cet ouvrage, a étudié cette question d'une manière particulièrement complète. Un premier essai lui a fourni les chiffres suivants :

Proportion d'eau absorbée par un poids donné de glomérules.

Durée de l'expérience	Poids initial	Augmentation en grammes	Augmentation par jour en 0/0
0 jour	1 gr. 226		
1 —	2 gr. 372	1,146	93,0 0/0
2 —	2 gr. 599	0,227	18,5
3 —	2 gr. 648	0,049	4,0
4 —	2 gr. 747	0,098	8,0
5 —	2 gr. 765	0,019	1,5
6 —	2 gr. 890	0,125	10,0

(1) Knauer. *La graine de betterave*, p. 16.

(2) A. Derôme. *Observations sur la graine préparée*, 1880. Bayay.

(3) Briem. *Der praktische Rubenbau*, p. 96.

Cette expérience permet donc de voir que le maximum de l'absorption d'eau avait lieu dès la première journée ; dans une autre série d'essais, Briem a encore constaté que les petits glomérules absorbaient plus d'eau et cela plus rapidement que les gros.

La graine nue, séparée du ballast, absorbe l'eau bien moins rapidement. Briem (*loc. cit.*) a trouvé :

Absorption de l'eau par la graine nue.

Durée de l'essai	Eau absorbée
—	—
1 journée	47,2 0/0
2 —	55,8 —
3 —	63,9 —
4 —	71,3 —
5 —	germination

La puissance d'absorption pour l'eau des diverses parties du glomérule varie aussi dans de larges mesures. En plaçant des graines dans une atmosphère saturée d'humidité et les y laissant 3 jours, Briem a constaté une absorption d'eau de :

Glomérules intacts.	23,6 0/0
Glomérules débarrassés de leurs sépales.	15,7
Graines nues.	11,2

Les glomérules entiers perdent leur eau de trempage moins rapidement que les graines nues ; ces dernières le font en 7 heures, tandis qu'il en faut 24 pour les glomérules.

Le rôle des enveloppes de la graine est donc très nettement déterminé ; elles attirent l'eau, l'emmagasinent et ne la restituent qu'avec lenteur, protégeant ainsi la graine elle-même contre les alternatives soudaines de sécheresse et d'humidité. A la vérité, comme nous avons pu le remarquer, ces graines nues, placées dans des conditions favorables, germent beaucoup plus rapidement que les graines enveloppées dans le glomérule ; mais il faut ajouter que ces germinations sont aussi, quoique très vigoureuses, beaucoup plus sensibles aux influences extérieures.

La quantité d'eau absorbée par les glomérules de betteraves est aussi fonction de la température. Cela résulte d'essais effectués par Haberlandt (1), que nous mentionnons ci-après :

(1) Voyez Walkhoff. *Traité de la fabrication du sucre*, p. 90.

Quantité d'eau absorbée par les graines de betteraves en 24 h.

Température	Eau absorbée
4°45 C.	69 0/0
10°45 —	91 —
15°60 —	95 —
18°50 —	97 —

Tout ce que nous venons de citer suffit à montrer le rôle important de l'eau lors de la germination. Nous allons maintenant étudier le rôle de la chaleur.

2° *Chaleur*. — Pour la germination de la graine, de même que pour l'entretien de la vie de la plante, il faut la présence des radiations solaires. Parmi ces radiations, certaines sont à peu près inutiles et ne pénètrent d'ailleurs pas jusqu'à la graine qui est enfouie dans le sol. Les radiations thermiques infra-rouge suffisent ; les radiations lumineuses les plus réfringibles situées dans l'ultra violet ne sont pas nécessaires. En d'autres termes, pour qu'une graine germe, il faut de la chaleur, et on peut immédiatement dire que, toutes autres conditions restant égales, plus la température est élevée, plus la germination s'effectue rapidement ; il y a naturellement une limite, un point optimum qu'il ne faut pas dépasser sous peine de voir les fonctions vitales se restreindre et même être annihilées. D'après Haberlandt, la limite inférieure au-dessous de laquelle une graine ne germe plus est située vers 3° à 4° C, le maximum se place entre 28° et 30°, l'optimum est à 25° C.

Les variations de température semblent favoriser la germination des graines de betteraves. Il semblerait que ces variations, en provoquant une série de contractions et de dilatations, disloquent les téguments durcis du glomérule et facilitent ainsi la sortie du germe. Nous reviendrons d'ailleurs, par la suite, sur cette question du chauffage intermittent.

3° *Oxygène*. — En l'absence d'oxygène, aucune graine ne peut germer ; l'expérience de Dehérain, précédemment citée, en est une preuve suffisante. Il faut qu'une fois placée dans le sol, la graine de betterave trouve une quantité d'air suffisante et pour cela il est indispensable que le sol soit meuble, non submergé et surtout que la graine ne soit pas enterrée trop profondément.

Enfouie sous une couche de terre trop épaisse, la graine de betterave ne germe pas et elle peut même, si les autres conditions sont favorables,

rester très longtemps en état de vie ralentie, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut ; mais le plus souvent elle meurt par asphyxie.

Walkhoff (*loc. cit.*), relate des essais qui ont été exécutés en vue de se rendre compte de la profondeur à laquelle la graine germe le mieux. Pour cela des séries de 20 glomérules ont été placées dans le sol à des profondeurs variables ; les résultats des germinations ont été les suivants :

Mois et dates de la levée	Profondeur à laquelle était placée la graine					Observations
	6 m/m	13 m/m	19 m/m	26 m/m	40 m/m	
Nombre de germes obtenus						
Mars 31.....	»	6	40	7	»	Les graines à 6 m/m 5 ont donné des plantes chétives ; celles à 40 m/m également. Les plus belles plantes ont été obtenues avec les graines à 13 m/m 5, 19 m/m et 26 m/m.
Avril 1.....	»	13	47	17	2	
— 2.....	1	26	30	30	8	
— 3.....	4	32	40	37	16	
— 4.....	3	40	44	41	19	
— 5.....	14	50	47	45	24	
— 6.....	39	62	49	54	30	
— 7.....	51	69	54	56	32	
— 8.....	52	71	57	56	37	
— 9.....	53	71	57	57	40	
— 10.....	53	71	57	60	42	

Les graines placées à une profondeur trop faible germent mal, probablement parce qu'elles sont soumises à des alternatives de sécheresse et d'humidité, de chaleur et de froid, d'une trop grande amplitude ; les graines placées trop profondément germent aussi moins bien ; elles sont gênées par le manque d'air.

En 1862, Grouven (1) a obtenu des résultats du même ordre.

Au reste, l'influence de la profondeur, ou plutôt de l'épaisseur de la couche de terre, sur la germination des graines qu'elle recouvre, est bien connue et dans la pratique on considère qu'une semence ne doit pas être enterrée dans le sol à plus de 1 à 2 fois son diamètre.

4° *Electricité.* — L'influence du courant électrique sur la germination des graines est encore très peu connue. Pourtant d'après Kinney (2) un courant d'induction, provenant de piles Leclanché donnant une force électromotrice de 4 ou 5 volts, et appliqué pendant 2 minutes, semble améliorer les facultés germinales des graines.

(1) Voyez Walkhoff, *loc. cit.*

(2) *Electricité et Germination, Revue Scientifique, 7, 788, 1897.*

33. Phénomènes morphologiques de la germination. — Lorsque les trois facteurs dont nous venons d'expliquer l'importance se trouvent réunis, et alors seulement, la graine germe ; l'amande gonflée par l'eau distend les téguments et la radicule commence à s'allonger ; c'est au micropyle que la tension est la plus forte ; c'est là aussi que se fait la déchirure. L'extrémité de la radicule, déjà pourvue de sa coiffe, s'insinue entre l'opercule de l'ovaire et la coque du fruit, puis, sous l'influence de son géotropisme positif, se recourbe vers le bas, perce le sol et croît désormais comme racine principale en produisant de fines radicelles qui rayonnent dans la terre environnante. A ce stade, les cotylédons sont encore renfermés dans la cavité du fruit ; ils s'y développent de plus en plus en résorbant les réserves alimentaires qui y sont accumulées. La tigelle, ou axe hypocotylé, s'allongeant à son tour, puis se courbant vers le haut par suite de son géotropisme négatif, entraîne l'enveloppe de la graine à son sommet et bientôt, par suite de l'accroissement de volume des cotylédons, l'opercule qui recouvrait la graine se sépare tout à fait de la coque et le glomérule vide tombe lui-même sur le sol. Les deux cotylédons se séparent alors, verdissent sous l'influence de la lumière et constituent l'appareil chlorophyllien primaire, qui assimile immédiatement avec une grande énergie ; le cône végétatif commence à son tour à s'allonger, pour émettre successivement sur ses flancs, des feuilles qui, en s'épanouissant, constituent l'appareil chlorophyllien secondaire où le saccharose va s'élaborer pour émigrer ensuite dans la racine (1).

La fig. 43, dessinée d'après une coupe longitudinale par le sommet de l'axe hypocotylé d'une jeune betterave à ce stade, nous montre le cône végétatif déjà fortement allongé et prêt à émettre une feuille sur un de ses côtés (2), tandis que les dessins 1 à 5 de la figure 44, que nous devons à M. A. Vivien, nous font saisir tout le processus de la germination.

34. Phénomènes physiques de la germination. — Le premier effet de l'imbibition des graines par l'eau, au moment de la germination, est une augmentation de volume si caractéristique qu'on l'a désignée sous le nom de gonflement ; chez certaines graines le volume primitif est presque doublé.

Maquenne (3), qui a étudié au point de vue physique, le phénomène de la germination, attribue ce gonflement considérable au développement

(1) L. Geschwind. *Etude sur le développement de la betterave à sucre. Bl. Sucri. et dist.*, 17, 217, 1899.

(2) La coupe a été faite un peu sur le côté et non par l'axe pétiolaire de la feuille en voie de formation ; il en résulte que l'interprétation de la figure pourrait être faussée si l'on n'était prévenu.

(3) Maquenne. *Etude des phénomènes de la germination au point de vue physique, C. R.*, décembre 1896.

d'une pression intérieure pouvant atteindre jusqu'à 40 atmosphères. Cette pression, occasionnée par un phénomène d'osmose, est de même ordre que celles qui règnent normalement dans la plupart des tissus végétaux ; la connaissance de sa valeur permet de se rendre compte, comme nous le verrons plus loin, des transformations chimiques que subissent les matières de réserve de la graine au cours de son évolution.

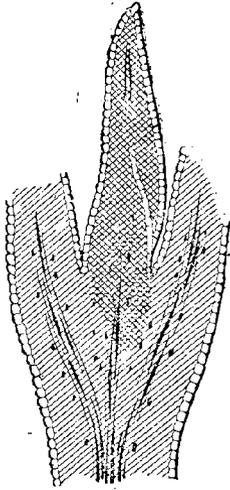


Fig. 43. — Coupe longitudinale par le sommet de l'axe hypocotyle d'une jeune betterave. Cône végétatif.

Un autre phénomène physique de la germination des graines est une perte de poids très importante qu'il est d'ailleurs facile de constater par la pesée directe ou de déduire par l'analyse de l'atmosphère dans laquelle les graines ont germé ; cette atmosphère renferme une quantité considérable d'acide carbonique résultant de l'oxydation du carbone de la graine.

A part ceux de Stoklasa, sur lesquels nous reviendrons tout à l'heure, nous n'avons pas de chiffres applicables à la perte de poids pendant la germination des graines de betteraves ; ces chiffres n'auraient d'ailleurs qu'un très médiocre intérêt au point de vue pratique, aussi n'insisterons-nous pas sur ce sujet.

35. Phénomènes chimiques de la germination. — Le phénomène chimique qui domine tout le cours de la germination est un processus d'oxydation qui implique, comme nous l'avons dit, la présence de l'air. La jeune plantule absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau ; elle perd donc du carbone et de ce fait le poids des matières sèches qu'elle renferme diminue.

Il se fait en même temps un certain dégagement de chaleur (1). Les phénomènes d'oxydation ne sont pas particuliers aux graines en cours de germination ; les graines en état de vie ralentie absorbent aussi de l'oxygène et émettent de l'acide carbonique. C'est même là un des facteurs de la perte de la puissance germinative.

Au cours du processus de la germination, les réserves inactives, accumulées dans les graines, sont solubilisées de manière à pouvoir émigrer aux lieux d'emploi et servir ainsi à la constitution d'organes nouveaux.

(1) Bonnier. *Sur la quantité de chaleur dégagée par les végétaux pendant la germination. Bulletin de la société botanique.* 1^{er} mai 1880.

En étudiant, par la méthode cryoscopique la composition du suc cellulaire extrait de différentes graines en germination, Maquenne a reconnu qu'il s'y forme divers principes solubles, généralement indéterminables, mais dont le poids moléculaire va en décroissant depuis le début de l'évolution

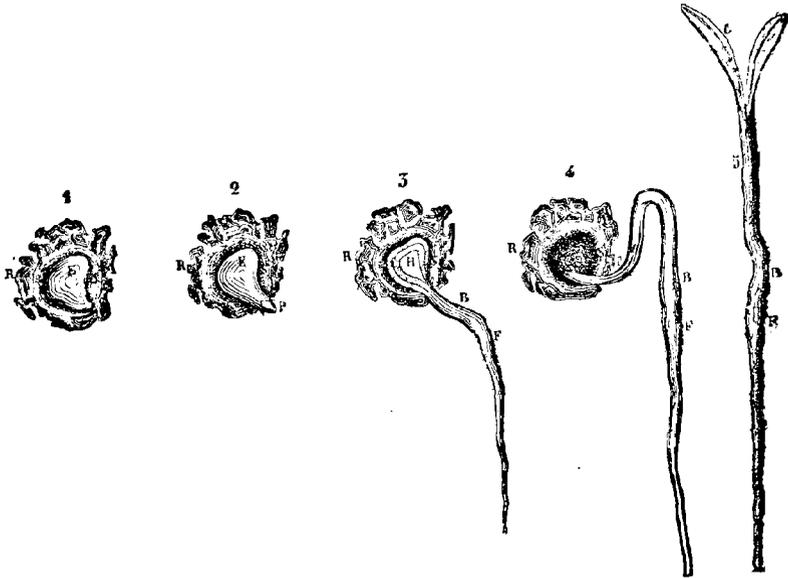


Fig. 44. — Les divers stades de la germination d'une graine de betterave d'après A. Vivien.

jusqu'au moment où la jeune plante commence à augmenter de poids.

Les réactions qui donnent naissance à ces principes solubles sont le plus généralement hydrolysantes, parfois oxydantes, d'autres fois encore saponifiantes ; elles s'accomplissent sous l'influence de diverses diastases secrétées elles-mêmes par le protoplasma des cellules, lorsque sous l'influence de l'eau, de la chaleur et de l'oxygène, il a repris de la turgescence et commencé ses fonctions vitales.

On peut se rendre compte d'une manière saisissante de la présence de ces diastases, en examinant comme l'a fait Geschwind (1) des coupes microscopiques de graines de betteraves, pendant le cours de la germination. On s'aperçoit alors que les parois des cellules de l'eudosperme

(1) Voyez L. Geschwind. *Etude sur le développement de la betterave à sucre*, Bull. *Sucr. et dist.*, 17, 217, 1899.

deviennent de moins en moins perceptibles au fur et à mesure que la germination s'avance ; elles paraissent corrodées par places. C'est là un phénomène tout à fait semblable à celui qui a été observé par Gruss (1) au cours de la germination des grains d'orge, et auquel il a donné le nom d'allöolyse : Julhiard a également démontré la présence d'enzymes dans les graines de betteraves ; en faisant agir un extrait aqueux sur l'empois d'amidon, il constata la formation de sucres réducteurs.

Nous devrions étudier maintenant, pour chacun de grands groupes des matières de réserve contenues dans la graine de betterave les transformations qui s'accomplissent au cours de la germination. Ces phénomènes ne sont pas spéciaux à la graine de betterave, ils appartiennent à toutes les semences contenant de l'amidon comme matière de réserve. Nous nous contenterons donc d'un résumé succinct en indiquant les sources bibliographiques, auxquelles le lecteur intéressé pourra puiser des renseignements plus complets.

Matières amylacées (2). — Dans la première métamorphose, l'amidon devient sucre réducteur sous l'influence d'une diatase particulière : l'*amylase* ; c'est celle-ci qui, aidée par la réaction acide qui apparaît, corrode, dissout et digère l'amidon qu'on voit disparaître, tandis qu'apparaît une proportion sensible de principes solubles, dextrine et maltose. Les membranes celluloseuses sont également attaquées.

Le mécanisme qui transforme ces sucres en cellulose est encore inconnu.

Matières grasses (3). — Les matières grasses sont, toujours sous l'influence d'une diatase, décomposées en acides gras et glycérine ; les ferments spéciaux qui opèrent ces transformations sont encore peu connus ; ils sont nommés lipases et leur action sur les corps gras a beaucoup de ressemblance avec celle des alcalis. Les acides gras formés s'oxydent ensuite et donnent des hydrates de carbone solubles qui sont probablement employés comme ceux que fournit l'hydrolyse de l'amidon.

(1) Gruss. *Etude microscopique du grain d'orge pendant la germination*. *Woch. f. Brauerei*, 1896, p. 727 et *Bull. Sucr. et dist.*, 15, 963, 1898.

(2) Consultez. Leclerc du Sablon. *Sur la digestion de l'amidon dans les plantes*, *C. R.* 77, 968, 1898. — Gotthold Kuhnemann. *A. Agronom.*, 2, p. 295. — Muller. *An. Agronom.*, 42, p. 481. — Gruss. *B.* 12, p. 60. — Schulze. *Sur les éléments des membranes cellulaires des cotylédons*. *Ph. Ch.* 1896, p. 392. — Stoklasa. *Anatomie et physiologie de la semence de betterave sucrière* (*loc. cit.*). — Stoklasa. *Sur l'importance physiologique du furfuroïde dans l'organisme de la betterave à sucre*. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 23, 5, 1899, et *Bl. sucr. et dist.*, 17, 563, 1900.

(3) Consultez : Haerriot. *Sur les Lipases*. *R. G. C. I.*, 27, 1899. — Dehérain. *Traité de chimie agricole*, 1892, Paris. Masson. — Maquenne. *Sur les changements de composition des graines oléagineuses au cours de la germination*. *C. R.* 77, 625, 1898. — G. André a présenté des notes sur le même sujet à l'Académie des Sciences en 1901.

Matières azotées (1). — La transformation des matières azotées de la graine s'effectue aussi sous l'influence d'un enzyme ; elle présente avec celle des matières amylacées et des huiles cette différence que le poids de l'azote ne change pas durant tout le processus, tandis que pour les premières il y a perte de carbone par dégagement d'acide carbonique. Le principal produit de transformation des albuminoïdes est l'asparagine ; il faut y ajouter, d'après Schulze, des acides amidés, de la leucine, parfois de la tyrosine et de petites quantités d'ammoniaque. Ces matières azotées cristalloïdes sont employées à la constitution des nouveaux tissus en reformant des corps albuminoïdes.

Quant aux *matières minérales* (2), que renferme la graine, nous ignorons plus ou moins complètement les transformations qu'elles subissent au cours de la germination. Il est probable cependant qu'engagées dans les molécules organisées complexes de l'albumine et des hydrates de carbone, elles accompagnent les produits de transformation de ces corps. Pour l'acide phosphorique, par exemple, il paraît hors de doute qu'engagé à l'état de phosphore dans la molécule de la lecithine, il sert de matière première pour la formation de la chlorophylle. Toutefois il est bon de dire que les jeunes plantules ne trouvent dans les matières minérales de la graine qu'une faible partie de leurs besoins.

En effet, quand on incinère de jeunes plantes encore en voie de germination et que l'on compare la quantité de cendres qu'elles contiennent à celle renfermée dans la graine, on reconnaît que la quantité de matières minérales a considérablement augmenté ; pendant la première période de la vie, l'assimilation de ces matières minérales est tellement active qu'elle vient compenser partiellement la perte de poids due à la combustion lente du carbone. Pour la betterave, notamment, le fait est particulièrement net et on en tire immédiatement cette conclusion pratique : Il est nécessaire de mettre à la disposition de la betterave, dès la germination, une quantité suffisante d'engrais, immédiatement assimilables.

36. Causes activant ou retardant la germination. — La germination peut être retardée, arrêtée, activée par diverses causes ; nous avons déjà parlé de quelques-unes de ces causes à propos de l'âge de la semence, des besoins en oxygène, de l'action de l'eau, etc., nous allons maintenant traiter cette question plus en détail.

D'après Waegener, l'acide sulfureux et le chlore possèdent la propriété

(1) Consultez : Neumeister, *Zeitsch. f. Biologie*, 1894, 446. Schulze. — *Sur la transformation des matières albuminoïdes dans l'organisme végétal. Landwirtschaft Jahrbücher*, 1884, p. 1 et *An. Agronom.*, 5, p. 153.

(2) Consultez : G. André. *Sur l'évolution de la matière minérale pendant la germination*, *C. R.* du 26 novembre 1899.

d'augmenter la faculté germinative des graines de betteraves ; cette faculté est néanmoins presque complètement détruite par l'influence destructive de ces gaz sur les cellules de la graine, si le contact est prolongé trop longtemps.

Petermann dit que l'application d'un engrais chimique composé de nitrate de soude, de chlorure de potassium et de superphosphate, à la dose qu'exige la simple restitution des principes fertilisants enlevés par les récoltes, peut retarder la germination des graines de 0 à 3 jours, suivant la quantité d'eau contenue dans le sol ; deux causes peuvent contribuer à produire ce phénomène : d'une part l'acide phosphorique libre et les sels alcalins agissent comme antiseptiques sur les ferments qui provoquent la germination, et d'autre part l'engrais chimique, très hygroscopique, peut enlever du sol, l'eau qui serait nécessaire à la graine.

D'après quelques auteurs, une autre cause peut encore être invoquée ; c'est l'alcalinité des graines de betteraves et la diminution de cette alcalinité lorsqu'elles sont en présence d'engrais chimiques.

Les graines de betteraves sont en effet alcalines et leur alcalinité, d'après Péligot, est due à la présence de la potasse. Or, dit Dubrunfaut (1), elle serait « une fonction organique qui échappe à l'explication, comme l'alcalinité qui se trouve dans tous les liquides nourriciers du règne animal. »

Cette alcalinité des graines de betteraves peut être très notable ainsi que l'indiquent les chiffres suivants :

Ech. I.	Alcalinité exprimée en potasse pour 100 gr. de graines.	0,211
II.	— — —	0,290
III.	— — —	0,158
IV.	— — —	0,185

On lui a attribué une action directe lors de la germination, en disant qu'elle contribue à ramollir le péricarpe de la graine, solubilise les réserves amylacées, etc., et à l'appui de ce dire, on a cité les essais de L. Walkhoff qui a trouvé que des liquides alcalins, tels que l'urine, le purin, favorisent la germination. Cette opinion nous paraît être en contradiction formelle avec les faits, malgré l'appui apparent qui lui est donné par certaines expériences. Dès le début de la germination, la réaction acide apparaît dans toute la masse et il ne peut plus dès lors, être question de l'influence de l'alcalinité.

Le vide à 1 millionième d'atmosphère, le séjour dans l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique, l'acide sulfhydrique, les vapeurs

(1) Dubrunfaut. *Le Sucre*, 1873, p. 482.

(2) Voyez. *Revue Universelle des Inventions nouvelles*, I, p. 190, 1894.

d'eau, d'éther, de chloroforme, n'exercent, d'après G. R. Romaires aucune influence appréciable sur le pouvoir germinatif de certaines graines, parmi lesquelles celles de moutarde, de bette rouge, de trèfle, de pois, de fèves, d'épinard, de cresson, d'orge, de radis, etc.

Ce fait a été confirmé par Coupin (1), pour les anesthésiques tels que l'éther, l'alcool ; cet auteur en conclut que l'on pourrait appliquer ces corps, pour détruire les insectes nuisibles aux semences, sans nuire au pouvoir germinatif. Cependant, d'après Van Tieghem (2), ces anesthésiques empêchent la germination ; mais ce n'est là qu'une suspension momentanée et les phénomènes reprennent leur marche habituelle quand l'influence de ces substances est écartée.

Quant au sulfure de carbone, il est extrêmement toxique et tue rapidement beaucoup de graines. D'après Prillieux (3) ce corps, en vapeur, ne dérange pas la betterave dans sa germination.

Les antiseptiques : l'acide phénique, l'acide borique, l'acide salicylique à doses élevées, les acides arsénieux et arsénique, tuent l'embryon et empêchent par conséquent la germination. Nous verrons pourtant que l'acide salicylique a été préconisé pour activer la germination des graines de betterave.

A température égale, la germination a lieu dans les premiers stades de la même manière, à la lumière et à l'obscurité. C'est seulement lorsque les diverses parties de la plantule sont exposées à son action, que la lumière agit pour retarder leur croissance (4).

Certains sels, tels que le sulfate de fer, le sulfate de cuivre, l'acétate de plomb, n'agissent que peu sur l'évolution de la graine ; c'est du moins ce qui résulte des expériences de Berthault sur des blés de printemps. Cet auteur a constaté que le sulfate de cuivre ne fait que retarder la germination sans nuire à la faculté germinative, tandis que l'acide sulfurique dilué s'est montré très nuisible (5). Nous devons ajouter qu'en 1900 nous n'avons pu constater aucune différence entre la germination de graines de betteraves normales et de graines traitées pendant une 1/2 heure, par une solution de sulfate de fer à 10 0/0.

Ce traitement des graines de betteraves par des solutions de sels métalliques a été préconisé en Autriche par J. Tretey, qui conseille de se servir d'un liquide contenant du sulfate de fer ou du sulfate de cuivre, mélangé avec une solution de nitrate de soude.

(1) Voyez : *Vie Scientifique*, 23 décembre 1899.

(2) Van Tieghem. *Traité de botanique*, 2^e édit. Paris, 1891. Savy.

(3) *Jahresb. f. Agr. Chemie*, 1879. p. 182.

(4) Voyez : Panchon. *Recherches sur le rôle de la lumière dans la germination*, *Ann. des Sc. Nat.*, 6^e série, 10, 1880. — Bonnier et Mangin. *Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle*, *Ann. des Sc. nat.*, 6^e série, 18, p. 1516, 1884.

(5) *Journal de l'Agriculture*. I, p. 506, 1895.

Nous avons déjà mentionné des essais relatifs à l'accélération de la germination des graines de betteraves par une macération dans une quantité suffisante d'eau pure.

C'est Grouven (1) qui, probablement, s'est occupé le premier de cette question ; cet expérimentateur fit porter en outre ses essais sur l'action de différents engrais, mais d'une manière générale ses résultats n'ont pas été confirmés.

Comme nous l'avons déjà dit, Walkhoff (2), de même que Grouven, a préconisé le trempage de la graine de betterave ; mais il dit qu'il faut éviter une action trop prolongée de l'eau qui peut enlever à la graine les corps solubles dont elle a besoin pour son développement. Walkhoff a aussi expérimenté le pralinage au moyen de diverses substances fertilisantes ; pour cela il mouillait la graine et la roulait ensuite dans la poudre à expérimenter. Les meilleurs résultats seraient obtenus par le pralinage au poussier de charbon de bois après trempage et par le trempage dans du purin additionné de salpêtre.

Bernard (3) a également proposé de praliner les graines ; il conseille de faire tremper d'abord pendant une nuit dans une solution contenant par hectolitre : 5 k. de nitrate de soude, 3 k. de sulfate d'ammoniaque, 2 k. de chlorure de potassium, 0 k. 5 de sulfate de cuivre, 6 k. 5 de superphosphate riche, puis d'enrober dans des cendres ou des scories.

Dippe (4) a dans le commerce une graine préparée, que Briem examine et qu'il trouva enrobée de sulfate d'ammoniaque et d'un phosphate. Hokek (4) dans le but de protéger la semence de betterave contre les ravages des insectes, des souris et des oiseaux, a conseillé de la faire tremper, pendant 24 heures, dans de l'eau tiède ou du purin chauffé à 30°-40° en y mêlant 2 0/0 d'acide phénique brut.

Dans le même but J. F. Rivière Verninas (4) délaie 100 kgr. de plâtre dans 100 litres d'eau, incorpore à la bouillie 50 k. de guano du Pérou, puis mélange au tout, 200 k. de graines de betteraves, étend en couche mince et laisse sécher.

D'après Knauer (4) le sable blanc mêlé avec 10,5 ou même 2,5 0/0 de sulfate ferreux, empêche toute germination, tandis que le même sulfate de fer, à la dose de 0,2 0/0 est sans action.

Fleischer (5) a trouvé que des semences de betteraves, trempées pendant 24 heures dans un mélange de 16 parties d'eau et 1 partie d'acide chlorhydrique ne perdent que très peu de leur force germinative. Cette dernière

(1) *J. Agric. pratique*, p. 78, 1881.

(2) *Sucrierie belge*, 14, p. 253, 1885-86.

(3) Bernard. *Engrais germinatif*. *J. Agric. pratique*, 1891, p. 646.

(4) Voyez Knauer. *La graine de betterave*, pp. 22, 23, 24.

(5) *Beitrag zur Lehre vom Keimen der Samen der Gewächse*, 1851.

acquiert même, d'après Pagnoul (1), une augmentation proportionnelle de 12 à 16 0/0 lorsque la graine reste au contact de l'eau acidulée avec 2 0/0 d'acide chlorhydrique. Il en fut de même avec l'acide sulfurique anglais au 1/16.

Gaillot (2) a fait des essais comparatifs sur l'action des différents engrais employés sur les graines soit en dissolution soit sous forme de pralinage. On peut conclure de ses expériences que le nitrate de soude, le superphosphate, le sulfate d'ammoniaque, de même que les sels potassiques, sans avoir une action très accélératrice, n'ont cependant pas d'influence défavorable. Gaillot a constaté en outre, par diverses expériences, que le contact direct entre les engrais et la graine est toujours défavorable à la levée.

A. Larbalétrier (3) a exécuté une longue série de recherches sur les corps qui sont susceptibles ou qui ont été proposés pour accélérer la germination des graines de betteraves. Les essais ont porté sur les matières suivantes :

Permanganate de potasse, camphre, glycérine, sel marin, oxalate d'ammoniaque, protochlorure de fer, naphthaline, iode, eau oxygénée, chlore, alun, litharge, bichromate de potasse, acide salicylique.

Deux séries d'expériences ont été faites sur des graines de betteraves et des haricots, avec des solutions contenant 5 et 2 0/0 des matières considérées. Les substances insolubles dans l'eau ont été préalablement dissoutes dans leur dissolvant naturel et ces solutions ont été étendues d'eau. Le chlore a été employé en solution saturée ; le trempage a duré 24 heures.

Les substances suivantes ont montré une action nettement retardatrice sur la germination : Bichromate de potassium, litharge, naphthaline, protochlorure de fer, permanganate de potasse, sel marin, oxalate d'ammoniaque. Parmi les autres substances, le camphre et l'eau oxygénée semblent être les excitants germinatifs les plus énergiques, les seuls dont la pratique pourrait tirer quelque parti.

Dehérain est peu partisan de la macération dans des solutions de sulfate d'ammoniaque, ce sel exerçant, sur les terres calcaires notamment, une action funeste sur la levée, probablement par formation de carbonate d'ammoniaque ; cette action serait même très ressentie pas les semences de betteraves.

Gilbert Hicks a fait récemment, dans les serres du Département de l'Agriculture, à Washington, des essais sur l'action des fertilisants sur la germination. Il a constaté pour les graines examinées (laitue, radis, trèfle,

(1) *Sucrerie indigène*, 8, p. 18, 1873.

(2) Gaillot. *De l'influence des engrais de surface sur la germination des graines de betteraves. La betterave*, 27 février 1892.

(3) Larbalétrier. *Recherches sur l'accélération de la germination des graines de betteraves, J. Agric. pratique*, p. 98, 1892.

blé, etc.) que le chlorure de potassium et le nitrate de soude à la dose de 10/0 sont très préjudiciables à la germination des graines, soit qu'on les applique directement, soit qu'on les mélange au sol.

Hiltner (1) a donné un procédé très original pour activer la germination des graines de betteraves et qui, comme nous avons pu nous en convaincre à plusieurs reprises, donne des résultats très nets. Ce procédé consiste à ramollir l'enveloppe de la graine, les parties dures des glomérules et surtout à amincir, en les carbonisant, les parties extérieures de ces glomérules ; pendant la 1^{re} phase du traitement on fait agir sur les graines, de l'acide sulfurique concentré pendant une demi-heure, une heure ou même deux ou trois heures, en agitant constamment. Après cette opération on lave abondamment et on neutralise en faisant séjourner les graines dans de l'eau de chaux ; finalement on sèche ou on sème immédiatement.

Claudel et Crochetel (2) ont fait à Grignon, sous la direction de Dehérain une série de recherches très intéressantes sur la germination des graines et le trempage ; les graines de betteraves n'étaient pas au nombre des graines mises en expérience.

Enfin Vivien et Sellier (3) ont vérifié les assertions de Grouven sur l'accélération imprimée à la germination par les solutions d'acide nitrique et de nitrate de potasse. Dans les conditions des expériences, le nitrate de potasse a retardé un peu la germination, mais, après 12 jours, le nombre des graines germées par cent glomérules et par kilogr. est sensiblement égal à celui donné après trempage à l'eau distillée. Au contraire le trempage dans la solution d'acide azotique à 10/0 a diminué manifestement le pouvoir germinatif et la faculté germinative.

Il semble difficile de tirer des conclusions fermes d'expériences aussi nombreuses et aussi contradictoires. Il semble néanmoins que quelques-unes des méthodes préconisées pourraient avoir un certain intérêt dans la pratique.

Le procédé de Hiltner, par exemple, pourrait être utile, sinon pour les semis en terre pour lesquels il est un peu compliqué, mais pour la préparation des graines pour l'essai germinatif ; quant au mouillage dans l'eau pure, ou dans une solution de nitrate de potasse à 5/0, comme l'ont expérimenté Vivien et Sellier, il est très à recommander ; certaines années, pour les semis tardifs ou, lorsqu'en raison du mauvais temps, la levée s'effectue mal et irrégulièrement, ce mode de faire est susceptible, par sa simplicité et son efficacité au point de vue de l'accélération imprimée à

(1) Voyez : *La betterave*, 3 septembre 1898.

(2) Voyez : *Progrès agricole de la région du Nord* du 26 février 1899.

(3) A. Vivien et E. Sellier. *Sur l'analyse de la graine de betterave*, *Bull. sucr. et dist.*, 17, p. 117, 1899.

la germination, de rendre les plus grands services. Mais comme l'ont recommandé Walkhoff, Pummer, Vivien et Sellier, il convient de ne pas mettre trop d'eau en présence pour ne pas avoir lixivation de la graine et perte de matières extractives; le mieux pour opérer, est, en se basant sur les observations précitées de Briem, de faire macérer la graine pendant 24 heures dans son poids d'eau ou de solution et, pour donner de la facilité aux semis à la machine, d'enrober ensuite dans une poudre inerte ou peu active, telle que le plâtre cru, les scories de déphosphoration, etc. A notre avis, en opérant de cette façon, non seulement on active la germination, mais on obtient aussi des germes qui se développent plus rapidement, plus facilement, sont plus robustes, plus vigoureux, résistent mieux aux intempéries et aux causes de maladies, qui généralement affectent ceux qui ont une tendance à se développer lentement.

Avant de passer à une autre partie de notre travail, il nous paraît nécessaire d'insister quelque peu sur une question actuellement à l'ordre du jour; nous voulons parler de l'influence des germes bactériens et cryptogamiques contenus dans la graine, sur la germination et le développement des jeunes plantules.

37. Influence des parasites de la graine sur le développement de la betterave à sucre. — C'est là une question d'actualité et on commence à y attacher une certaine importance, par suite des dégâts qui, dans certains pays, dévastent les cultures de betteraves, dégâts provoqués par l'évolution de diverses maladies, dont les germes sont, suppose-t-on, apportés par la graine.

La graine de betterave renferme une grande quantité de germes microbiens et autres; Stoklasa (1), qui, l'un des premiers après Hiltner, de Tharandt, s'est occupé de ce sujet, a trouvé, dans un gramme de glomérules, de 300.000 à 800.000 germes vivants; parmi ces germes, le même auteur (2) a signalé ceux de diverses espèces bactériennes, parmi lesquelles: *Bac. subtilis*, *Bac. liquefaciens*, *Bac. fluorescens liquefaciens*, *Bac. mesentericus vulgatus*, *Bac. mycoïdes*, *Bact. vulgare* (*Protzus vulgaris*), *Bac. butyricus Hueppe*, etc.

Le professeur Linhardt (3) a fait quelques essais d'infection par ces bactéries, et notamment par *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus vulgatus*, *Bac. liquefaciens*, *Bac. mycoïdes*; il a constaté que le *B. mycoïdes* était un ennemi très dangereux de la betterave, puisque les graines trempées dans l'eau infectée par ce bacille donnent, après une très bonne germination, 76 0/0 d'embryons gravement malades, 13 légèrement et seulement 11 0/0 de

(1) *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 980, 1899.

(2) *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1898, 609.

(3) *Oest. Ungarische Z.*, 28, p. 15.

sains, tandis que les autres espèces étudiées n'ont exercé qu'une influence très faible. Linhart n'a pas indiqué s'il avait stérilisé les glomérules mis en expérience de sorte que l'on peut envisager une action perturbatrice de la part des bactéries apportées par la graine.

Stoklasa (1) a répété les mêmes essais en tenant compte de cette observation. Il a stérilisé les glomérules à essayer en les trempant pendant une minute dans une solution de sublimé corrosif à 1/1000, puis les lavant ensuite abondamment dans l'eau stérilisée. Ces graines étaient ensuite infectées avec des cultures pures et mises à germer dans du sable stérilisé.

Les résultats de Stoklasa sont aussi significatifs que ceux obtenus par Linhart ; les *Bac. mycoïdes*, *Bac. butyricus Hueppe*, *Bac. vulgare* sont capables d'attaquer gravement les jeunes plantes.

En dehors des bactéries, Stoklasa (2) a encore trouvé dans les glomérules des germes de cryptogames divers : *Pythium de Baryanum Hesse*, *Phoma betæ* (3), *Rhizoctonia Violacea*, etc ; Krüger, Frank (4) ont aussi trouvé du *Phoma*, adhérent aux graines de betteraves ; au reste les germes de ce dernier parasite sont extrêmement répandus et nous ne pensons pas qu'il soit possible de trouver un champ de porte-graines réellement exempt de traces de cette maladie. Nous avons rencontré du *Phoma* sur la majorité des tiges de betteraves, provenant de diverses localités et même de divers pays, que nous avons examinées, et si on rencontre des pycnides sur les tiges il est tout naturel que les graines renferment des spores.

Notons encore des germes d'un autre genre qui ont été trouvés, notamment en Autriche, en Bohême et en Moravie, dans les glomérules, par divers savants : Vaňha, Stoklasa, etc. Ce sont des œufs d'Enchytréides, et de nématodes des genres *Dorylaimus*, *Tylenchus*, etc. Lors de la germination de la graine, ces œufs éclosent, les petits vers se montrent en grande quantité et endommagent la radicule.

En faisant l'essai de germination de telles graines sur sable stérilisé, Stoklasa a effectué les constatations suivantes :

(1) Stoklasa. *Influence des parasites sur le développement de la betterave*. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1899, 646 et *Monit. Scient.* 13, 4^e série, p. 739, 1899. Voyez aussi : Stoklasa. *Influence des parasites des graines sur le développement de la betterave*, conférence faite le 29 avril 1899 à l'Assemblée générale de l'Association pour l'industrie sucrière en Bohême.

(2) Stoklasa. *La brûlure de la racine des betteraves*. *C. B. Bakteriolog. Parasitenkunde*, 1898, p. 687 et *Bl. suc. et dist.* 17, 597, 1900.

(3) La découverte du *Phoma betæ* est généralement attribuée à Franck. Mais l'honneur de l'avoir fait connaître le premier revient à Prillieux qui l'a dénommé *Phoma tabifica* et en a décrit la forme ascosporee.

(4) Voyez *Sucrerie indigène*, 43, 526, 1894. Voyez aussi : *Ueber die Pilze der Rübenknäule* par Fr. Bubak. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 25, p. 593, 1901.

	Germes 0/0 glomérules après 12 jours	Germes malades après 12 jours	0/0
Enchytréides.	180	96	53 0/0
Tylenchus.	205	75	37 0/0

Les individus organisés produits par ces divers germes s'attaquent aux délicates racicules qui leur servent de support et en même temps de substrat nutritif ; les bactéries et les champignons pullulent et hydrolysent les hydrates de carbone, les matières albuminoïdes, etc. ; les diastases qui sont constamment secrétées, viennent finalement tuer le protoplasma des jeunes cellules ; le chromogène qu'il renferme s'oxyde alors et la racine de la jeune plante prend une coloration d'abord violette puis ensuite brunâtre. Cette maladie, essentiellement microbienne ou cryptogamique, a été désignée sous divers noms : Brûlure de la racine (Wurzelbrand), Pied noir, Aécence des jeunes racines (Aussäuern der Würzelchen), noircissement des racines (Schwarzwerden) etc. C'est une maladie du tout jeune âge, et l'activité décomposante des microbes n'en est pas le seul facteur ; elle est aidée par diverses causes, parmi lesquelles interviennent : les intempéries, la mauvaise préparation du sol, l'humidité, le manque de chaux, etc., c'est-à-dire tous les facteurs qui retardent le développement de la jeune betterave dans les premiers stades de sa vie (1). Les jeunes germinations y sont surtout exposées quand les plantules vivent encore aux dépens des réserves de la graine et que l'appareil chlorophyllien n'est pas encore en activité. Il y a là une période de moindre résistance aux activités microbiennes, après laquelle la plante se montre beaucoup moins délicate.

Pour parer à ces maladies, on a préconisé de faire subir aux graines, avant le semis, une préparation antiseptique destinée à détruire les germes nuisibles qui y sont renfermés. C'est ainsi qu'on a proposé de tremper les graines pendant une minute dans une solution de sublimé au 1/1000 et de les laver ensuite abondamment ; de les traiter par l'acide phosphorique à 30°-36° B. ; par les vapeurs de chloroforme ; de les immerger pendant une 1/2 heure dans une solution de sulfate de magnésium à 5 0/0 (Stoklasa), de les soumettre à l'action d'anesthésiques tels que l'éther, le chloroforme (Bonnier, Coupin) ; de les tremper pendant 2 heures dans une solution de sulfate de cuivre à 0,5 0/0 (Bertin et Dubos (2)) ; de désinfecter par une solution contenant de l'acide phénique et du sulfate de cuivre (Karlson). La méthode de Hiltner, précédemment (3) décrite, a

(1) A ce sujet voyez les articles déjà cités de Stoklasa. Lire aussi : Karlson. *La brûlure des racines des jeunes betteraves en Russie*. *Zapiski*, 1892, n° 7 et *Bl. sucr. et dist.*, 9, p. 924, 1892.

(2) Bertin et Dubos. *Moisissures des graines de betteraves*, *Journal des Fabricants de sucre* du 28 juin 1899.

(3) *Zapiski*, n° 7, 1892, et *Bl. sucr. et dist.*, 9, 924, 1892.

aussi été proposée dans le même but. Nous ne pensons pas que ces traitements soient efficaces, malgré les résultats de diverses expériences de Stoklasa, Bertin, etc. ; en effet nous ne pouvons admettre qu'il soit possible de faire durer ces macérations assez longtemps pour pousser l'impregnation suffisamment à fond et tuer tous les germes sans nuire à la vitalité de l'embryon. Au reste, Schribaux (1) a constaté qu'un séjour prolongé des semences de betteraves dans des solutions de sulfate de cuivre à 2 0/0, ne porte aucunement atteinte à la vitalité des germes parasites renfermés dans la graine ; de plus, lorsqu'on expérimente la méthode d'Hiltner, qui est assurément très énergique (macération dans l'acide sulfurique concentré), on remarque que les germinations donnent presque autant de germes malades que celles qui sont faites normalement.

Karl Komer (2), assistant à la station d'essais de semences de Vienne, est aussi de cet avis ; d'après cet auteur, l'action de la désinfection sur des graines fortement contaminées est pour ainsi dire nulle. Hiltner, en particulier, en opérant avec l'acide sulfurique concentré n'a, en pareil cas, obtenu aucun résultat ; il a toujours retrouvé le *Phoma betæ* partout où il existait en quantité notable ; cela résulte, sans doute, de ce que le mycelium de ce parasite pénètre dans les parties profondes du glomérule et du fruit, échappant ainsi à l'action des agents antiseptiques. Hollrung (3) s'est toujours prononcé dans ce sens.

La Brûlure de la racine de betterave n'est pas seulement une maladie infectieuse, mais aussi une maladie consécutive de la dégénérescence ou de l'affaiblissement de la plante causé par une culture défectueuse. C'est une conséquence de la tendance qu'ont les éleveurs à produire à meilleur marché, afin de résister à la concurrence. D'accord en cela avec Karlson, Komer estime que la désinfection n'est point un remède en pareil cas ; elle ne saurait en effet rendre meilleur le produit d'une mauvaise culture.

Cette opinion que la réfractivité plus ou moins grande des graines est liée avec le mode de culture des porte-graines est analogue en tous points avec celle exprimée par Stoklasa, que nous citons plus bas ; elle nous paraît très rationnelle.

La graine elle-même est, dans une certaine mesure, armée contre les infections microbiennes : les testa sont en effet extérieurement chargées d'oxalates, partie à l'état insoluble, partie à l'état soluble ; or, les oxalates solubles constituent un poison cellulaire très violent et Stoklasa (*loc. cit.*) incline à penser qu'ils exercent une action antiseptique très marquée lors de la germination et sont ainsi un moyen de défense de la graine.

(1) Schribaux. *Maladies des semences de betteraves*, Agriculture nouvelle du 29 juillet 1899, p. 596.

(2) C. B. Zuckerind, n° 18, 1900 et *Journal des fabricants de sucre*, 7 février 1900.

(3) *Bl. sucr. et dist.*, 18, 239, 911, 1900-01.

Un fait important est que la résistance des graines à l'infection paraît dépendre de l'espèce de betterave. Stoklasa pense qu'il y a là un fait analogue à celui qui se passe avec la pomme de terre, dont les diverses races, comme on sait, sont différemment résistantes au *Phytophthora infestans*. Cet expérimentateur a eu en main des échantillons de graines qui se montraient presque absolument réfractaires aux infections artificielles au moyen de *Bac. butyricus*, *Bac. mycoïdes*, *Bac. vulgare* et il croit que les méthodes de culture du porte-graines, leur fumure, etc., pourraient être des facteurs de cette réfractivité.

Sans admettre la comparaison avec la pomme de terre faite par Stoklasa, Deutsch (1) est néanmoins du même avis sur les autres points.

Les germes que nous venons de citer ne sont pas les seuls qui ont été trouvés dans les glomérules de betteraves ; on y a encore rencontré l'*Uromyces Betae*, le *Peronospora Schachtii* ; Frank a pu y déterminer le *Sporidesmium putrefaciens*, le *Cercospora beticola*, etc. D'après Prillieux et Delacroix (2) la jaunisse de la betterave, maladie qui a causé de grands ravages il y a quelques années, serait due à la présence d'une bactérie en tonnelet, dont les spores seraient apportées par les glomérules eux-mêmes.

En se basant sur les faits précédemment cités, malgré l'opinion du Dr Steffech (3), Directeur de la section botanique de la station expérimentale de Halle-sur-Saale, du Prof. Frank (4) etc. et s'appuyant au contraire sur les dires de Stoklasa (*loc. cit.*), de Komer (*loc. cit.*), du Doct. Weinzierl (5), la Station d'essai des semences de Vienne, a décidé de déterminer à l'avenir et d'indiquer sur les bulletins d'analyses, le nombre des germes malades, donnés par les graines examinées ; comme germes malades, cette station désigne tous ceux qui, à l'essai de germination, montrent un développement anormal et maladif, qui la plupart du temps est causé par des microorganismes.

Le nombre des germes malades, ainsi que des glomérules les ayant fournis, n'entre pas dans le calcul du résultat final de la germination.

Cette décision de la station de Vienne nous paraît un peu prématurée, car les faits que nous venons de discuter ne sont pas encore assez sûrement établis pour que l'on puisse, dès maintenant, faire entrer dans les

(1) M. Deutsch. *A propos des parasites de semences de betteraves à sucre*, *Journal des Fabricants de sucre* du 2 août 1899.

(2) Prillieux et Delacroix. *La jaunisse, maladie bactérienne de la betterave*, *Bl. Sucrier et dist.* 16, 234, 1898, et *C. R.* 1237, 38-339, 1898.

(3) Voyez : *Correspondance à propos du parasite des germes de betteraves*, *Journal des fabr. de sucre*, 20 septembre 1899.

(4) Voyez : *La betterave* n° 215, 8 avril 1899.

(5) Voyez : Weinzierl. *Essai des graines de betteraves malades*, *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, n° 7, 1899 et *Publication* n° 204, de la Station de contrôle des semences de Vienne.

contrats de vente de graines de betteraves, une clause relative à la quantité de germes malades.

Telle est aussi l'opinion du Prof. Frank (1) de Berlin.

C'est encore l'avis de Hollrung (2) qui, dans cette question de la transmission des maladies par les semences, conseille d'être très circonspect, les documents probants manquant encore à l'heure actuelle.

Au reste, à notre avis, il est certains cryptogames qui sont si abondamment répandus, que la destruction de leurs spores dans la graine n'empêcherait aucunement l'éclosion des maladies qu'ils provoquent et qui peuvent causer des dommages considérables lorsque les circonstances climatiques sont favorables à leur développement et seulement dans ce cas. Le *Phoma betæ* (Frank) ou *Phoma tabifica* (Prillieux) est dans ce cas. Il est extraordinairement répandu, et pourtant, chose intéressante, la maladie qu'il provoque, la *Pourriture du cœur*, ne cause véritablement des dommages qu'à intervalles assez éloignés.

Geschwind a jusqu'à ce jour rencontré ce *Phoma* sur les tiges de tous les porte-graines qu'il a examinés, de quelque culture qu'ils proviennent. Chose bizarre, seul le bas de ces tiges montrait en abondance les pycnidies superficielles globuleuses, percées d'un pore au sommet, laissant à l'humidité sortir les spores agglutinées en un long fil muqueux, qui caractérisent le *Phoma*.

Ceci semble indiquer nettement, que c'est surtout le sol qui est l'agent convoyeur des germes du cryptogame.

Hollrung, dont nous parlions plus haut, a étudié, en vue de la stérilisation des semences, l'action du procédé de Wagner qui consiste à faire agir successivement la vapeur d'eau, le chlore et l'acide sulfureux. Il a constaté une légère augmentation du pouvoir germinatif, mais, quant à la destruction des organismes étrangers, elle a été complètement illusoire. Il a constaté les mêmes faits, en expérimentant le procédé de Hiltner, qui consiste à traiter les graines par l'acide sulfurique concentré puis par l'eau de chaux et le procédé Linhart dans lequel on décortique la graine.

A côté de l'opinion, qui tend à faire des bactéries des agents pathogènes pour les germes de betteraves, il nous paraît aussi utile de relater celle qui leur reconnaît une action favorisante dans l'acte de la germination.

C'est ainsi que, d'après Briem (*loc. cit.*) qui s'appuie sur les dires de Hansen, le processus de la germination est très vraisemblablement préparé par l'évolution de certains microorganismes, qui solubilisent les corps de réserve emmagasinés dans la graine et leur permettent ainsi d'alimenter l'embryon.

(1) *La betterave*, 8 avril 1899.

(2) Hollrung. *Maladie des betteraves et influence du traitement des semences sur les parasites*. *Dtsch. Zuckerind.*, 1900, n° 7 et *R. G. C.* 2, 484, 1900.

Stoklasa (*loc. cit.*), dont nous avons relaté les expériences relatives à l'action nuisible des microorganismes sur l'évolution de la graine, pense, néanmoins, que ces microorganismes peuvent aussi être d'une certaine utilité. En végétant dans les glomérules, ils hydrolisent les molécules de matières albuminoïdes contenues dans cette partie de la semence et les transforment en matières facilement assimilables par les jeunes radicules.

Cette manière de voir n'a cependant pas été adoptée d'une manière générale, car les expériences de Dixon, Laurent, Duclaux, Fernbach, etc. (1) ont établi, au contraire, que la germination s'accomplit parfaitement sans l'aide des microbes.

(1) Voyez : *La Bière*, n° 2, 1895.

CHAPITRE III

ANALYSE COMMERCIALE DE LA GRAINE DE BETTERAVES

§ 1

ECHANTILLONNAGE

38. Généralités. — Il va sans dire que nous ne voulons pas parler ici de l'analyse chimique complète, qui, comme nous l'avons vu, ne peut fournir aucun critérium pour la détermination de la valeur de la semence ; les travaux exécutés jusqu'ici, en vue de rechercher les corrélations qui peuvent exister entre la composition chimique de la graine et les propriétés de la plante future n'ont pu apporter la lumière sur ce sujet.

Ce qu'il faut, dans la pratique, c'est déterminer si la graine est dans un état de préparation et de conservation tel, qu'elle constitue une semence loyale et marchande, c'est-à-dire qu'elle ne renferme pas d'éléments étrangers en trop grande quantité et qu'elle est constituée presque entièrement par des individus vivants et susceptibles de germer.

L'essai des graines de betteraves se borne donc à la détermination : de l'humidité, des impuretés, du nombre des glomérules contenus dans un poids donné de semence, du pouvoir germinatif, du nombre de germes fournis par un certain poids ou un certain nombre de glomérules.

Ces données suffisent généralement pour établir le bulletin d'analyse et calculer la valeur de la graine.

Pour que les résultats de l'essai de la graine aient une valeur pratique et comparative il faut que la méthode suivie soit toujours la même et la même partout. Les spécialistes n'ont pas encore pu se mettre d'accord à ce sujet ; une commission, nommée par le dernier Congrès international de Chimie appliquée, tenu à Paris en 1900, y travaille ; espérons qu'elle arrivera bientôt au résultat désiré par tous les intéressés.

Nous n'entreprendrons pas ici de discuter les différents modes opératoires proposés et appliqués ; l'un de nous l'a déjà fait en collaboration avec M. Vivien, et nous allons décrire le mode opératoire adopté en ren-

voyant à la publication originale pour les discussions. Nous sommes d'autant plus à l'aise pour donner cette méthode que, depuis sa publication (1899), elle n'a pas encore été attaquée, ce qui est presque surprenant à notre époque. On consultera aussi avec intérêt les indications données par Julhiard sur le même sujet (1).

39. Prélèvement de l'échantillon sur la marchandise livrée.

— Cette opération, dont les formalités sont réglées d'avance par l'acheteur et le vendeur, doit avoir lieu devant les deux parties ou leurs représentants. On vérifie tout d'abord la fermeture, le mode d'emballage, si les plombs sont encore intacts ; on note les observations que suggèrent ces examens et on passe au prélèvement de l'échantillon. Cette dernière opération se fait ordinairement au moyen d'une sonde que l'on enfonce dans les balles en crevant l'emballage ; on ramène à chaque fois une petite quantité de graine. Cette méthode donne de bons résultats pour les engrais et en général pour toutes les matières assez pulvérulentes pour être tassées ; la sonde ramène bien dans sa cavité une portion de la matière correspondant à toutes les parties qu'a traversées l'instrument ; mais avec les graines de betteraves, quelque serré que soit l'emballage, lors du retrait de la sonde, les graines roulent les unes sur les autres et il est peu probable que l'on ait un échantillon correspondant bien à toutes les parties du sac.

Quoi qu'il en soit, il est certainement préférable, toutes les fois que cela est possible, d'ouvrir les sacs et d'y enfoncer le bras pour retirer avec la main aux endroits convenables, c'est-à-dire d'abord dans la partie supérieure, puis dans le milieu et enfin dans le bas, de petites quantités de graine que l'on remet sur une feuille de papier, ou mieux, de vider le sac sur une aire bien propre, et après un pelletage soigneux, de prélever l'échantillon.

Pour des livraisons un peu importantes, on ne peut songer à échantillonner dans chaque sac ; on se borne à faire les prélèvements sur un nombre de sacs qui varie avec l'importance de la livraison. M. Beaudet (2) a proposé des chiffres que l'on peut adopter.

D'après ce chimiste :

On prélève sur tous les sacs, pour une fourniture de 5 sacs.

On prélève sur	5 sacs,	pour une fourniture de	10 sacs.
—	5 à 10	—	10 à 20
—	10 à 20	—	20 à 25
—	20 à 25	—	50 à 100
—	25 à 30	—	100 à 200

Pour les fournitures au-dessus de 200 sacs, on prélève sur un nombre

(1) *Bl. sucr. et dist.*, 17, p. 147, 1899. Mémoire Julhiard, p. 134.

(2) *Bl. sucr. et dist.*, 12, p. 763, 1895.

de sacs égal au $\frac{1}{5}$ de la livraison, et au-dessus de 500 sacs, sur le $\frac{1}{10}$ de la livraison.

La totalité des prises est mélangée soigneusement, de manière à répartir les impuretés dans la masse aussi uniformément que possible. On forme alors avec le tout une figure géométrique quelconque et on sectionne, suivant une diagonale, avec un morceau de carton, une carte de visite par exemple.

Une des moitiés obtenues est elle-même partagée en autant de parties que l'on doit faire d'échantillons, et chaque portion est introduite dans un vase en verre que l'on bouche soigneusement ; si l'on dispose de flacons bouchés à l'émeri, on devra s'en servir de préférence à tout autre mode d'emballage. Les sacs en toile ou en papier, trop souvent employés, exposent la graine à la dessiccation ou à l'absorption de l'humidité, suivant les milieux où ils sont placés. Les flacons sont revêtus des cachets respectifs des parties et l'un d'eux est adressé sans retard au laboratoire désigné par les parties ; un ou plusieurs flacons sont conservés cachetés pour servir à l'analyse de contrôle en cas de contestation.

Tous ces échantillons devront être au minimum de 250 grammes.

Il faut avoir soin de faire le premier mélange très soigneusement et le plus rapidement possible, à l'abri des courants d'air, afin d'éviter les pertes d'impuretés et d'humidité.

Lors de l'ouverture des sacs, on devra noter l'aspect de la graine, son odeur ; si la graine à examiner a subi un commencement d'attaque par les moisissures il se dégage de la masse une odeur de moisi caractéristique. Cette altération est due le plus souvent à une récolte en mauvaises conditions ou à une conservation en couches trop épaisses dans des locaux humides, mal aérés. On remarque alors, qu'en prenant une poignée de ces graines et en serrant assez fortement dans la main, elle s'agglomère en grumeaux par suite de l'humidité anormale du produit.

L'odeur de la graine saine, récoltée et conservée dans de bonnes conditions, rappelle celle du foin.

La couleur est en général jaune foncé, mais on ne doit tirer aucune conclusion de ce caractère, car la couleur du glomérule ne permet de préjuger en rien sur les qualités des semences qu'il contient.

40. Préparation de l'échantillon au laboratoire en vue des essais. — Lors de l'arrivée de l'échantillon au laboratoire, on note les indications de l'étiquette, les cachets et l'état de ces derniers.

On ne devra ouvrir le flacon qu'autant que tout sera prêt pour l'analyse.

Pour les prises d'essais, il est recommandé d'adopter la *méthode Weinzierl* qui est employée à la Station de contrôle des semences de Vienne

(Autriche-Hongrie) ; cette méthode est certainement la plus simple et elle donne des résultats assez comparables. La graine est étendue sur un papier noir assez raide et répartie aussi uniformément que possible de manière à former une couche de $1/2$ à 1 centimètre d'épaisseur. On s'attache durant le répartissement à former une figure de cercle. Pour chaque prise d'essai on sépare alors de ce cercle, au moyen d'une cuillère un segment dont l'importance varie avec le poids de graine qu'on désire obtenir.

§ 2

ANALYSE PROPREMENT DITE

41. Dosage de l'humidité. — On dose l'humidité en double sur environ 5 grammes de semence non broyée, prélevés ainsi qu'il a été dit plus haut et pesés dans une capsule tarée. On porte à l'étuve à 105-110°, jusqu'à perte constante de poids ce qui est obtenu en huit ou neuf heures. On calcule pour 100 grammes.

L'humidité des semences varie de 12 à 15 p. 100 ; elle peut s'élever exceptionnellement à 17 et même 18 p. 100 dans les années où la récolte a eu lieu sous des conditions climatiques défavorables.

Le mouillage frauduleux des graines n'a été constaté que très rarement ; le fraudeur ne peut élever l'humidité de la semence d'une façon considérable, quoique son pouvoir absorbant soit très grand, car il a à craindre les moisissures.

Bretfeld a constaté que l'humidité est plus élevée dans la semence à gros glomérules que dans celle à petits glomérules ; cela tient à la plus grande quantité de lest contenu dans ces graines, par rapport au poids de la semence proprement dite.

42. Dosage des impuretés. — Pour obtenir une idée exacte de la quantité d'impuretés contenues dans une semence, il est nécessaire d'opérer ce dosage sur une assez forte quantité. Les écarts constatés entre différents opérateurs, relativement à ce dosage ont leurs causes, croyons-nous, dans un échantillonnage défectueux et une prise d'essai trop faible.

On ne peut obtenir un chiffre exact sur la teneur en impuretés de la marchandise essayée qu'en opérant sur 200 grammes au minimum, car il est illusoire d'espérer dans un échantillon de 5 à 10 grammes une répartition des impuretés comme elles se trouvent dans la masse de la livraison ; la proportion de ces impuretés dépasse, en effet, rarement 4 p. 100 et

se trouve le plus souvent entre 1,5 et 2,5 p. 100. Le temps nécessité sera peut-être un peu plus long, mais pas cependant augmenté d'une façon excessive pour que cela puisse entrer en balance.

L'échantillon de 200 grammes pesé est jeté sur un tamis à mailles de 1 millimètre de côté, pour séparer d'abord la poussière ; celle-ci est recueillie sur une feuille de papier blanc glacé ; on la fait passer dans une capsule tarée. On prend les graines une à une, on en détache au moyen d'une petite pince les morceaux de tiges et les petites feuilles qui peuvent s'y trouver attachées et on les ajoute aux poussières dans la capsule. Sont en outre considérés comme impuretés les petits grumeaux de terre, les cailloux, les balles de graines étrangères, les graines étrangères quelles qu'elles soient, les glomérules dont les graines sont parties ou ceux incomplètement mûrs, les feuilles ou portions de feuilles, les pédicules de fruits et les débris de graines (couvertres ou coques).

On devra y comprendre aussi les glomérules avortés ; ces derniers sont reconnaissables à ce qu'ils s'écrasent facilement à la plus petite pression exercée avec les pinces. Tous ces détritrus sont réunis dans la capsule et pesés. On peut, pour contrôle, peser d'autre part les graines nettoyées.

43. Dénombrement des glomérules dans un poids donné de semence, et poids d'un nombre déterminé de glomérules. — Ces déterminations se font simultanément en comptant le nombre des glomérules contenus dans un certain poids de semence ou en pesant un nombre déterminé.

On fait 3 prises d'essai d'environ 5 grammes que l'on pèse exactement ; on compte le nombre de glomérules contenus dans chaque prise d'essai. On calcule ensuite le nombre de glomérules contenus dans 100 grammes de graines ou dans un kilog., avec les chiffres de chacune des 3 prises d'essai, puis avec le poids total des 3 prises et le nombre total des glomérules y contenus. C'est ce dernier résultat qui devra figurer au bulletin. Les deux prises d'essais dont les nombres se rapprocheront le plus du résultat final serviront à l'essai de germination.

Le nombre des glomérules contenus dans 1 kilo de semence de betteraves peut varier dans des limites assez larges ; il est fonction de la grosseur de la graine et cette grosseur change elle-même avec la race de la betterave, les conditions climatiques sous lesquelles la semence mûrit, les aptitudes individuelles des betteraves-mères, le nombre de tiges poussées, suivant que l'on a opéré ou non le châtrage des tiges, avec la nature du sol, la quantité et la qualité de l'engrais et encore avec une foule d'autres circonstances.

44. Essais de germination. — 1^o *La couche germinative.* — La couche germinative choisie est le terreau de jardinier.

Ce terreau est préparé en mélangeant du sable et du terreau qu'on retire des couches à renouveler ; le mélange est arrosé et abandonné jusqu'à ce que, la combustion étant complète, on ne retrouve plus de débris pailleux ; il y a eu formation de matières humiques et on obtient ainsi une masse très friable qui ne formera pas de pâte plastique quand on la mélangera avec de l'eau, dans la proportion de 25 p. 100.

Le terreau de jardinier peut être employé de suite pour préparer la couche germinative, mais il est bien préférable de le dessécher lentement, puis de le porter à 110° pendant un quart d'heure, de façon à tuer tous les germes qu'il pourrait renfermer. On jette ensuite sur un tamis à mailles de 1 millimètre de côté pour détruire les grumeaux qui se forment durant la dessiccation.

Le terreau tamisé est reçu dans une cuvette en porcelaine d'environ 5 cm. de profondeur, 20 cm. de largeur et 26 cm. de longueur. Dans chaque cuvette de cette taille on peut disposer l'essai en double pour une même graine. La cuvette a été tarée d'avance, on l'emplit jusqu'à environ 1 cm. du bord supérieur, on repèse pour connaître le poids de terreau qu'elle contient et on y verse par petites portions une quantité d'eau stérilisée correspondant en poids à 25 0/0 du terreau sec. Pendant l'humectation on pétrit la masse convenablement, de manière à avoir un mélange bien homogène et pour que tous les points aient le même pourcentage en eau. Si l'opération est bien conduite on obtient une masse très friable, très poreuse, douce au toucher et ne formant aucun grumeau. La surface en est rendue bien uniforme et on tasse en frappant la cuvette à petits coups sur une table. On pose alors sur le terreau un morceau de treillage en fer à mailles carrées dont les dimensions correspondent bien à celles de la cuvette. Les mailles doivent avoir 1 cm. de côté et les fils 2 mm. à 2 mm. 2 de diamètre ; chacune des alvéoles de la toile correspond à un grain.

Il faut veiller à ce que la couche ait au moins 4 à 5 cm. d'épaisseur ; s'il n'en était pas ainsi, lors du développement du germe, la radicule, premier organe qui se développe, ne tarderait pas à atteindre le fond du germe et, rencontrant cet obstacle, elle s'y appuierait pour repousser la graine hors de la couche germinative où elle se dessécherait rapidement ; si cette graine contient encore des semences non germées elle ne fournit alors qu'un nombre de germes inférieur à celui qu'elle est susceptible de donner.

La couche germinative ainsi disposée est prête à recevoir les graines.

2^o *Quantité de graines à mettre en germination.* — Vivien et Sellier pren-

nent deux quantités d'environ 5 gr. prélevés comme il a été dit précédemment. C'est là un minimum si l'on veut avoir une prise d'essai représentant aussi approximativement que possible la moyenne de la livraison. Les deux quantités prélevées servent à un essai en double.

3° *Classement en glomérules.* — On sépare ou non les glomérules en gros et petits ; dans tous les cas les résultats devront toujours indiquer la moyenne proportionnelle des 2 catégories, comme si la séparation n'avait pas été faite. Sont considérés comme gros, les glomérules qui sont arrêtés par un crible à trous circulaires de 5 mm. de diamètre. La graine est dite à gros glomérules lorsque le poids de 45 graines est égal ou supérieur à 1 gr.

4° *Trempage des graines avant la mise en germination.* — Nous avons discuté cette question très longuement et nous avons conclu aux bons effets de cette pratique. Pour l'essai de germination, et conformément à ce que nous avons dit, il semble inutile, pour le trempage, d'employer une solution saline ; l'eau stérilisée remplit tous les desiderata, du moment qu'on la met en quantité convenable. Pour cela, il suffit de verser sur chaque prise une quantité d'eau distillée égale à son propre poids, on remue avec un petit agitateur de façon à bien imbiber les graines et on laisse l'absorption se terminer durant vingt-quatre heures en couvrant le verre pour éviter les pertes d'eau. De temps en temps les graines sont remuées de façon à renouveler les points de contact. Au bout du temps fixé, il n'y a plus d'eau dans le verre et les graines sont prêtes pour la mise en germination.

5° *Mise en germination.* — La couche germinative préparée avec du terreau ainsi qu'il a été dit précédemment, recouverte avec le treillage en fil de fer, présente l'aspect d'un damier dont chaque carré correspondra à une graine. Si on emploie des cuvettes des dimensions indiquées, on peut mettre dans chacune l'essai double d'une graine sans crainte de confusion, il reste assez de cases libres pour permettre la distinction.

Dans la première rangée, contre le bord de la cuvette, on façonne dans chaque carré, avec le bout d'un agitateur ou d'un crayon, une petite alvéole ayant environ 8 à 10 millimètres de profondeur sur 5 ou 6 de diamètre ; on dépose dans chacune un glomérule. La graine doit être plantée de telle façon que la partie supérieure visible arrive à 2 à 4 millimètres au-dessous du niveau du terreau dans la cuvette. On commence par placer celles séparées comme grosses, puis, quand la première rangée est remplie on prépare les alvéoles de la seconde et l'on continue

ainsi jusqu'à ce que toutes les graines soient mises dans le terreau. Pour les plus petites graines, les alvéoles devront être moins profondes, 5 millimètres suffisent généralement. Entre les grosses et les petites on laisse une ou deux rangées libres pour servir de points de repère. Le premier essai planté, on place de même les graines de l'essai de contrôle, dans la seconde moitié de la cuvette.

Quand toutes les graines sont plantées, on saupoudre un peu de terreau pour les recouvrir d'une couche de 2 à 3 millimètres, on appuie pour établir un contact intime de la graine avec le terreau, on arrose et on porte à l'étuve chauffée comme il sera dit plus loin.

Soir et matin, les cuvettes sont arrosées pour maintenir l'humidité convenable. On doit se servir d'eau stérilisée bien aérée, ce que l'on obtient en faisant passer un courant d'air dans de l'eau récemment bouillie ; avant d'arriver dans le ballon de barbotage, le courant d'air est filtré dans un tube contenant de la ouate stérilisée.

6° *Le chauffage durant la germination.* — Les couches germinatives sont placées dans une étuve bien aérée, chauffée 8 heures par jour à 28° et le reste du temps à 18°. Ce mode de chauffage accélère la germination et rapproche les essais des conditions de la pratique ; en effet à l'époque des semis de betteraves, la graine est soumise à une température intermittente par suite des pertes de chaleur éprouvées par la terre pendant les nuits claires du printemps.

Pour les essais de germination, il n'y a pas lieu de se préoccuper des conditions d'éclairage.

7° *Dénombrement. Durée de la germination.* — Le septième et le treizième jour on compte le nombre de graines germées et le nombre de germes fournis. Pour cette opération nous recommandons le tour de main suivant :

On prépare, en les taillant dans du bois de sapin, des petites fiches de 3 à 4 centimètres de hauteur et de section carrée de 2 millimètres de côté. Une certaine quantité est gardée intacte, les autres sont plongés dans des solutions de matières colorantes, de façon à obtenir des bâtons teints en bleu, en rouge, en jaune et en vert ou toutes autres couleurs pourvu qu'on puisse les distinguer facilement. Ces bâtonnets pourront servir indéfiniment en ayant soin de les laver quand ils ont servi, puis de les stériliser, afin qu'ils n'apportent pas de germes de moisissures, ce qui arrive infailliblement sans cette précaution.

La graine est, comme on le sait, placée dans une petite cavité limitée par les mailles du treillage ; ses germes poussent également

dans l'espace ainsi marqué et on voit facilement de quelle graine ils proviennent.

Au moyen d'une pince, le germe est arraché et on plante dans le carré correspondant un petit bâton blanc.

Si la graine a poussé 2 germes, on plante un bâton bleu.

—	3	—	—	rouge.
—	4	—	—	jaune.
—	5	—	—	vert.

Avec les graines du commerce, ce dernier chiffre est rarement atteint et presque jamais dépassé.

On n'a donc pas à marquer à chaque graine le nombre de germes extraits, quand ils sont enlevés, on n'a qu'à compter le nombre de bâtons blancs, bleus, rouges, jaunes et verts. Le total correspond au nombre de graines germées ; les quantités respectives des diverses catégories sont multipliées par le chiffre correspondant et les produits totalisés donnent le nombre de germes.

L'essai de germination est arrêté après le second dénombrement, c'est-à-dire après 12 jours. Certaines graines donnent encore beaucoup de germes après ce laps de temps, mais on doit les considérer comme étant de mauvaise qualité car le fait ne se produit qu'avec des graines vieilles ou avariées.

So *Confection du bulletin d'analyse. Calculs.* — Nous ne pouvons mieux faire, pour expliquer ces calculs, que de prendre un exemple que nous extrayons du travail déjà cité de Vivien et Sellier.

a) *Humidité* : Sur 5 grammes, pesée finale, 0,620.

$$0,620 \times 20 = \mathbf{12} \text{ kilog. } \mathbf{40} \text{ p. } 100.$$

b) *Impuretés* : Sur 250 grammes, on a recueilli 4 gr. 830.

$$\frac{4,830}{2,5} = \mathbf{1,852} \text{ p. } 100.$$

c) *Quotient de pureté* : = 100 — impuretés.

Pour notre exemple, on aura $100 - 1,852 = \mathbf{98,148}$.

Il représente exactement le poids de semences pures pour cent de semence examinée.

d) *Nombre de glomérules par kilogramme.* — Cette détermination étant faite suivant les prescriptions indiquées plus haut, il est facile de calculer le nombre de glomérules par kilogramme.

Nous avons eu, pour l'exemple cité : 8.730 gros glomérules et 41.360 petits, soit au total 50.090 glomérules par kilogramme.

e) *Proportion pour cent des gros et petits glomérules.*

$$\text{On a } \frac{8.730 \times 100}{50.090} = 17,4 \text{ gros glomérules}$$

$$\text{et } 100 - 17,4 = 82,6 \text{ petits glomérules.}$$

f) *Calculs de la germination.* — La prise d'essai a été de 4 gr. 173, comprenant 168 petits glomérules et 40 gros.

On a obtenu :

	Graines germées	Germes
Après 6 jours, pour les gros glomérules. . . .	31 avec	75
— pour les petits —	100 —	161
Après 12 jours, pour les gros —	34 —	91
— pour les petits —	125 —	213
Après 18 jours, pour les gros —	34 —	91
— pour les petits —	126 —	216
Après 30 jours, pour les gros —	34 —	91
— pour les petits —	127 —	218

g) *Proportion de glomérules germés par kilogramme.* — Après 6 jours on a :

$$\frac{31 \times 1000}{4,173} = 7.427 \text{ gros glomérules germés}$$

$$\text{et } \frac{100 \times 1000}{4,173} = 23.960 \text{ petits glomérules germés.}$$

Soit en tout : **31.387** glomérules germés par kilog. après six jours.

On calcule de même avec les chiffres correspondants pour obtenir après douze, dix-huit et trente jours.

h) *Glomérules germés pour 100 glomérules ou pouvoir germinatif.* — Après six jours on a :

$$\frac{31 \times 100}{40} = 77,5 \text{ gros glomérules germés pour 100 gros après six jours,}$$

$$\text{et } \frac{100 \times 100}{168} = 59,5 \text{ petits glomérules germés pour 100 petits après six jours.}$$

On détermine ensuite la moyenne proportionnelle pour connaître le nombre de glomérules germés sur 100 sans distinction de gros ni de petits.

$$\left(\frac{31 \times 100}{208} \right) + \left(\frac{100 \times 100}{208} \right) = 63,3 \text{ glomérules germés pour 100 après six jours.}$$

Ces calculs répétés pour les autres dénombrements donnent le pouvoir germinatif après six, douze, dix-huit et trente jours.

i) *Germes fournis par 100 glomérules.* — Après 6 jours on a :

$$\frac{73 \times 100}{40} = \mathbf{182,5}$$
 germes fournis pour 100 gros glomérules

$$\text{et } \frac{161 \times 100}{168} = \mathbf{95,9}$$
 germes fournis pour 100 petits glomérules

Moyenne proportionnelle = $\left(\frac{73 \times 100}{208}\right) + \left(\frac{161 \times 100}{208}\right) = \mathbf{112}$ germes pour 100 glomérules.

On calcule de même pour les chiffres après douze, dix-huit et trente jours. Le nombre de germes apparus dans les six premiers jours de la germination est nommé : *énergie germinative*. Ceux des autres dates correspondent à la *faculté germinative*.

k) *Germes par kilo de glomérules.* — Après six jours on a eu :

$$\frac{73 \times 1000}{4,173} = \mathbf{17.490}$$
 germes produits par les gros glomérules

$$\text{et } \frac{168 \times 1000}{4,173} = \mathbf{40.252}$$
 germes produits par les petits glomérules.

Soit au total **57.742** germes par kilog, après 6 jours.

On compte de même après douze, dix-huit et trente jours.

l) *Valeur culturale.* — On nomme ainsi la proportion de semences pures capables de germer. On connaît déjà la quantité de semences capables de germer sur 100 glomérules ; ce chiffre ne tient pas compte des impuretés. La valeur culturale donnera le nombre exact en tenant compte de ces impuretés.

Elle sera donc déterminée par la formule :

Valeur culturale =

$$\frac{\text{Nombre de graines germant pour 100 glomérules} \times \text{quotient de pureté.}}{100}$$

Reprenons notre exemple :

Le quotient de pureté est de : 98,148 ;

Le nombre des graines germées est de : 63,3 après six jours ;

$$\text{La valeur culturale après six jours} = \frac{98,148 \times 63,3}{100} = \mathbf{62,12}.$$

On calculera de même après douze, dix-huit et trente jours.

Le chiffre de la valeur culturale devra toujours figurer dans le bulletin,

car avec le nombre de glomérules germés par kilogramme on a deux critères résumant tous les résultats.

Tous ces chiffres fournissent des renseignements pour la critique de la graine ; on pourra cependant, pour abréger le travail, ne faire que les calculs suivants relatifs à l'essai de germination :

1^o Proportion de glomérules germés par kilogramme, après douze et trente jours ;

2^o Glomérules germés pour 100 glomérules ou pouvoir germinatif, après six, douze et trente jours.

3^o Germes fournis pour 100 glomérules, après six, douze, dix-huit et trente jours ;

4^o Valeur culturale après douze et trente jours.

46. Normes. — Les résultats de l'analyse obtenus, on doit d'après leurs chiffres respectifs déterminer la qualité de la graine. Cette détermination se fait en comparant les chiffres obtenus avec ceux fixant les minimums à exiger d'une bonne semence, et au-dessous desquels la marchandise peut être refusée. Ces minimums sont appelés communément : *normes*.

Il peut se faire que des graines se trouvent exactement à la limite ou très près ; on ne peut, étant donné les petits écarts inévitables entre différents essais, classer ces graines d'une façon indiscutable, sans admettre certaines latitudes, variables pour les différentes déterminations faites.

Dans les différents pays qui s'occupent de la culture betteravière, les laboratoires officiels et les spécialistes ont déterminé des normes et des latitudes en prenant les moyennes et écarts moyens d'analyses de graines normales faites durant plusieurs années. Ces moyennes et les écarts moyens ainsi obtenus ont été ensuite déclarés normes et latitudes officielles par les associations professionnelles intéressées du pays où ils avaient été déterminés.

Comme les méthodes d'analyses varient avec les différents laboratoires, ce qui est une des causes des discordances relevées entre les analyses d'une même graine effectuées par différents opérateurs, il en est résulté que les moyennes n'ont pas été partout les mêmes et que, comme conséquence, les normes et latitudes officielles varient avec chaque pays et parfois même entre les stations ou laboratoires d'un même pays. Dans le tableau suivant nous récapitulons les différentes normes en vigueur ainsi que quelques moyennes données par différents spécialistes.

N ^o d'ordre		Humidité		Impuretés		Nombre de glomérules germés par kilogramme		Nombre de glomérules germés par kilogramme	
		normes	latitudes	normes	latitudes	normes	latitudes	normes	latitudes
1	Syndicat des fabricants de sucre de France, normes adoptées par la Chambre syndicale le 4 janvier 1895.	15 ‰		3 ‰					
2	Normes de Vienne établies par la <i>Samen controlstation</i> et proposées par M. V. Weinzierl au 3 ^e Congrès de chimie appliquée à Vienne 1898.	15 ‰	2 ‰	3 ‰	1 ‰	On admet que 1 k. de glomérules sains et séchés à l'air renferme en moyenne 40.600 glomérules.			
3	Normes de Magdebourg révisées.	14 ‰	3 ‰	3 ‰	2 ‰				
4	Usances de Prague fixées par le Conseil du commerce à Prague le 6 juillet 1896.	15 ‰	3 ‰	3 ‰	1 ‰				
5	Normes belges adoptées par la Société chimique et technique de sucrerie de Belgique le 30 septembre 1896.	14 ‰	3 ‰	3 ‰	2 ‰	chiffre maximum 55.000	15.000		
6	Moyennes de M. Waulin, Société technique et chimique de sucrerie de Belgique, séance du 29 avril 1896.	15 ‰		3 ‰		grosses graines 40.000 moyenn. graines 50.000 petites graines 60.000			
7	Moyennes du Dr Märker, station d'essai des semences de Halle-sur-Saale.	15 ‰		3 ‰					
8	Moyennes de M. le Dr Bretfeld.	14 ‰		4 ‰				à grands agrégats, 39.000 à petits agrégats, 53.000	35 à 41.000 51 à 56.000
9	Chiffres proposés par M. Beaudet.	15 ‰	2 ‰					35.000	
10	Moyennes de la station fédérale d'essais de semences à Zurich (1876-1897).			2.3					
11	Normes de la station d'essais des semences de l'Institut national agronomique à Paris.	15 ‰		3					
12	Normes polonaises	14 ‰	3	3	5				

et moyennes

Glomérules germés p. 100 glomérules		Germe par 100 glomérules		Germe par kilogramme de glomérules		Valeur culturale
normes	latitudes	normes	latitudes	normes	latitudes	
Il est admis qu'après 15 jours de germination il peut y avoir au maximum, pour les gros, 20 graines n'ayant pas germé, et 30 pour les petits.		150 germes par 100 grains gros. 130 germes par 100 grains petits.		50 à 70.000		
80	4	après 6 jours au moins 125 germes après 12 jours au moins 150 germes	10 germes.	1 kil. de glomérules sains et séchés à l'air doit donner au moins 70.000 germes.	1.200	
75				en 6 jours au moins 46.000 en 12 jours au moins 70.000		
70 glomérules au moins doivent germer en 6 jours 80 glomérules au moins doivent germer en 11 jours	5 graines 4 graines.	en 6 jours au moins 95 germes en 14 jours au moins 150 germes	7 germes. 10 germes.			
75				70.000		
grosses graines, 80 moyennes graines, 75 petites graines, 70				70.000		
80 %		après 5 jours 100 germes. après 7 jours 125 germes. après 15 jours 150 germes.		70.000		
pour les grands agrégats 79 pour les petits agrégats 70		pr grands agrégats 150 germes pour petits agrégats 133 germes		semence à grands agrégats, 50.000 semence à petits agrégats, 60.000		
70						
61		154				
70 glomérules germés pour petites graines. 80 glomérules germés pour grosses graines.		130 germes pour petites graines 150 germes pour grosses graines		70.000		77.6
75	3			en 6 jours 46.000 en 12 jours 70.000		

2° Observations relatives au tableau précédent. — Dispositions spéciales.

(Les numéros se rapportent aux numéros d'ordre du tableau pages 136 et 137).

1. Les grosses graines sont celles dont le nombre ne dépasse pas 45 par gramme. Les petites graines, celles dont le nombre dépassera 45 au gramme.

La proportion des montées à graines ne dépassera pas 5 p. 100 des betteraves à récolter.

2. Si les graines renferment plus de 4 p. 100 d'impuretés et plus de 17 p. 100 d'humidité, ou que 100 glomérules, après 12 jours, donnent moins de 140 germes, ou encore que 1 kilogr. de glomérules donne moins de 68.800 germes, la semence est refusable.

Si la graine, sans être bonne, reste dans les limites permises par les latitudes, l'acheteur peut exiger une bonification qui sera calculée d'après les résultats de l'analyse.

3. Si les taux d'humidité ou d'impuretés se trouvent compris dans les latitudes, il y aura lieu de faire une réfaction proportionnelle pour chacun des dosages.

4. La graine ne doit pas être un mélange de plusieurs années et être bien de la variété convenue. Il y a lieu à bonification si les taux d'humidité et d'impuretés se trouvent dans les latitudes. Si 100 graines ne donnent que 88 à 95 germes en 6 jours, le poids des graines est réduit de 0,33 p. 100 pour chaque graine en dessous de 95.

Si 100 graines ne donnent en 14 jours que 140 à 150 germes, on déduit du poids des graines 0,66 p. 100 par germe en dessous de 150.

De 65 à 70 graines germant sur 100 en 6 jours, on déduit 0,5 p. 100 du poids pour chaque graine non germée en dessous de 70.

De 76 à 80 graines germant sur 100 en 14 jours, on déduit 1 p. 100 du poids pour chaque graine non germée en dessous de 80.

Les chimistes et stations de contrôle habitant la Bohême ont seuls qualité pour faire les essais de graines.

5. Il sera fait une diminution de poids de 1 p. 100 par 1/2 p. 100 d'eau en plus des 14 p. 100. Les 1/10 seront comptés en 1/2 p. 100 supérieur. Au dessus de 17 p. 100 les graines pourront être refusées.

Il sera fait une diminution de poids de 1 p. 100 par 1/2 p. 100 d'impuretés en plus de 3 p. 100. Les 1/10 seront comptés en 1/2 p. 100 supérieur. Au dessus de 5 p. 100 les graines pourront être refusées.

De 55.000 à 70.000 graines, il sera fait une diminution de poids de 1/2 p. 100 par 1000 graines ou fraction de 1000 graines en plus de 55.000. Au dessus de 70.000, les graines pourront être refusées.

Si les chiffres de 75 p. 100 de graines germées et 70.000 germes au kilo ne sont pas atteints, la marchandise pourra être refusée.

Les chimistes devront habiter la Belgique ; on pourra éventuellement prendre le laboratoire central des fabricants de sucre allemands.

6, 7, 8, 9 et 10. Pas d'observations.

11. L'énergie germinative doit être telle qu'après 5 jours, les deux tiers au moins des bonnes semences aient germé.

12. Les chiffres inférieurs appartiennent aux normes. Les chiffres supérieurs donnent droit à des dommages et intérêts.

Il peut exister encore d'autres conditions dans les ventes de graines. C'est ainsi que certains contrats hongrois portent une clause tout à fait particulière, aux termes de laquelle si, pendant le courant de la végétation, une maladie vient à atteindre la betterave, le producteur qui aura livré la graine sera sujet à rapport ou même à dommages et intérêts.

Nous considérons cette clause comme absolument inacceptable, car, s'il est indéniable que la graine peut servir d'agent convoyeur à des germes cryptogames, il est non moins indéniable que pour l'éclosion des maladies et leur développement au point de causer des dégâts, les circonstances climatiques ont une influence considérable. D'ailleurs, le sol lui-même peut être contaminé ; c'est même là le cas le plus général.

Au reste, en supposant que le seul coupable soit la graine, le cultivateur de betterave ne peut mettre le producteur grainier en demeure de combattre victorieusement sur ses porte-graines une maladie qu'il ne sait lui-même guérir quand elle s'attaque à ses cultures. Que l'on fasse une réfaction sur le prix d'achat, en raison du nombre des germes malades constatés à l'analyse, on peut encore l'admettre quoique la question ne soit pas assez étudiée et qu'il soit possible, même probable, que la nature de la couche germinative influence cette production de germes malades.

CHAPITRE IV

PRODUCTION DE LA GRAINE DE BETTERAVE

§ 1

GENÈSE DES VARIÉTÉS DE BETTERAVES

47. Théorie de la descendance (1). — La théorie de la descendance consiste à supposer que les formes végétales les plus diverses ont entre elles les mêmes rapports que les variétés d'une même forme originelle ont entre elles et cette forme primitive; elle regarde la variation par voie de reproduction comme la cause de toutes les différences qui existent entre les plantes, et l'hérédité des caractères des variétés comme la cause de toutes les ressemblances que l'on remarque même entre les plantes les plus éloignées. D'après cette théorie, ce qui généralement est désigné, dans un sens purement métaphorique, sous le nom de parenté des formes végétales, est par conséquent une parenté véritable, une consanguinité aux degrés les plus divers, due à ce fait, que toutes les plantes d'une même classe seraient issues d'une même souche primitive que Darwin a appelée l'*archétype*.

La théorie de la descendance ne présuppose que deux choses : 1^o la variation avec l'hérédité ; 2^o le combat pour la vie, qui ne laisse subsister que les formes suffisamment armées pour la lutte ; ces deux hypothèses sont appuyées sur un nombre considérable de faits.

La théorie de la descendance s'applique aussi bien au règne végétal qu'au règne animal et, si elle eut des précurseurs tels que Richard Owen, avec son système mixte de l'*évolution prédestinée*, Gœthe, qui émit sur la nature organique quelques idées plus profondes que celles de ses contemporains, mais fort obscures, etc., elle ne prend véritablement son origine qu'à notre grand zoologiste Lamarck, qui, dans son œuvre capitale (2), formula cette loi le premier et, dès 1804, émit nettement toutes les propositions

(1) Lire à ce sujet : Darwin. *Origine des espèces*, 1896. O. Schmidt. *Descendance et Darwinisme. Biblioth. Sc. Int.*, 1889. — Saporta et Marion. *L'évolution du règne végétal. Biblioth. Sc. Int.*, 1885. — Sachs. *Traité de botanique*.

(2) Lamarck. *Philosophie zoologique*. Paris, 1806.

que Darwin devait plus tard reprendre et établir sur des bases plus solides (1).

L'apparition des nombreuses variétés de betteraves que nous avons décrites n'est qu'un cas particulier de la théorie de la descendance, ou plutôt un des faits, parmi des milliers d'autres, qui justifient ou servent de point d'appui à cette théorie ; Nous essayerons dans les lignes qui vont suivre, d'établir la filiation des faits qui peuvent guider l'éleveur grainier dans son délicat et long travail d'amélioration.

48. Genres. Espèces. Variétés. — Considérée au point de vue de la théorie de la descendance, la classification naturelle des plantes représente les relations actuelles de parenté, c'est-à-dire de généalogie des végétaux.

Une famille embrasse tous les genres qui sont descendus, par variation, d'un type plus ancien ; la forme primitive d'une classe, la souche originelle d'un groupe tout entier appartiennent à un passé plus reculé encore ; enfin il a dû y avoir un temps où une première plante, placée à l'origine de la série des développements du règne végétal, a été le type primordial d'où sont descendues par variation toutes les formes ultérieures (2). Un genre se compose de toutes les espèces, issues d'une souche et qui, dans le cours des temps, se sont différenciées. Une espèce se compose de toutes les variétés qui sortent d'une forme originelle.

Nous voici donc amenés à parler de la variation. En général, les propriétés des plantes se transmettent à leur descendance ; elles sont ou deviennent héréditaires. Mais, en dehors de ces propriétés héréditaires, il peut se faire que, chez quelques-uns ou chez un grand nombre de descendants d'une plante, apparaisse spontanément un ou plusieurs caractères non encore aperçus chez les ascendants. Ces propriétés nouvelles ne sont parfois qu'individuelles, c'est-à-dire qu'elles ne se transmettent pas ; tel était par exemple le cas du *Robinia* sans épines que Descemet (3) obtint en 1803 dans un semis de *Robinia pseudo-acacia* ; tel doit être souvent aussi le cas pour la betterave. Dans d'autres cas au contraire, la propriété nouvelle est héréditaire ; ordinairement, il est vrai, la transmission ne s'en opère que fort imparfaitement et le caractère ne se maintient que chez un nombre plus ou moins grand des descendants du nouveau type ; c'est même là le cas le plus général.

Mais, quand une propriété nouvelle se transmet ainsi aux générations

(1) Darwin, édit. angl. *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of avoured races in the struggle for life*. London, 1859. Édit. franç. *De l'origine des espèces*, 1876.

(2) Sachs. *Traité de botanique*, p. 1107.

(3) Voir Chevreul. *Ann. des Sc. Nat.*, 6, 157, 1846.

successives, le nombre des individus qui reviennent à la forme primitive va en diminuant de génération en génération, si du moins les circonstances extérieures ne viennent pas empêcher cette transmission, car d'après de Vries (1), en même temps qu'une question de sélection il peut y avoir une question de nutrition, en d'autres termes la transmissibilité du caractère nouveau va en augmentant ; ce caractère devient donc de plus en plus constant et arrive enfin, à avoir la fixité des caractères de la forme souche. Le nouveau type végétal ainsi créé est une variété.

Un seul et même type primitif peut produire par variation individuelle un nombre plus ou moins grand de variétés, parfois même un nombre très considérable. La tendance à varier est d'ailleurs fort inégale chez les plantes ; parfois nulle, elle peut au contraire, chez d'autres espèces, être très prononcée ; la betterave peut être considérée comme ayant cette faculté à un degré très développé ; il en est de même pour quelques céréales, particulièrement pour quelques *Triticum* ; le seigle au contraire est remarquable par la grande constance de ses caractères.

49. Production et conservation des variétés. Influence des causes extérieures. — Sous l'influence de diverses circonstances : nutrition appauvrie ou surabondante ; variations excessives de température ; pénurie de radiations lumineuses, etc., les divers exemplaires d'une même plante se distinguent d'une manière frappante par la grandeur et le nombre des feuilles, des branches, des fleurs et des fruits. C'est ce qu'a observé, entre autres, Hugo de Vries (*loc. cit.*) à propos du pavot polycéphale ; c'est aussi ce qu'a fait voir G. Bonnier (2) à propos de la reproduction des caractères alpins des plantes sous l'influence de l'alternance de températures extrêmes. Mais ces changements ne peuvent être le caractère de variétés nouvelles ; ils ne sont pas héréditaires ; les descendants de pareils individus reprennent leur façon d'être dès qu'ils sont soumis à des conditions normales.

Les propriétés qui sont capables de se transmettre, et de caractériser de nouvelles variétés, apparaissent toujours indépendamment de l'action immédiate du sol, du climat, etc., et en général de toutes les influences extérieures. Elles apparaissent tout à coup, spontanément, dans un sens indéterminé. Dans les mêmes conditions de culture, on voit la même forme primitive engendrer simultanément les raretés les plus dissimilables ; et c'est précisément parce que les véritables variations sont, à un si haut degré, indépendantes des influences extérieures qu'elles sont héréditaires.

(1) De Vries. *Nutrition et sélection*, broch. 1899.

(2) *C. R.* 127, 307, 1898.

Cette indépendance pourtant, considérée à un autre point de vue, n'est que relative. Les influences extérieures paraissent causer un ébranlement, une impulsion insensible dans l'évolution du végétal, ébranlement qui se traduit brusquement par une ou plusieurs variations héréditaires. On a une démonstration bien nette de ce fait si on examine ce qui se passe lorsqu'on entreprend la culture des plantes sauvages. Ces plantes, qui normalement n'ont qu'une tendance extrêmement faible à varier, commencent dès lors à former abondamment des variétés héréditaires.

Au reste, la conservation des variétés dépend dans une large mesure des influences extérieures. Une variété, une fois créée, ne peut subsister que si la station où elle est née ou transportée lui offre toutes les conditions de végétation qui lui sont nécessaires ; autrement elle disparaît.

50. Influence de l'hybridation ou du croisement entre individus de même espèce sur la formation des variétés. — On sait qu'il peut exister différentes catégories d'hybrides ; suivant que les deux plantes qui se fécondent appartiennent à 2 variétés différentes d'une même espèce, à 2 espèces différentes d'un même genre, à 2 genres d'une même famille, on peut obtenir des hybrides de variétés, d'espèces ou de genres.

Chez la betterave, il faut surtout considérer les hybrides de variétés ; cette plante a la faculté de les former développée à un très haut degré. Par l'ensemble de leurs caractères, les hybrides se montrent intermédiaires entre les deux formes productrices. Le plus souvent ils réalisent une moyenne entre les deux ; plus rarement ils se montrent plus rapprochés de l'une des deux formes qui leur ont donné naissance. Ce dernier cas se remarque plutôt, cependant, chez les hybrides de variétés que chez les hybrides d'espèces.

Mais la betterave n'a pas seulement la faculté de combiner deux cellules sexuelles appartenant à deux variétés différentes ; par suite de la longue période de floraison de cette plante et de sa dichogamie, le cas général de la fécondation est même réalisé par l'union des cellules sexuées d'individus de la même variété ; dans ce cas il y a simple croisement qui peut cependant être regardé comme une sorte d'hybridation.

Les hybrides sont généralement fort enclins à former des variétés. L'hybride réunit en lui deux natures héréditaires, et il en résulte une impulsion à produire de nouvelles propriétés qui, à leur tour, pourront être plus ou moins transmissibles. L'hybridité est donc, pour les plantes, un puissant levier qui ébranle la constance des caractères héréditaires et tire, de 2 formes, un grand nombre de variétés.

51. Variation par bourgeons ou variation gemmaire. — La

plupart des variétés héréditaires prennent naissance par voie de reproduction sexuée. Mais il arrive cependant aussi que certains bourgeons se développent autrement que les autres pousses du même individu et il faut distinguer ici deux cas qui ont une signification propre très différente. Tantôt une plante appartenant à une variété donne des pousses aberrantes ressemblant à la forme primitive ; il ne s'agit donc pas ici de production d'une nouvelle forme mais bien de la destruction d'une variété déjà produite. Tantôt au contraire on voit apparaître sur certaines pousses de la plante des caractères entièrement nouveaux, non encore aperçus dans le cours des générations.

Chez la betterave, la variation gemmaire est extrêmement fréquente. Il n'est pas rare de voir un même porte-graine donner des tiges florifères dont chacune porte des feuilles de formes différentes. Si ce fait bien observé peut être un levier puissant au point de vue de l'amélioration des variétés betteravières, il n'en est pas moins vrai qu'il vient compliquer fortement les opérations lorsqu'on veut opérer par bouturage ou par greffe. C'est même l'une des raisons qui nous font maintenant douter de la valeur pratique — non de la valeur scientifique — de ces méthodes qui, il y a quelques années encore, nous paraissaient très sûres.

52. Variation par boutures. — On croit généralement que la reproduction par boutures conserve à la descendance insexuée d'une plante l'individualité de la forme type. C'est évidemment là le cas général, si l'on ne veut considérer que les boutures en elles-mêmes ; mais lorsque l'on étudie la descendance sexuée de ces boutures on remarque que la tendance à varier est très souvent augmentée. Au reste rien d'extraordinaire à ce que cette opération du bouturage soit la cause d'un ébranlement, d'une impulsion à produire de nouvelles propriétés ; on sait en effet que toute plante qui se reproduit sans l'intervention d'un acte sexuel, c'est-à-dire, pour employer le terme propre, par des boutures, ne cède aux rejets issus de son individualité qu'une activité physiologique sensiblement inférieure à son activité primitive. Pourquoi l'héritage n'est-il pas intact ? Nous n'en savons rien ; la cause nous échappe, mais le fait est indéniable. Les espèces qu'on ne reproduit pas par graines deviennent rapidement moins résistantes, plus disposées à l'invasion des parasites et elles succombent plus facilement.

C'est encore là un fait qui nous fait maintenant douter de la valeur de la reproduction des betteraves par bouturage. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir explicitement sur ce sujet.

53. Variation par greffes. — Jusqu'ici, de même que le bouturage, la greffe a été considérée comme l'un des moyens certains de fixation et de

conservation des variétés. En réalité, le greffon et le sujet greffé s'influencent réciproquement et ce phénomène provoque souvent des variations qui, d'après Daniel, sont susceptibles de transmission héréditaire.

L'influence du sujet sur le greffon est indéniable ; tous les jours nous pouvons observer des faits de ce genre dans les fruitiers. Il produit même parfois des modifications spéciales qui affectent non seulement la vigueur du greffon, mais encore la forme et la saveur des fruits.

L'influence du greffon sur le sujet a été moins souvent mise en évidence ; elle est pourtant hors de doute.

M. Gain compare cette influence réciproque des 2 parties d'une greffe à un phénomène de télégonie ; il y aurait donc là une sorte d'hybridation asexuelle, résultant de la fusion des plasmas cellulaires du sujet et du greffon et comparable jusqu'à un certain point à l'hybridation naturelle dont elle affecte l'allure générale par l'inégalité de ses effets, suivant les plantes considérées.

En ce qui concerne l'hérédité des caractères acquis, les expériences de Daniel sont très nettes. Elles ont démontré que les variations de nutrition générale sont transmises dès la première génération, contrairement aux affirmations de Darwin. De plus, non seulement l'action du greffon se manifeste directement sur les sujets greffés eux-mêmes, mais elle peut produire une réaction indirecte sur les éléments reproducteurs ; à la suite d'un semis de graines fournies par des plantes greffées, par exemple, on peut voir apparaître dans les nouvelles plantes, des caractères nouveaux intermédiaires ou non entre ceux propres aux variétés greffées entre elles.

Contrairement aux idées admises jusqu'à présent, la greffe pourrait donc être considérée comme un puissant moyen de modification et de perfectionnement des espèces végétales. Au point de vue de la betterave particulièrement, la question mérite d'être approfondie et soigneusement étudiée.

54. Influence de la succession des générations sur les variétés. — Les variétés divergent le plus souvent de plus en plus dans le cours des générations. A l'origine la différence qui existe, entre une variété nouvellement produite et la souche dont elle émane, est le plus généralement assez faible et n'intéresse que quelques caractères. Mais la variété peut à son tour varier elle-même dans sa descendance ; les nouveaux caractères peuvent s'accuser davantage et des propriétés nouvelles peuvent venir s'y ajouter. De la sorte, la différence qui existe entre la forme originelle et sa variété ou entre deux variétés du même type, va toujours en croissant, et, si la transmissibilité des propriétés nouvelles augmente en même temps que cette différence s'accuse, la variété se

trouve finalement si éloignée de la forme primitive que leur communauté d'origine ne peut plus être démontrée si ce n'est en remontant dans l'histoire ou en étudiant les formes de transition qu'elles peuvent présenter.

C'est ce qu'on observe pour un grand nombre de plantes cultivées, chez les betteraves actuelles par exemple, dont la forme originelle peut se rattacher à quelques espèces sauvages encore existantes et particulièrement à la *Beta vulgaris*.

55. Causes du développement progressif des variétés. — Toute plante, soit cultivée, soit sauvage, a une tendance à varier ; mais, dans ce dernier cas, les conditions auxquelles sont soumises les variétés sont très différentes. A tout instant de son existence, la plante sauvage est menacée par des influences diverses : intempéries, animaux, plantes voisines, etc., et seuls les individus les plus capables de résister à ces influences nuisibles subsistent. C'est pour cela que les propriétés des plantes sauvages, toutes celles au moins qui ne sont pas de nature purement morphologique, ont toujours une relation bien déterminée avec les conditions où ces plantes vivent. Les formes et les autres propriétés des organes tendent essentiellement à assurer l'existence de la plante dans les conditions locales de leur patrie et de leur station ; les variétés et les espèces qui ne sont pas armées pour la lutte périssent sans retour.

Ce combat pour la vie agit, par conséquent, comme un choix particulièrement soigneux des individus destinés à la reproduction. C'est la *sélection naturelle*, qui, au moyen des actions et réactions inconscientes de la plante et du milieu, détermine les dispositions organiques les plus utiles et les mieux appropriées à la conservation des individus dans des conditions locales déterminées.

Chez les plantes cultivées, les choses ne se passent plus de la même façon ; la tendance à varier, d'abord, est ici beaucoup plus marquée et, de plus, il faut encore tenir compte de la sélection naturelle due aux influences de milieu que l'homme ne peut entièrement régler à son gré ; il convient aussi de mettre en lumière un autre facteur. Cet autre facteur est la sélection artificielle, inconsciente ou voulue, au moyen de laquelle l'homme cherche à tirer parti des variétés produites d'une manière spontanée, ou même provoquée, par les plantes cultivées. Instinctivement ou d'une façon raisonnée, nous ne prenons parmi ces variétés, pour les soumettre à une culture ultérieure, que celles qui se trouvent présenter à un plus haut degré une propriété utile.

Il en résulte, comme Darwin l'a signalé le premier, que les propriétés des diverses variétés issues d'une même souche cultivée, présentent toujours une frappante et remarquable relation avec le but que l'homme se propose en cultivant la plante considérée.

C'est le cas, et à un très haut degré, pour les diverses variétés de betteraves qui diffèrent très peu par la forme des fleurs et déjà un peu plus dans les feuilles, suivant qu'on les cultive dans les jardins comme plantes ornementales ou dans les champs comme produit agricole. Dans ce dernier cas, elles s'éloignent les unes des autres par la grosseur, la forme et la teneur en sucre de leurs racines, propriétés qui les rendent préférables, tantôt comme fourrage, tantôt comme matière première pour la fabrication du sucre et de l'alcool.

56. Amélioration des variétés betteravières. — De tout ce que nous venons de dire découlent nettement les précautions à prendre lorsqu'on veut améliorer les races betteravières. Pour nous résumer, nous ne pouvons mieux faire que de citer ces belles lignes de M. de Vilmorin (1) :

« Tout individu nouveau, issu d'un individu précédent ou d'un couple, possède en lui deux tendances bien distinctes : l'une le porte à reproduire les caractères de la race à laquelle il appartient : c'est l'hérédité ; l'autre, c'est la tendance à la variation individuelle ou idiosyncrasie, qui le sollicite à présenter, dans les limites de variation qui appartiennent à son espèce, des détails de caractères spéciaux et personnels.

Mais l'hérédité, que nous avons d'abord considérée comme une force simple, est en réalité un faisceau de forces extrêmement multiples. Elle se compose en effet de la somme des attractions qui tendent à amener l'individu à ressembler à tous ses ascendants directs, tant éloignés qu'immediats.

A ce point de vue, et toujours pour simplifier, on peut diviser l'hérédité en deux tendances plus ou moins divergentes : d'un côté, la tendance à ressembler à l'ascendant direct, à la plante ou à l'animal d'où procède immédiatement l'individu que l'on considère, — c'est l'hérédité directe. L'autre est la tendance à ressembler à l'ensemble des ascendants, à reproduire le type de la race ; c'est ce qu'on est convenu d'appeler atavisme.

Si les caractères de l'ascendant immédiat sont de tous points conformes à ceux de la collection des ancêtres, les deux forces héréditaires agiront de concert, et l'individu nouveau n'aura d'autre motif de différer de sa race que l'appel, toujours présent mais rarement puissant, de la tendance à la variation individuelle.

Mais si, au contraire, l'auteur même de l'individu observé a différé, dans un caractère bien appréciable, de l'ensemble de la race, l'hérédité directe et l'atavisme vont entrer en conflit. Comment ? Dans quelles conditions ?

(1) Henry L. de Vilmorin. *De la sélection des betteraves à sucre. Bl. sucr. et dist.*, 8, 493, 1891.

Avec quel succès? L'expérience seule peut le dire, car le problème est aussi complexe que la vie elle-même.

Voici ce que l'observation a montré, et ce qu'on peut considérer comme acquis.

L'hérédité directe est la force la plus puissante : rien ne sollicite le nouvel individu aussi efficacement que la force qui le porte à ressembler à son auteur immédiat. Mais si cette force est prédominante, au point de contact pour ainsi dire, l'action s'en atténue très rapidement. Si quelques individus y ont échappé à la première génération, ils n'en ressentent pour ainsi dire plus l'effet à la suivante.

L'atavisme, au contraire, lentement constitué par l'accumulation des tendances dont la résultante le compose, peut bien être masqué temporairement par une force distincte, mais il se conserve fort permanent, et décroissant à peine en intensité avec les générations ; il se retrouve prêt à reprendre le dessus dès qu'il y a une défaillance dans l'action de l'hérédité directe. C'est ce qui explique la permanence des caractères dans les plantes spontanées où l'atavisme trouve toujours son heure pour triompher des variations accidentelles et la nécessité d'une vigilance constante dans la propagation des races cultivées, où l'homme maintient contre les retours de l'atavisme, des caractères tirés des variations individuelles observées, propagées, et, dans une certaine mesure, fixées par son action.

Quels sont donc les points tout à fait capitaux, quand on entend modifier par sélection une race vivante quelconque ?

C'est, en s'appuyant sur le jeu de l'hérédité :

1^o De déterminer d'une part quels sont les caractères dont il faut attendre ou provoquer l'apparition pour en faire l'attribut distinctif de la race à créer ;

2^o De discerner, parmi les individus doués des caractères cherchés, ceux qui sont capables de les transmettre le plus fidèlement à leur descendance. Ce second point, le bon sens l'indique, est tout aussi important que le premier lorsqu'il s'agit de la constitution d'une race. Or, ce second point, un seul procédé donne sûrement le moyen de l'atteindre, c'est le procédé *généalogique*.

J'appelle ainsi celui qui consiste à apprécier les divers reproducteurs, et pour parler plus au fait, les diverses betteraves isolément et individuellement, à récolter séparément les graines produites par chacune, et à déterminer par l'expérience directe la faculté de transmission dont chacune jouit en propre. Lorsque les graines, point de départ de la race nouvelle, ont fait leurs preuves d'aptitude à la transmission des caractères, on peut travailler à coup sûr, et l'édifice de l'amélioration s'appuie sur une base solide ».

Cette méthode généalogique créée par Vilmorin est assurément beau-

coup plus scientifique que la méthode ordinaire, qui consiste à sélectionner en masse tous les sujets possédant une richesse saccharine donnée, sans tenir compte de leur aptitude de transmission. Il ne faut pourtant pas oublier que dans la grande pratique, le côté purement scientifique de cette question ne saurait se concilier entièrement avec le côté industriel ou commercial ; les producteurs grainiers ne peuvent livrer de la graine provenant de sujets sélectionnés ; comme nous le verrons tout à l'heure, ils sont obligés de passer par une génération intermédiaire, le planchon, et si nous examinons parallèlement les deux méthodes considérées, le défaut capital de la méthode généalogique saute immédiatement aux yeux. En effet, avec cette méthode, on sépare par sélection les sujets exceptionnels qui servent de tête de famille et c'est dans ces familles que l'on opère une nouvelle sélection qui donne d'un côté de nouvelles têtes de famille et d'un autre côté des sujets desquels proviendra, par l'intermédiaire du planchon, la graine du commerce. Cette graine possède donc ici, comme ascendants directs, des sujets d'une catégorie inférieure ; tandis que dans la méthode ordinaire — appliquée comme elle doit l'être, s'entend, ce qui n'est pas toujours le cas — cette graine a pour ascendants directs les sujets exceptionnels.

Quoi qu'il en soit, et pour en terminer avec ces considérations principalement théoriques, nous voulons insister sur quelques points essentiels, dont tout éleveur doit tenir compte dans l'amélioration des variétés qu'il considère, et qui ressortent d'ailleurs de tout ce que nous venons de dire ; nous voulons parler des causes de dégénérescence et d'abatardissement, et, tout d'abord, de la montée en graine des betteraves, la première année de leur végétation. Comme tout le monde le sait, ce phénomène affecte très souvent la betterave au cours de la première année de sa plantation, mais tout en ne s'observant, dans les diverses parcelles que l'on examine, que sur d'assez rares sujets. Parfois, cependant, la proportion des betteraves montant à graine est beaucoup plus forte et peut osciller jusqu'à 5, 10, 15 et même 20 0/0 de la quantité totale.

Ces betteraves aberrantes sont évidemment l'indice d'une variation de l'espèce ou de la variété considérée, mais au sens vrai du mot il n'y a pas formation d'une nouvelle variété ; au contraire, ces racines ressemblent et font retour au type primitif qui était annuel. Les causes qui déterminent cette réaction sont encore assez peu définies, et, dans la pratique, il convient de réserver son opinion, surtout si, par exemple, la constatation d'un grand nombre de montées dans un champ ensemencé avec la graine de tel ou tel producteur, donnait lieu à expertise.

Pourtant, on doit dire que la cause déterminante principale doit être, le plus souvent, rapportée à un choix défectueux des racines qui constituent l'ascendance de la graine incriminée. Une racine montée à graine, ou ayant

une tendance à la montée, donne fatalement des racines enclines, elles aussi, à monter à graine la première année. C'est là un fait bien connu qui a été observé, il y a longtemps déjà, par Knauer (1), W. Rimpau (2), de Schlansstedt (Prusse), en semant des graines provenant de betteraves ayant fleuri la première année ; ils ont observé dans les semis une proportion de sujets annuels variant de 30 à 93 0/0 ; Vivien (3) a constaté un cas où des graines de première année donnaient 99 0/0 de sujets montant à graine ; la semence recueillie sur ces derniers en donnait encore 98 0/0.

Le Lavandier (2), Desprez (4), Cserchati (5) ont fait des constatations dans le même sens, tandis que Briem (2), Lorenz (6), Zartier (7) ont obtenu des betteraves normales de ces graines spéciales.

Nous avons pu constater souvent des levées provenant de betteraves annuelles qui, tout en étant accidentelles, n'en sont pas moins concluantes. Ces germinations s'effectuaient dans des champs de porte-graines succédant à des betteraves ordinaires et chacune des betteraves les composant montait à graine dès les premiers stades de la végétation ; elles provenaient, sans aucun doute, des graines des betteraves aberrantes de l'année précédente qui s'étaient semées d'elles-mêmes et avaient conservé leurs propriétés germinatives malgré les rigueurs de l'hiver.

Au reste, il paraît probable que, même en supposant un choix très judicieux des sujets reproducteurs, toutes les betteraves ont en elles une tendance à donner des graines en première année, tendance atavique qui est annulée ou exaltée suivant les conditions extérieures.

On a longtemps admis qu'un semis trop hâtif, des gelées tardives, un temps froid, une sécheresse prolongée, des pluies excessives, sont autant de facteurs qui favorisent la montée.

L'année 1900 pendant laquelle on a subi des froids tardifs très rigoureux, mais pendant laquelle aussi on n'a observé qu'une proportion très faible de betteraves montées, est venue apporter un démenti à la croyance de l'influence de ces froids qui paraissait justifiée par les observations de Farsky.

Pour Rimpau, Haberlandt, Briem, Cserchati (8), l'époque du semis a une très grande importance ; Herzog (9) a montré que les expériences de Rimpau, qui avaient servi à démontrer cette influence, avaient été exé-

(1) Knauer, *La graine de betterave*, p. 50, 1885.

(2) *Blätter Zuckerrübenbau*, 1900, p. 57 et *Bl. suc. et dist.*, 18, p. 342, 1900.

(3) A. Vivien. *Traité de la fabrication du sucre*, p. 345, 1876.

(4) Desprez. *Betteraves dites annuelles. La betterave*, 1895, p. 107.

(5) *Blätter Zuckerrübenbau*, 1899, et *La betterave*, n° 214, p. 88.

(6) *Id.*

(7) Desprez. *Betteraves dites annuelles. La betterave*, 1895, n° 107.

(8) *Blätter Zuckerrübenbau*, 1899, et *La betterave*, n° 214, p. 88.

(9) *C. B. Zuckerind.*, 1900, p. 498 et *Bl. suc. et dist.*, 18, p. 695, 1901.

cutées dans des conditions éloignées de la pratique. Pour Herzog, la montée des betteraves serait favorisée par la richesse trop élevée du sol en matières azotées.

Juhlke, Rimpau, Hoffmann (1) n'ont pu démontrer l'influence de la profondeur d'enfouissement de la semence.

On voit qu'il n'est pas possible de rapporter la montée en graine des betteraves de première année à des causes bien déterminées ; celles-ci varient selon les circonstances, elles agissent seules ou simultanément.

Dans tous les cas, il n'en reste pas moins certain qu'au point de vue de l'élevage, il convient de supprimer de la reproduction tous les sujets ayant une tendance à monter, c'est-à-dire présentant le collet allongé et ligneux caractéristique (*collet chignon*) connu de tous ceux qui se sont occupés de la question.

L'attention du producteur de graines de betteraves doit aussi être attirée sur un autre facteur qui peut influencer notablement sur les résultats de son élevage : c'est l'hybridation de la variété cultivée par des pollens de variétés différentes. Comme nous l'avons dit, cette hybridation peut non seulement donner lieu à la formation de variétés nouvelles résultant du croisement, de la fusion de plasma cellulaires différents, mais encore elle détruit la fixité de la variété elle-même en lui donnant une plus grande tendance à varier. Effectuée dans un sens judicieux, l'hybridation peut être une bonne méthode de perfectionnement ; dans l'hypothèse contraire, elle peut être très nuisible ; en tout cas il paraît acquis qu'il ne faut pas cultiver à proximité l'une de l'autre, pour leur faire produire des graines, des variétés très dissemblables, par exemple la disette corne de bœuf et la Vilmorin améliorée. Toutefois, d'après quelques auteurs, il ne faut pas attacher trop d'importance à l'hybridation.

Le professeur N. Westermeier (2) entre autres met en doute l'influence prépondérante que l'on attribue à la dispersion du pollen par le vent pendant la floraison des betteraves mères, influence qui amènerait la dégénérescence des betteraves riches dont les porte-graines sont cultivés à proximité d'espèces moins riches.

Ayant divisé en deux sept betteraves-mères très riches, Westermeier planta 7 moitiés à l'écart de toute autre espèce, les 7 autres furent entremêlées de betteraves-mères ayant 5 0/0 de sucre en moins.

Les graines provenant de ces deux plantations, récoltées à part et semées en 1897 dans les mêmes conditions, fournirent des betteraves de richesse pratiquement identique.

Cet expérimentateur ne veut pas toutefois généraliser la conclusion de cette expérience, avant de la confirmer par de nouveaux essais.

(1) *Wochenschrift d. Centralvereins f. Rüben-Zuckerindustrie*, 1904, p. 195.

(2) *Voyez : Annuaire de la betterave*, 1899, p. 39.

La forme des racines doit aussi guider dans le choix des porte-graines et, en thèse générale, il faut s'abstenir de planter des sujets difformes et racineux. Il ne faut pourtant pas donner une portée excessive à ce principe et attribuer au choix des sujets racineux une influence qu'il n'a pas en réalité. La production de tels sujets est le plus souvent purement accidentelle et est due généralement à l'influence de la nature du sol qui, caillouteux ou mal préparé, ne permet pas à la betterave de se développer librement. Au sens réel du mot il n'y a pas formation de variétés nouvelles, mais bien de racines anormalement développées sous l'influence de conditions extérieures défavorables et nous savons que des propriétés acquises de cette façon, ne sont généralement pas héréditaires. Pourtant, ces racines anormales peuvent donner une descendance dont la tendance à varier soit exaltée et par conséquent doivent être proscrites de tout élevage sérieux.

Il nous paraît maintenant nécessaire d'examiner quelle peut être l'influence de la grosseur des racines reproductrices. Disons d'abord que, généralement, les producteurs de graines sélectionnent de grosses racines, développées normalement, qui donnent ce que l'on appelle la *graine élite*. Cette graine est cultivée très serrée et donne de très petites betteraves pesant de 50 gr. et moins à 200 gr. que l'on nomme plançons. Cette manière de faire est très controversée par les auteurs et on lui a souvent attribué une influence fâcheuse sur la qualité de la graine au point de vue de la transmission des propriétés de la variété. Il nous paraît évident que cette façon de procéder doit influencer en augmentant la tendance à varier de cette variété, car la manière de cultiver ces plançons est anormale (1). Mais, outre que nous ne savons dans quel sens et dans quelle mesure cette tendance à la variation est influencée, il nous paraît bien difficile, en pratique, de se passer de l'intermédiaire des plançons pour la production de la graine de betterave. Nous aurons bientôt l'occasion de revenir sur ce sujet d'une manière plus détaillée et, pour terminer cette longue introduction à la pratique de la sélection, nous dirons quelques mots de la *consanguinité* et de l'*influence du climat*.

On a souvent attribué à la consanguinité, c'est-à-dire à un élevage très scrupuleux d'une seule et même variété bien fixée, à l'abri de toute hybridation, la production de betteraves petites, malingres, dégénérées. Notre opinion personnelle sur la question est que l'on a bien exagéré l'importance de ce facteur. Il est tout d'abord bien difficile de pouvoir considérer une variété quelconque de betterave comme absolument homogène et, de ce fait, l'influence de la consanguinité nous paraît déjà très aléatoire. De plus, il faut envisager le nombre des sujets qui sont culti-

(1) Voyez à ce sujet, Briem, *Bl. sucr. et dist.* 19, p. 190, 1901.

vés côte à côte en vue de la production de la graine, la dichogamie particulière de la fleur et la longue période de floraison de la plante. Dans l'espèce, ce sont de nombreuses betteraves qui, tout en appartenant à une seule variété ou à des variétés très rapprochées, possèdent une individualité propre et se croisent réciproquement en échangeant leur pollen par l'intermédiaire des vents et des insectes ; cette série de croisements suffit, selon nous, à entretenir la vitalité de la variété considérée.

L'influence du changement de climat sur la descendance d'une betterave semble autrement importante. On a remarqué en effet que des graines provenant d'un climat doux, élevées sous un climat plus rude et retransplantées sous le climat primitif, réussissaient mieux que les graines cultivées depuis très longtemps sous le même climat. Cette remarque a été mise à profit par quelques éleveurs.

On sait, depuis longtemps déjà, que plus on s'élève en latitude, plus la période de végétation des plantes se raccourcit et plus elles arrivent rapidement à maturité. Il semblerait que dans les climats rudes où l'été est plus court, la puissance assimilatrice de l'appareil chlorophyllien s'accroît. Ce fait peut dépendre d'une foule de circonstances, par exemple de l'influence de la sélection, d'une adaptation plus grande aux circonstances défavorables de la vie, etc., mais il peut aussi dépendre d'un facteur de nature toute physique : de la qualité des radiations lumineuses que reçoivent les plantes. Cette différenciation des radiations lumineuses suivant les différentes régions du globe a été constatée expérimentalement ; dans un admirable travail, et par des expériences exécutées d'une façon simultanée à diverses latitudes, Duclaux a été conduit à formuler cette loi : L'activité actinométrique des radiations lumineuses augmente au fur et à mesure que l'on avance vers le Pôle et diminue vers l'Équateur.

Ce fait viendrait détruire ce que nous avons dit de l'importance du changement de climat, si l'on n'envisageait que la fonction chlorophyllienne dans ses rapports avec la lumière, mais nous ne devons pas oublier qu'il faut aussi considérer l'inclémence du climat. Des betteraves adaptées à ce climat défavorable ont peut-être des chances de se développer d'une manière plus régulière sous un climat moins rude, et en réalité ce fait semble être confirmé par l'observation.

§ 2

INDUSTRIE DE LA GRAINE DE BETTERAVE

Culture des mères, sélection, culture des porte-graines, nettoyage et préparation de la graine.

57. Généralités. — La production de la graine de betterave constitue une véritable industrie, dont la conduite est des plus délicates et des plus coûteuses. Elle demande de très sérieuses connaissances scientifiques et agricoles ; elle ne donne de bons résultats que si l'éleveur de graines fait preuve d'un grand esprit de suite dans ses idées ; elle réclame l'usage de machines spéciales très ingénieuses. Le point de départ de tout élevage de graine est d'abord la culture des têtes de races, c'est-à-dire des racines d'une variété, dont la descendance au 2^e degré fournira la graine du commerce, et ensuite la sélection des racines données par cette culture préliminaire ; la graine commerciale, comme nous l'avons déjà dit plus haut, est généralement de la graine de seconde génération et son obtention, en partant de sujets déterminés, demande une période de 4 années, en passant par l'intermédiaire d'une culture très spéciale, le planchon.

Ce sont les diverses phases de cette industrie agricole que nous voulons essayer de résumer maintenant.

58. Culture des betteraves mères. — 1^o *Préparation du sol.* — La culture des betteraves mères ne diffère pour ainsi dire pas de celle de la betterave industrielle ; elle réclame pourtant un peu plus de soins et pour l'étude détaillée de cette question nous renvoyons nos lecteurs aux auteurs spéciaux, parmi lesquels nous citerons : Vivien (1), F. Graftiau (2), Geschwind (3), Dureau (4), Pellet-Beaudet-Saillard (5), Malpeaux (6), etc.. On doit tout d'abord choisir les meilleurs sols ; une terre meuble, fertile, douce, profonde, silico-argileuse, un peu calcaire est celle qui convient le mieux. On la prépare par un profond labour d'hiver, et la fumure de fond doit consister en fumier de ferme bien décomposé, enterré

(1) Vivien. *Traité compl. de la fabr. du sucre*, p. 155 et suiv.

(2) Graftiau. *Production de la graine de betterave*, broch. cit.

(3) Geschwind. *Production de la graine de betterave*, trav. cit.

(4) Dureau. *Culture de la betterave*, ouv. cit.

(5) Pellet-Beaudet-Saillard. *Traité de la fabrication du sucre*, T. 2.

(6) Malpeaux. *La Betterave à sucre* (1901).

au commencement de l'hiver. Les engrais complémentaires sont fournis soit avant l'ensemencement soit après ; tant pour la manière de procéder que dans le choix de ces engrais, on opère comme pour la betterave industrielle. L'essentiel est d'avoir une terre préparée d'une manière parfaite, bien divisée, bien ameublie, pour que les plantes puissent s'y développer facilement.

2° *Ensemencement.* — L'ensemencement doit être effectué le plus tôt possible, vers le commencement d'avril. On sème au semoir en lignes espacées de 0^m40 à 0^m44, et on enterre la graine de 0^m02 à 0^m04 suivant la nature du sol. Aussitôt que le semis est effectué, on roule. Une très bonne pratique consiste à tremper au préalable la graine dans l'eau pure ; on peut lui en faire absorber son propre poids.

3° *Façons culturales.* — Les façons culturales sont absolument les mêmes que celles qui sont usitées pour la betterave industrielle et consistent en binages à la houe à cheval et à la main, précédant et suivant le démariage ; il convient cependant de répéter ces façons le plus souvent possible et de les exécuter très soigneusement.

Le démariage doit se faire de très bonne heure, et nous ne saurions trop insister sur ce point qui présente une importance capitale ; la vie d'une betterave ne commence guère qu'aussitôt cette opération terminée. Il faut démarier dès que l'on aperçoit bien les lignes du semoir et dégager parfaitement le collet de la jeune plante, qui compte alors de 2 à 4 feuilles. On espace d'une manière variable suivant l'écartement des lignes du semoir, soit de 0,36 à 0,23 ou de 0 m. 33 à 0 m. 24 pour les écartements que nous avons cités et de manière à laisser de 7 à 10 plantes au mètre carré, soit 70.000 à 100.000 pieds à l'hectare, suivant la nature du sol. Aussitôt après, on répète les binages à la main et les façons à la houe, et il faut qu'aussitôt que les feuilles couvrent entièrement la terre, celle-ci soit complètement débarrassée de ses mauvaises herbes, de façon à pouvoir faire cesser les façons culturales à partir de ce moment.

4° *Arrachage et conservation.* — L'arrachage s'effectue dès que la betterave est complètement mûre, c'est-à-dire dès qu'il ne reste que les feuilles du cœur qui soient encore bien vivantes. Cette opération est, ou doit être précédée d'un premier triage dans la pièce même, ce qui permet d'éliminer toutes les plantes dont l'appareil foliacé ne présente pas bien nettement les caractères de la variété que l'on cultive. L'arrachage doit être exécuté d'une façon extrêmement soignée, car il ne faut pas blesser les racines ; de cette absence de blessures dépend en effet leur bonne conservation. Cet arrachage se fait le plus souvent à la main, en s'ai-

dant d'une bêche spéciale, et aussitôt terminé, ou quelques jours après, on enlève les feuilles en les coupant, non en les tordant, et on dispose les sujets arrachés, pour les conserver jusqu'au moment des opérations de sélection, c'est-à-dire en février-mars. La conservation s'effectue, soit en cave, soit par la méthode des silos. Lorsqu'on dispose d'une cave bien aérée, bien saine et suffisamment fraîche, on peut y disposer la betterave sur 2 rangs, de manière à constituer des prismes dont les parois extérieures sont constituées par les collets des racines. La conservation est très bonne lorsque l'on opère ainsi, mais, nous le répétons, à la condition que la cave soit fraîche ou puisse être rafraîchie au moment voulu par une ventilation énergique.

Le plus généralement on conserve dans des silos, et l'opération demande quelques soins. De même que pour la conservation en cave, il faut enlever les feuilles avec un outil tranchant et non en les tordant comme on le fait souvent. On ne peut conseiller l'ensilage avec les feuilles, car la présence de ces dernières est une cause permanente d'allération. Cette manière de faire est malheureusement encore d'un usage très fréquent. Il est important de ne pas laisser la betterave se dessécher sur le sol, la perte en sucre dans ces conditions, devenant très importante dans la suite. Si la betterave est trop sale et trop mouillée, on la laisse se ressuyer sur le champ pendant quelques jours. La perte en silos tient à deux causes principales : à la respiration intramoléculaire et à des altérations accidentelles ; il faut tâcher d'éviter ces dernières. On ne fait que de très petits silos de 1000 à 2000 kil. de racines. On range soigneusement, on recouvre de paille, puis d'une couche de terre suffisante pour protéger de la gelée. On peut aussi creuser de petites fosses de 0 m. 50 de profondeur au plus ; on y range les sujets sur un seul lit, la pointe en bas, les interstices étant bouchés avec de la terre ou du sable, enfin on recouvre.

F. Knauer (1) place les racines dans des silos de 0 m. 50 de profondeur et de 1 m. 30 de largeur, de manière à disposer les collets sur un seul plan à la partie supérieure ; puis il recouvre le tout avec de la terre sur une épaisseur de 0 m. 40 à 0 m. 50, non pas en donnant de l'inclinaison de chaque côté, mais en la disposant à plat, pour que la pluie puisse pénétrer. D'après cet auteur, il y a même avantage, dans les années de sécheresse, à recouvrir d'abord les betteraves d'une couche de terre de 0 m. 08 à 0 m. 10 d'épaisseur et d'arroser ensuite abondamment, de manière à entraîner cette terre qui doit venir boucher les interstices qui existent entre les racines. On couvre alors avec 0 m. 40 à 0 m. 60 de terre et, au moment des grands froids, on complète la protection avec du fumier.

(1) F. Knauer. *La culture de la Betterave*, 1886, p. 82.

E. Brabant, d'Onnaing, se trouve très bien de la conservation en cave comme nous l'avons décrite.

Kuhn, de Naarden (Hollande), excave le sol sur une profondeur de 0 m. 30 à 0 m. 40 et une largeur de 1 m. 50 environ ; dans cette fosse il empile alors les betteraves sans ordre apparent, sauf sur les murs qui sont exécutés régulièrement en disposant les racines collets en dehors, de manière à constituer des tas prismatiques à section triangulaire, d'une longueur indéterminée et d'une hauteur de 1 m. 50 environ au-dessus du sol. Le tout est recouvert de longue paille, puis d'une couche épaisse de feuilles. Les racines se conservent ainsi d'une manière parfaite pendant plusieurs mois. On a soin de ne conserver que des sujets à peu près propres, et de trier très scrupuleusement toutes les betteraves blessées ou malades.

59. Les méthodes générales d'élevage (1). — La sélection, c'est-à-dire le choix judicieux des sujets destinés à la reproduction, est la base de tout élevage de graines ; des soins qui président aux opérations de sélection dépendent en effet la valeur des graines qui seront produites et le succès des récoltes qui en proviendront. Cette partie de notre sujet est donc extrêmement importante et nous voulons la traiter assez complètement ; auparavant nous dirons quelques mots des méthodes générales d'élevage dont le choix est aussi très important.

1^o Méthode directe. — C'est assurément la plus parfaite et la plus sûre, celle qui permet la transmission la plus fidèle et la plus complète des caractères des sujets reproducteurs, puisque, entre ceux-ci et la betterave industrielle, il n'existe aucune génération intermédiaire venant détruire, en partie, l'influence de la sélection. Elle consiste à choisir ces sujets reproducteurs comme nous l'indiquerons et à faire servir directement leurs graines à l'obtention des betteraves industrielles.

Cette méthode n'est malheureusement susceptible que d'une application restreinte, car il est matériellement impossible de produire, pour le commerce, de la graine provenant directement de sujets analysés. Seuls, les cultivateurs, les sucreries faisant leur graine, peuvent l'employer ; elle n'est applicable que dans le cas d'une production de graines restreinte, par exemple l'approvisionnement d'une culture, d'une sucrerie de moyenne importance.

2^o Méthode généalogique. — Elle est due à Vilmorin et, pour répéter ce qu'en a dit ce savant éleveur, elle consiste à apprécier les divers repro-

(1) Lire à ce sujet : Rümker. *Sur l'élevage des plantes, méthodes, but, résultats, Osterr. landw. Woch.*, n^o 30, 1898-99.

ducteurs isolément et individuellement, à récolter séparément les graines produites par chacun d'eux et à déterminer, par l'expérience directe, la faculté de transmission dont chacun jouit en propre. C'est évidemment là une méthode que l'on peut qualifier de scientifique ; mais voyons si dans la grande pratique, elle est d'une application possible.

Nous considérons le cas d'une production de graine telle que celle des principaux éleveurs, c'est-à-dire variant entre 800.000 k. et plusieurs millions de kilogr. Dans ces conditions la méthode généalogique consiste : 1^o dans le choix des betteraves d'élite, sujets exceptionnels qui formeront des têtes de familles ; 2^o dans la constitution de ces familles, c'est-à-dire dans le semis isolé des graines provenant des têtes de famille ; 3^o dans l'appréciation des qualités de transmissibilité des sujets, c'est-à-dire dans l'examen des diverses familles au point de vue de l'allure de la végétation, des caractères extérieurs des feuilles et des racines, de la richesse saccharine de ces dernières et dans la comparaison de ces diverses données avec celles qui sont relatives aux têtes de familles correspondantes, comparaison qui fera conserver ou rejeter de la reproduction les betteraves des familles examinées ; 4^o dans la sélection des betteraves des familles admises à reproduction et le classement des sujets en 3 catégories : les rejets ou betteraves défectueuses, les racines d'une valeur supérieure à une base déterminée, catégorie moyenne dont la descendance fournira la graine commerciale, et en dernier lieu les sujets véritablement exceptionnels au point de vue des qualités et qui, eux, serviront à former de nouvelles familles ; 5^o dans la formation obligatoire, comme nous l'expliquerons tout à l'heure, au moyen de la catégorie moyenne, d'une génération intermédiaire, le planchon, qui, sans nouvelle sélection, donnera la graine du commerce.

Dans le cas particulier que nous avons admis, les inconvénients de la méthode généalogique sautent immédiatement aux yeux. Indépendamment de la complication des opérations, indépendamment aussi de la difficulté d'apprécier exactement des familles forcément nombreuses, la méthode est encore défectueuse, puisqu'elle fait porter la graine du commerce à des sujets provenant de la catégorie moyenne, c'est-à-dire de celle dont on a séparé les exceptions pour en faire de nouvelles têtes de familles. En supposant résolues toutes les difficultés résultant de la complication des opérations et de l'examen des familles, il n'en resterait pas moins la dernière objection, car, si d'un côté les chances d'amélioration de la variété, considérée comme telle, ont augmenté, d'un autre côté, les chances de fournir à la culture une graine irréprochable ont forcément diminué.

Par contre si, à notre avis, la méthode généalogique est inapplicable dans la grande pratique, elle constitue la méthode de choix pour une

petite production de graines, par exemple pour une sucrerie ou une culture de quelque importance. Là, en effet, toutes les complications sont atténuées ; il suffit d'apprécier quelques rares familles et il est dès lors possible de le faire avec toute l'exactitude scientifique désirable : de plus, l'objection relative à la production de graines commerciales par l'intermédiaire de planchon provenant d'une catégorie moyenne n'existe plus, car ici il est possible de produire directement la graine nécessaire avec ces sujets moyens, supprimant ainsi le défaut capital de la méthode.

3° *Sélection ordinaire en masse.* — Cette méthode est la plus défectueuse ; mais, par cela même qu'elle est la moins coûteuse, c'est celle qui est suivie le plus généralement. Elle consiste simplement à classer les betteraves à sélectionner en 2 catégories : l'une composée par les individus de qualité inférieure, des rejets que l'on élimine de la reproduction ; l'autre formée de sujets d'une belle forme, d'une richesse saccharine déterminée, généralement supérieure à 15 ou 16 0/0, destinée à fournir la graine commerciale par l'intermédiaire du planchon.

4° *Sélection en masse avec formation d'une élite.* — Nous considérons cette dernière méthode comme la meilleure pour l'utilisation en grande pratique, surtout lorsqu'on l'applique judicieusement, avec rigueur et beaucoup de suite dans les idées, comme nous l'avons vu faire du reste chez certains éleveurs consciencieux. Voici en quoi consiste cette méthode : On sélectionne les betteraves et on les classe en 3 catégories comprenant les rejets, les sujets de valeur moyenne et les sujets d'élite, absolument comme cela se fait avec la méthode généalogique ; puis, on sélectionne de nouveau cette élite, en contrôlant les poids et la richesse saccharine de la première opération, et on classe les sujets en 3 nouvelles catégories : 1° les erreurs de la première analyse, les betteraves de mauvaise forme, etc., qui sont renvoyées selon le cas aux rejets de la première analyse ou à la catégorie moyenne ; 2° les betteraves suffisamment bonnes et belles qui sont destinées à reproduire la variété et par conséquent à fournir les racines que l'on sélectionne l'année d'après ; 3° les sujets véritablement exceptionnels comme forme, poids et richesse saccharine, qui par l'intermédiaire du planchon donneront des graines commerciales.

Cette méthode est, par conséquent, très différente de toutes celles que nous avons décrites.

La sélection peut porter, comme chez Kuhn à Naarden, par exemple, non seulement sur la forme et la richesse saccharine, mais encore sur le poids des sujets ; en principe, moins la betterave est pesante, plus on doit être sévère au point de vue de sa teneur en sucre, c'est-à-dire que dans ce cas on relève la base de richesse au fur et à mesure que le poids s'abaisse.

60. Sélection. Triage des reproducteurs. — Nous sommes maintenant suffisamment préparés pour aborder la pratique de la sélection. Elle traverse 2 phases différentes : le choix des sujets reproducteurs porte tout d'abord sur les caractères physiques de la racine et de la feuille, puis ensuite sur la richesse saccharine de la racine ; peut-être même, d'après des recherches que Geschwind a entreprises en collaboration avec M. Kuhn, sera-t-il possible de faire suivre cette sélection physique et chimique par une sélection anatomique, basée sur les relations qui existent entre la morphologie des tissus de la betterave et sa richesse saccharine. La question néanmoins n'est pas encore assez avancée pour que d'ores et déjà nous en fassions un chapitre particulier de la production de la graine. Nous renverrons donc le lecteur, pour l'étude de ce point, à la 3^e partie de notre ouvrage où nous exposerons en détail les premières constatations qui ont été faites.

I. Sélection physique (1).

La betterave riche en sucre est à chair dure, cassante ; la peau en est

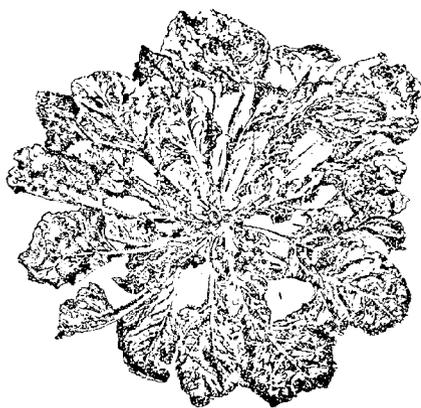


Fig. 45. — Feuillage d'une betterave riche.

Fig. 46. — Feuillage d'une betterave pauvre.
d'après Briem.

(1) A ce sujet voyez aussi : Briem. *Les signes extérieurs d'une betterave à sucre normalement bonne*, Wiener landw. Zeitung N° 2, 1897. — Dörstling. *Du choix de la betterave suivant le feuillage*, Blätter Zuckerrübenbau N° 21, 1897. — J. Plot. *L'organe feuille comme ayant choix pour la sélection*, Blätter Zuckerrübenbau N° 20, 1897.

grise, plissée circulairement ; ellé porte 2 sillons longitudinaux plus ou moins profondément marqués, enroulés en spirale, que Vivien a dénommés *sillons saccharifères* ; ces sillons saccharifères servent de point d'émergence aux radicelles qui doivent être nombreuses ; le collet est petit, aplati ; les feuilles très abondantes sont à pétiole court et robuste, au limbe largement étalé, parfois crispé ou ondulé suivant la variété. Une bonne sélection physique doit tenir compte de ces divers caractères et, au point de vue de la feuille, un premier triage doit être fait sur le champ même, au moment de l'arrachage.

J. Vychinsky (1) a étudié très complètement cette question de la feuille et voici ce qu'il en dit :

« 1^o Les betteraves *saines* qui ont des feuilles pâles et jaunissant de bonne heure sont plus tôt mûres et contiennent plus de sucre que celles qui, *possédant les mêmes caractères des feuilles et des racines*, ont un feuillage vert sombre ; à partir de ce moment, leur richesse saccharine ne s'accroît plus que très lentement et l'augmentation de la teneur en sucre ne dépasse pas 1 0/0 ; s'il arrive que de nouvelles feuilles croissent au détriment des matières nutritives de la racine, la proportion de sucre s'abaisse de 2 à 3 0/0. J'ai fait beaucoup d'analyses à ce sujet, mais je ne donne ici que des chiffres moyens. Je dois dire qu'afin d'éviter des erreurs, j'ai placé un bâton auprès de chaque betterave saine, au feuillage vert sombre, vert pâle ou jaune, soumise à l'expérience, et l'analyse de ces racines a ensuite été faite après deux ou trois semaines. Il m'est souvent tombé entre les mains des échantillons avec des feuilles rougeâtres, et quoique Dureau n'attribue à la couleur du feuillage aucune influence sur la richesse saccharine de la betterave (et en cela Vilmorin, Pellet, Violette, Desprez, Simon Legrand sont d'accord avec lui), je suis forcé de me ranger à l'opinion de Pagnoul, d'après laquelle les betteraves avec des feuilles rougeâtres sont plus pauvres que les autres, (j'ai constaté une différence moyenne de 0,51 p. 100 de sucre de moins) ;

2^o La richesse des betteraves croît avec l'augmentation du nombre des cercles de feuilles, la différence varie de 0,2 à 1 1/2 p. 100 de sucre en plus ;

3^o Les betteraves dont le feuillage est étalé sont plus avancées en maturité et jouissent mieux des avantages du milieu qui les entoure ; elles sont ordinairement plus sucrées que leurs voisines qui, avec les mêmes caractères des feuilles et des racines ont un feuillage dressé, auquel la lumière et l'air parviennent plus difficilement ; dans mes essais, j'ai constaté des différences en sucre de 0,72 p. 100. Il est évident qu'il ne

(1) J. Vychinsky. *Du rapport existant entre la richesse saccharine de la betterave et les caractères des feuilles, Rapports de la Soc. Imp. techn. Russe et Kieff.* N^o 10 et *Bl. suc. et dist.* 12, 383, 1894.

faut opérer que sur des betteraves se trouvant à la même distance les unes des autres ; sinon, on n'obtient que des résultats négatifs. C'est, du reste, l'opinion de Karmrodt ;

4° La surface ridée des feuilles est un indice certain d'une plus grande richesse de la racine et l'augmentation en sucre atteint, d'après mes essais, 0,97 p. 100. Je dois dire que la richesse saccharine croît en raison directe de la quantité de rides ;

5° Les feuilles à extrémités aiguës ou sagittées, comme les appelle le docteur Blonski, caractérisent des betteraves moins sucrées, et, chose étonnante, correspondent à des racines relativement petites (ceci a déjà été avancé par Corenwinder en 1876). Heureusement, on rencontre dans les champs très peu de ces échantillons et il est probable que ce sont des sujets d'un développement maladif et anormal. Quant aux feuilles normales, lorsque leur contour est oblong, elles correspondent à des racines plus riches que lorsque leur contour est arrondi et la moyenne de mes essais m'a donné à ce sujet le chiffre de 1,31 p. 100 de sucre en faveur des betteraves à feuilles oblongues.

Je suis parvenu à établir la relation existant entre la richesse saccharine de la betterave et les caractères des feuilles par les nombreux essais auxquels je me suis livré pendant trois ans, en choisissant avec soin les sujets qui devaient être analysés ensuite, non seulement parmi les betteraves à sucre mais aussi parmi les betteraves fourragères. Il semble en définitive que la betterave la plus sucrée est celle qui, outre une bonne forme de la racine, et, de nombreux cercles sur le collet, a des feuilles oblongues, fortement ridées, étendues lors de la maturation et jaunissant à ce moment. En un mot, il paraîtrait qu'avec l'augmentation de la surface assimilatrice des feuilles s'accroît la richesse absolue de la racine, mais il ne faut émettre cette opinion qu'avec réserve. Au premier abord, cette conclusion semble simple, puisqu'on sait que dans les plantes les parties vertes sont seules capables d'absorber le gaz carbonique et de produire les hydrates de carbone ; cette influence n'est pas douteuse, mais il est aussi très probable qu'il existe des causes physiologiques inconnues qui agissent négativement, puisque, d'après le principe énoncé plus haut, la betterave la plus riche devrait être celle qui a le feuillage le plus luxuriant. Dans la nature il n'en est pas ainsi. Tout le monde sait que les betteraves croissant sur les sols azotés, améliorés par les engrais, semées tardivement ou près des chemins, se distinguent ordinairement par un très beau feuillage et qu'elles ne sont pas riches en sucre. D'après la conclusion de mes expériences, il est hors de doute cependant que les betteraves les plus sucrées sont celles qui présentent les caractères décrits plus haut. Corenwinder et Contamine ont émis l'opinion (voir comptes rendus d'Agriculture 1878), qu'il existe un rapport

direct entre la superficie des feuilles et la richesse saccharine de la betterave ; il faut pourtant ajouter que cela n'a de signification que pour les plantes ayant les mêmes caractères de feuilles et surtout de racine.

En m'appuyant sur mes essais, je puis dire que Knauer donne avec raison la préférence à la betterave dont les feuilles centrales sont disposées en un bouquet horizontal, tout en étant de grandeur moyenne et peu frisées et dont les feuilles latérales sont plus grandes et inclinées vers la terre.

La comparaison de betteraves ayant 15 p. 100 de sucre et plus, avec d'autres betteraves végétant sur le même champ et renfermant à peine 13 p. 100 de sucre, m'a montré que les sujets les plus sucrés sont précisément ceux qui ont un feuillage petit et très délicat. Le grand nombre des cercles de feuilles, un feuillage pauvre et aux contours oblongs, la couleur et la quantité de rides nous permettent de choisir des échantillons encore plus riches.

Tout cela m'a amené à tourner mon attention sur les betteraves fourragères. En observant chez ces dernières la forme de leurs feuilles, j'ai remarqué qu'au milieu du limbe se trouve une grosse nervure de laquelle se ramifient sous un angle déterminé d'autres nervures si visibles et si peu entrecroisées qu'une feuille donnée peut être facilement divisée en beaucoup de fragments séparés. En comparant les betteraves fourragères croissant sur le même champ, j'ai observé que, chez beaucoup d'entre elles, cette division par les ramifications de la nervure centrale sur les feuilles fortement ridées, sautait aux yeux très clairement, alors que chez les autres, cette division n'était pas si évidente, car les nervures latérales étaient fortement entrecroisées. En outre, les feuilles nettement divisées étaient très grosses et très rugueuses et les autres étaient plus délicates. Ce dernier caractère correspond aux racines les plus riches.

Après avoir fait ces observations avec des betteraves fourragères, j'ai procédé à des analyses comparatives de betteraves à sucre poussant sur le même champ.

Les racines les plus sucrées ont des nervures fines fortement entrecroisées, chez les sujets plus pauvres, les entrecroisements sont moins serrés. Lorsque les racines ont le collet vert, la richesse en sucre est moins élevée et j'explique ainsi certaines différences que j'ai rencontrées dans la polarisation.

J'ajouterai encore que Briem, le professeur Marek et autres savants regardent comme signes de la richesse saccharine de la betterave la quantité de rides, le petit nombre et la couleur jaune des feuilles ; d'autre part, Ch. Violette, F. Knauer, Vilmorin, Pellet, Desprez, Simon Legrand, Gustave Hodek, Walkhoff, J. Robert, Olivier-Lecq, A. Petermann, Vivien, Dureau, Graftiau, etc., sont complètement d'accord pour dire que

les racines longues, aplaties, fusiformes, non fourchues, avec une peau épaisse plissée transversalement et des sillons saccharifères profonds (où se trouve, selon Vivien, un chevelu fortement développé), sont celles qui sont le plus sucrées. »

Si nous avons insisté aussi longuement sur les essais de Vychinsky, c'est qu'ils résument les connaissances généralement admises sur les relations entre les caractères de l'appareil foliacé de la betterave et sa richesse saccharine. Pourtant, la coloration jaunâtre des feuilles n'est vraisemblablement pas un signe de richesse ; c'est plutôt un signe de maturité, et une betterave ayant une couronne de feuilles d'un vert sombre, deviendra probablement plus riche que sa voisine dont les feuilles ont jauni parce qu'elle a mûri plus tôt. Mais, au point de vue de la sélection chimique, il n'en convient pas moins de choisir toutes racines bien mûres, puisque cette sélection est une méthode de comparaison et qu'il faut, autant que possible, que tous les sujets comparés soient dans les mêmes conditions.

Quant au nombre des feuilles, c'est-à-dire à la surface assimilante, il paraît réellement être en relation avec la richesse saccharine, ainsi que cela résulte des recherches de Corenwinder (1), Dehérain, Briem, etc., les figures de la page 160 nous l'indiquent d'ailleurs d'une manière frappante.

La conclusion à tirer de tout cela est donc qu'il faut choisir, comme sujets reproducteurs, ceux qui possèdent le feuillage le plus abondant, toutes conditions restant égales d'ailleurs.

La betterave dont on veut obtenir le maximum de richesse exige une large alimentation, qui seule permet à la souche et à ses ramifications de prendre un plein développement. Mais, cette alimentation riche, en dehors de l'abondance des engrais dans le sol, est facilitée par l'abondance des radicelles ; d'où cette conclusion qu'il faut toujours choisir les racines à chevelu abondant en tenant compte toutefois, que les racines nématodées possèdent un chevelu exceptionnellement développé.

Cette abondance du chevelu est aussi fonction de la longueur de la souche ; on a donc tout intérêt à cultiver des racines bien pivotantes. C'est d'ailleurs l'opinion de beaucoup d'auteurs et même d'éleveurs. Briem, entre autres, est tout à fait de cet avis ; il en est de même du Dr Blonski (2) qui a établi le principe suivant : *Sur un certain nombre de sujets, ce sont les plus longs qui sont les plus riches*. De plus, d'après cet auteur, le rapport de la longueur à la largeur atteint le chiffre 3 pour une betterave riche.

Si l'on n'a en vue que la richesse, il ne faut donc choisir comme repro-

(1) *Journal des fabricants de sucre*, 1879, n° 27 et 28.

(2) Dr Blonski. *Sélection des betteraves d'après le rapport de la longueur à la largeur*, *Gazeta Cukrownicza Warszawa et Bl. Sucr. et dist.* 12, 406, 1894.

ducteurs que les sujets les plus allongés ; mais comme d'autres conditions accessoires doivent entrer en ligne de compte, ce n'est généralement pas ainsi que l'on agit. La culture ne pourrait s'accommoder d'une racine par trop longue, très difficile à arracher et pouvant par conséquent occasionner de la perte ; puis, ces betteraves longues ne conviennent pas à tous les sols, elles demandent une couche arable très épaisse qui ne se rencontre pas partout ; c'est pourquoi l'on doit choisir de préférence les sujets de longueur moyenne, mais d'une belle forme, caractéristique de la variété que l'on envisage. Il va sans dire qu'il faut rejeter impitoyablement les racines fourchues, celles dont le collet est allongé, verdâtre, sorti de terre ; celles aussi qui ont une tendance à la montée.

A un autre point de vue, il convient aussi de choisir des racines bien saines et d'éliminer de la reproduction celles qui portent des traces apparentes de maladies ; les germes auxquels la souche sert de support gagnent très facilement la graine et si l'on n'y fait pas attention, on peut très bien infecter les récoltes futures. Or, à ce point de vue, le sectionnement des racines, exécuté comme nous le décrirons bientôt, est tout à fait recommandable. Cette opération permet de vérifier si la masse charnue qui compose la souche est bien saine ; plus facilement qu'un simple examen superficiel, quelque soigneux qu'il soit, cette méthode permet de diagnostiquer des maladies dont les symptômes ne sont pas toujours très apparents extérieurement.

Nous avons dit que la chair de la betterave riche était ferme et cassante ; cela ne résulte pas, comme on le croit généralement, de la nature plus fibreuse de cette chair. Au contraire, comme un examen approfondi nous l'a fait voir, les betteraves riches sont moins ligneuses que les pauvres ; mais leurs tissus sont plus condensés, et la fermeté caractéristique de la chair est due en partie à cette structure plus serrée et surtout à une turgescence spéciale des cellules, provoquée par une augmentation des pressions osmotiques. Il n'en est pas moins vrai que cette fermeté est un bon caractère pour la sélection physique, à tel point qu'on a proposé de sélectionner les betteraves, en se basant sur ce caractère, au moyen d'un essai tout à fait semblable à l'essai de la dureté des ciments au moyen de l'aiguille de Vicat.

La simple pression sur la peau avec l'ongle et l'aspect si caractéristique des racines dures, qui sont rugueuses et grisâtres, permet facilement de les différencier des racines tendres dont la peau est toujours lisse et blanche ou de couleur claire.

Un dernier caractère physique qui doit guider dans le choix des racines est leur poids plus ou moins fort. Malheureusement ce caractère n'est généralement pas pris en sérieuse considération ; pourtant, au même titre que la richesse saccharine il a de l'importance pour l'agriculteur,

car, s'il est relativement facile d'obtenir de la betterave très riche à la condition de l'obtenir petite, il n'en est plus de même lorsqu'on recherche en même temps le rendement à l'hectare. Les 2 caractères s'excluent en effet, mais seulement dans une certaine mesure ou plutôt pour s'exprimer plus correctement, on peut dire que le poids est un caractère spécifique dont la transmission à la descendance est moins sûre, plus irrégulière, que la transmission de la richesse saccharine. Le poids des betteraves n'est aucunement un caractère en rapport spécial avec de la nutrition et des conditions extérieures, comme on le croit généralement ; c'est un véritable caractère de variété et comme tel il faut chercher à le fixer. Il a longtemps été admis que des sujets riches ne pouvaient dépasser un certain poids, ou pour mieux dire, que plus la betterave s'enrichit plus les rendements à l'hectare diminuent. C'est là une allégation dont Vivien (1) a fait justice et dont l'inanité se manifeste par l'examen des statistiques. D'ailleurs, si le fait était vrai, pourquoi rencontrerait-on de temps à autre des sujets d'un poids exceptionnellement fort avec une richesse excessivement grande ? G. Ville (2) qui s'est aussi occupé de sélection est d'avis d'employer pour la reproduction des sujets pesant de 1.000 gr. à 1.500 grammes.

Somme toute, si l'on sélectionne au point de vue de la richesse, il faut aussi sélectionner au point de vue du poids et c'est justement, comme nous le disions plus haut, parce que le poids se transmet avec moins de régularité que la richesse, qu'il faut être plus sévère à ce point de vue.

II. Sélection chimique.

La sélection d'après les caractères extérieurs ne suffit pas, car notre agriculture et notre industrie sucrière ne recherchent pas seulement une betterave de belle forme, qui leur fournisse un fort rendement à l'hectare ; elles demandent de plus que cette betterave soit riche en sucre de manière que sa vente et son traitement soient rémunérateurs. Il faut donc chercher les sujets les plus riches en sucre, pour les faire servir comme reproducteurs ; c'est là le but de la sélection chimique. Mais, avant d'aborder l'étude des méthodes analytiques qui permettent de résoudre ce desideratum, il nous paraît convenable de dire quelques mots de procédés plus anciens, basés sur un principe physique, et qui ne sont plus employés actuellement, quoique dans leur temps ils aient permis d'effectuer de grands progrès dans l'amélioration des variétés.

Ces procédés sont basés sur la prise de la densité soit des racines,

(1) Vivien. *La Crise agricole et sucrière*. Conférence au Comice de St-Quentin, 23 mars 1893.

(2) G. Ville. Conférence de Bruxelles, 1874.

soit du jus, car, comme on le sait, il y a une certaine corrélation entre cette densité et la richesse saccharine.

A. Méthodes basées sur la détermination du poids spécifique de la racine.

1^o *Méthode basée sur l'emploi de la balance.* — La densité des racines prise par une méthode basée sur le principe d'Archimède, qui ne donne en somme que la densité apparente, peut être déterminée par un des procédés élémentaires indiqués dans tous les traités de Physique.

2^o *Méthode à l'eau salée.* — La sélection au bain salé a été très employée malgré les nombreux défauts que l'on peut lui reprocher. Basée sur ce fait que les racines les plus denses sont aussi les plus riches, on en déterminait le poids spécifique par immersion dans des solutions salines ou sucrées d'une densité donnée. Généralement on employait la solution de sel marin, plus commode à préparer et moins coûteuse. On y plongeait les racines et on rejetait celles qui venaient à surnager. Ce procédé est encore suivi par quelques producteurs ou bien chez d'autres il précède la véritable sélection, il est absolument erroné, la betterave contenant des gaz en quantité variable et son collet étant presque toujours creusé de cavités pleines d'air. La même remarque s'applique du reste à la méthode par pesée.

3^o *Emploi du volumétre de Regnault.* — Le volumétre de Regnault, basé sur le principe de Say, est d'un maniement peut-être un peu délicat ; mais, convenablement approprié, il peut, d'après Vivien (*loc. cit.*), donner avec précision le volume des betteraves.

4^o *Méthode basée sur la détermination de la densité de petits cubes de betteraves.* — Dans le même ordre d'idées on essaya de déterminer la densité de la betterave en immergeant de petits fragments. On fut arrêté, dès le commencement, par des phénomènes d'osmose et de fermentation faisant varier le titre des solutions. Ces procédés réalisèrent cependant quelques progrès.

B. Méthodes basées sur la détermination du poids spécifique du jus.

Ces méthodes, déjà beaucoup plus scientifiques que les premières, quoique étant encore fort inexactes, ont été employées pendant longtemps. La première qui fut appliquée est due à Vilmorin.

1^o *Méthode Vilmorin.* — On effectuait la détermination de la densité du jus en pesant successivement dans les différents jus un petit lingot d'argent, ou au moyen d'un petit densimètre. Le jus était obtenu par le pressage de la pulpe, provenant d'un petit cylindre de betterave. Ce cylindre était obtenu au moyen d'une sonde à bords tranchants.

Cette méthode, malgré sa simplicité, était d'une application assez délicate, à cause du volume relativement considérable qu'il fallait enlever à la betterave, pour avoir assez de jus, les moyens de râpage et de pression étant fort imparfaits.

2^o *Méthode de Violette.* — Violette fit construire chez A. Thomas et C^{ie}, à Lille, des appareils qui permirent d'obtenir assez de jus pour en déterminer la densité, avec un très petit cylindre de betterave. Ils se composent d'une râpe presse, avec ses accessoires, et d'une balance de précision à cavalier ou à curseur servant à peser le jus. Nous ne décrivons pas ces instruments qui n'ont plus maintenant qu'un intérêt historique.

C. Méthodes basées sur la détermination du sucre dans le jus.

Dès que les progrès de la saccharimétrie optique le permirent, on chercha à remplacer la prise de la densité du jus par le dosage du sucre qu'il contenait et divers procédés furent préconisés.

1^o *Méthode primitive.* — Tout d'abord le jus était extrait par râpage et pression d'un cylindre de chair enlevé au travers de la racine au moyen d'une sonde métallique tubulaire et tranchante à son extrémité, tout à fait de la même manière que dans le procédé de Vilmorin utilisé pour la détermination de la densité du jus.

Le jus recueilli d'une certaine quantité de pulpe pressée était examiné au saccharimètre après défécation et dilution au 1/5.

2^o *Procédé de Lindeboom* (1). — La préparation de la pulpe présentait des difficultés ; on songea alors à enlever un cylindre de betterave et à le presser fortement pour en obtenir le jus destiné à l'analyse.

Ce procédé était inexact pour plusieurs raisons dont la principale est que la composition du jus extrait du cylindre entier était parfois bien différente de celle du jus extrait du même fragment après râpage.

3^o *Méthode par réduction.* — Au lieu de déterminer le sucre dans le jus par le saccharimètre, on a également opéré au moyen de la liqueur de

(1) Rimpau a décrit une méthode semblable à celle dite de Lindeboom. Voyez Rimpau. *De la sélection appliquée aux plantes cultivées.* Calendrier agricole de Mentzel et V. Lengerke, 1883. *Production de la graine de betterave.*

Fehling, après inversion du liquide par un acide. Ce procédé n'a pas non plus survécu.

Toutes ces méthodes étaient ce que l'on appelle des méthodes indirectes, parce qu'après l'analyse du jus, il fallait toujours procéder à un calcul pour rapporter la richesse trouvée à 100 gr. ou 100 cc. de matière normale, ou encore se contenter de la comparaison des densités.

Elles ont été remplacées depuis par des procédés qui donnent directement la teneur en sucre de la betterave, tout en permettant d'exécuter d'une manière très exacte, un grand nombre d'analyses par jour, avec un personnel restreint. Ces nouvelles méthodes, beaucoup plus scientifiques, sont aussi beaucoup plus exactes ; elles ont le mérite, les dernières en date surtout, d'être d'une exécution extrêmement simple et rapide.

D. Méthodes basées sur la détermination directe du sucre de betterave.

Il en existe plusieurs reposant sur des principes différents.

1^o Méthode Violette. — C'est la première de la série. Elle est basée sur ce fait que, lorsqu'on traite la pulpe de betterave par un acide dilué, le saccharose est transformé en sucres réducteurs, que l'on dose ensuite par les liqueurs cuivriques.

A l'aide d'une petite sonde métallique tranchante on prélève un petit cylindre de matière, vers le 1/3 supérieur de la racine. La richesse de cet échantillon représente sensiblement la richesse moyenne de la betterave, M. G. Vibrans a signalé que l'on pouvait également prendre l'extrémité effilée. On enlève l'épiderme et on coupe le petit cylindre en lamelles fines dans le sens de la longueur. On hache ces lamelles, on en pèse 5 à 10 grammes que l'on introduit dans une fiole jaugée à 100 cc. On ajoute 10 cc. de liqueur normale d'acide sulfurique et 40 cc. d'eau distillée et on porte à l'ébullition. Au bout de 15 minutes, on laisse refroidir, on complète à 100 cc. et on dose le sucre par la liqueur de Violette.

On a proposé diverses modifications à cette méthode, entre autres, de n'ajouter l'acide sulfurique que vers la fin de l'opération, de remplacer l'acide sulfurique par l'acide acétique à la dose de 10 à 15 cc.

Ce procédé perfectionné par Olivier Lecq a rendu de grands services. Il donne des résultats légèrement trop élevés par suite de l'attaque des tissus par l'acide sulfurique. Il a également l'inconvénient de doser le glucose préexistant dans le jus.

De plus, l'opération du titrage de la solution sucrée par la liqueur cuivrique ne peut s'exécuter qu'à la lumière du jour, ce qui est très désavantageux.

2° *Méthodes alcooliques.* — Elles ont été peu employées à cause de leur délicatesse et de leur lenteur ; elles servent cependant pour contrôler, de temps à autre, les autres procédés.

3° *Digestion aqueuse à chaud de Pellet (1).* — C'est une excellente méthode de contrôle, très exacte, mais pas assez simple pour être d'un emploi bien courant pour le travail de la sélection. Elle est surtout employée pour contrôler les résultats donnés par la digestion aqueuse à froid dont nous allons parler.

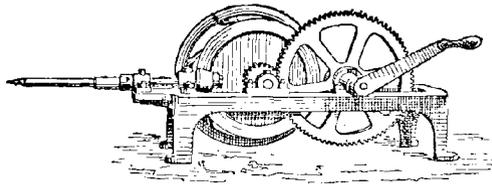


Fig. 47. — Foret-râpe pour la préparation de la pulpe analysable à froid (Ce modèle est mû à la main ; dans les grandes exploitations, le mouvement est communiqué par une machine à vapeur, à gaz, une turbine ou par une dynamo).

4° *Diffusion instantanée et aqueuse à froid de Pellet.* — C'est le procédé le plus généralement employé, à cause de sa simplicité et de l'exactitude des résultats. Il est basé sur la complète diffusibilité du sucre dans l'eau froide lorsque la betterave est réduite en pulpe fine et sur la détermination saccharimétrique du sucre ainsi dissous.

Les betteraves triées et lavées sont mises en tas dans une salle spéciale où se trouve installé le bâti du foret-râpe à taille Keil et Dole. Ce foret est terminé par un cône creux, portant une tige métallique muni d'un disque de rappel ; ce cône peut entrer à baïonnette dans une douille vissée sur un pignon mis en mouvement par un jeu d'engrenages ou de poulies. Le cône creux est taillé d'une façon spéciale et porte 3 encoches permettant à la pulpe produite de venir se loger dans la douille de l'appareil. Le foret tourne à la vitesse de 2000 tours environ à la minute.

Un ouvrier présente chaque betterave au foret vers le 1/3 supérieur de la hauteur, en l'inclinant légèrement. Il ne doit pas forcer sur le foret, mais au contraire, retenir légèrement sa betterave, qui tend à s'engager rapidement. Aussitôt perforée, la betterave est passée à un aide, qui plante dans le trou de sonde une fiche portant un numéro, et la range

(1) A ce sujet, voyez Pellet, Conférence, *Bl. sucr. et dist.*, 10, 905, 1893. — Hélot, *Rapport au syndicat des fabricants de sucre*, 27 mai 1898. *Bull. synd. f. de s.*, n° 27. — Baudry, *La betterave à sucre et son amélioration par la sélection rationnelle. La betterave*, 1898, n° 205 et suiv.

dans un casier. Pendant ce temps, le foreur, qui a arrêté sa machine, dégage sa baïonnette par un léger mouvement tournant, retire le foret avec précaution et fait tomber la pulpe dans une petite capsule numérotée. Il évite de récolter la pulpe directement en contact avec le disque de rappel, car elle provient de la betterave précédente. Sa couleur, qui s'est foncée par oxydation, indique nettement le point de séparation.

La pulpe ainsi recueillie est mélangée bien intimement et passée au peseur. Ce dernier dispose de plusieurs capsules en nickel ayant exactement le même poids pour éviter de changer la tare à chaque fois. On pèse le $\frac{1}{4}$ du poids normal, c'est-à-dire 4 gr. 10 ou 6 gr. 512 selon le saccharimètre employé.

La pulpe est alors introduite dans des fioles de 50 cc. numérotées ; on emploie pour cela un liquide contenant par litre 50 cc. de sous-acétate de plomb à 30 Bé. On affleure exactement à 50 cc.

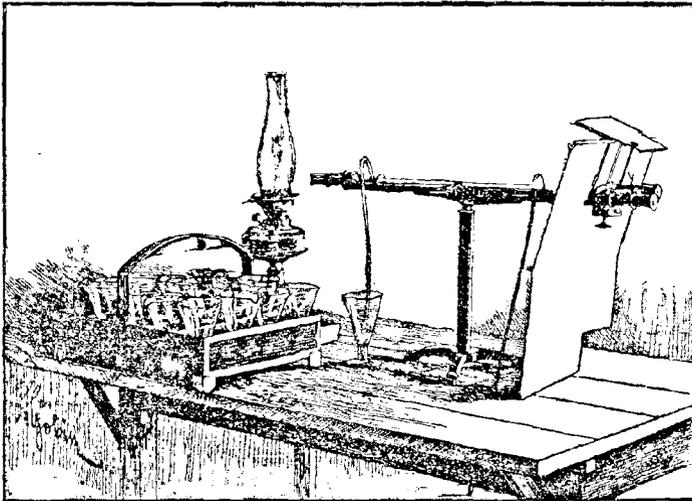


Fig. 48. — Saccharimètre et tube continu Pellet pour la polarisation rapide des solutions sucrées.

Cette opération faite, les fioles sont énergiquement agitées et envoyées à la filtration. Les liquides filtrés sont recueillis dans des vases numérotés. Les liqueurs sont acidulées par quelques gouttes d'acide acétique, bien mélangées et passées par séries au polariseur.

On emploie généralement un saccharimètre spécial gradué de 5 à 40.

On observe les liquides au tube de 40 cm. La lecture donne directement le taux de sucre 0/0 gr. de betteraves. Pour supprimer les lenteurs dues au remplissage des tubes, on emploie le tube continu, à syphon, muni à une extrémité d'un petit tube d'aspiration et à l'autre extrémité d'un long tube d'évacuation fermé au moyen d'une pince de Mohr.

Les résultats sont notés, au fur et à mesure des observations sur un registre spécial, et en face de chaque analyse, on porte le poids de chaque betterave reconnue bonne.

Le triage s'effectue à la fin de chaque journée. Les sujets acceptés sont pesés. On en coupe la queue, on ravive les plaies s'il y en a et on bouche les trous avec de l'argile. On peut alors remettre en silos ou conserver en cave.

En une journée de 10 heures un homme peut perforer environ 2000 racines, peser 800 à 1000 essais, polariser 600 liqueurs.

Il existe de nombreuses modifications de détail à cette manière de faire et on peut dire que chaque laboratoire a adopté, à ce point de vue, un mode de travail qui lui est particulier.

5° *Procédé Pellet, modification Hanriot.* — Hanriot a cherché à supprimer le foret-râpe ; pour cela il pèse sur un cylindre extrait de la betterave, le poids nécessaire pour l'analyse et broie ce fragment dans un moulin spécial, qui donne une pulpe très fine.

Pour l'emploi de ce procédé il faut donc une sonde. On peut se servir pour cet usage de la sonde dite *de Lindeboom* dont nous avons déjà parlé, ou de celle qui est construite par Gallois et Dupont et dans laquelle le cylindre tranchant, afin de faciliter le coupage, tourne en même temps qu'il pénètre dans la betterave.

Le moulin Hanriot (1) consiste en une boîte conique en bronze dur munie d'une tubulure latérale et montée sur 3 pieds que l'on visse sur une table.

Dans cette boîte, dont la paroi intérieure est cannelée dans le sens de la génératrice du cadre, se meut une noix, animée d'un mouvement de rotation à l'aide d'engrenages. La vitesse à donner est de 2000 tours à la minute. La noix est taillée en râpe à bois, et l'inclinaison des dents par rapport à l'axe est de 45°, de façon à aider à l'évacuation de la pulpe et au lavage.

La partie supérieure de la noix, sur une longueur de 13 mm., est taillée en cannelures de 45° par rapport à l'axe ; cette disposition a pour but de s'opposer au reflux de la pulpe dans la partie supérieure de la boîte.

(1) *Bl. sucr. de dist.* 7, p. 27, 1889. 10, p. 105, 1893.

Pour faciliter le remplacement et le retaillage de la noix, celle-ci est vissée sur l'axe.

L'appareil étant monté, on introduit un cylindre de betteraves pesé d'avance, dans la tubulure latérale ; après avoir mis la noix en mouvement, on le pousse contre elle au moyen d'un poussoir spécial s'engageant à frottement doux dans cette tubulure.

La partie inférieure de la boîte se termine en un entonnoir qui s'engage dans un ballon jaugé dans lequel tombe la pulpe. Quand le râpage est terminé, on lave la noix avec un jet d'eau qui entraîne toute la pulpe dans le ballon jaugé. L'appareil est prêt pour une nouvelle opération.

Voici comment fonctionne le jet d'eau : Le poussoir qui est formé d'un cylindre creux d'acier ou de bronze est monté sur une poire en caoutchouc de 40 à 80 cc. de capacité, suivant que le volume du ballon jaugé dont on fait usage est de 50 ou 100 cc. Le cylindre est exactement du diamètre de la tubulure ; son extrémité est taillée en biseau évidé suivant le profil de la boîte de façon à arriver au contact de la noix. Cette extrémité est percée sur le pourtour de petits trous par lesquels sort l'eau qui entraîne la pulpe et lave la noix.

Deux robinets placés l'un au-dessus de l'autre, au-dessous de la poire, et dont les clefs sont rendues solidaires par une petite bielle, servent à la vidange ou à l'alimentation de la poire en caoutchouc mise en communication avec un réservoir à eau par l'olive en caoutchouc qui la termine.

L'appareil Hanriot est très ingénieux et fonctionne bien ; pour être certain du lavage il vaut mieux employer 80 cc. d'eau que 40 cc. et recevoir le liquide dans une fiole de 100. Toutes les autres manipulations sont semblables à celles que l'on effectue dans le procédé primitif de Pellet ; par suite de la dilution, la lecture doit être doublée, à moins que le polarimètre ne soit muni d'une échelle spéciale, ce qui serait évidemment préférable.

6° *Procédé Pellet-Hanriot.* — Ces auteurs ont cherché à supprimer la pesée qui est une des opérations les plus délicates de l'analyse ; ils y sont parvenus en se basant sur ce fait, que la différence de poids entre deux petits cylindres de betterave de mêmes dimensions, est insensible, autrement dit, que les poids de ces cylindres sont *pratiquement* les mêmes.

On voit d'ici la marche du procédé qui ne pouvait que compléter d'une manière heureuse le moulin Hanriot.

Au sortir de la sonde, le cylindre est reçu dans une boîte à rainures et porté au couteau. La partie découpée est alors broyée au moulin et on termine comme nous l'avons dit. Il suffit de régler une fois pour toutes l'écartement des deux lames du couteau de manière à obtenir le poids voulu.

La manœuvre de la sonde et du couteau ne demande que quelques secondes ; il y a là une économie de temps qui n'est pas négligeable, et qui permet d'augmenter, sans nuire à l'exactitude, le nombre des analyses qu'il est possible d'exécuter par poste.

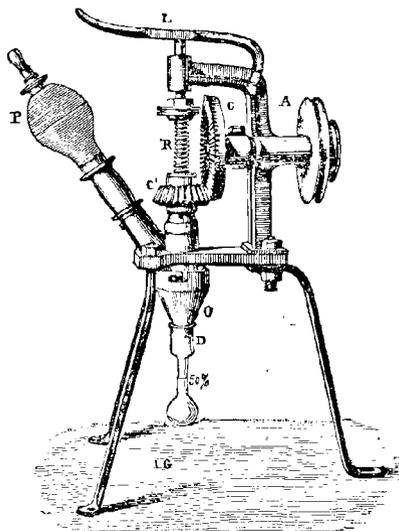


Fig. 49. — Appareil Pellet-Hanriot pour l'analyse rapide des betteraves mères.

Plusieurs dispositions accessoires ont été proposées pour rendre les méthodes de Pellet et Hanriot d'un usage encore plus simple. Elles nous paraissent sans grande importance. Signalons cependant un indicateur électrique de richesse dû à Hanriot, un jaugeur automatique pour le remplissage des ballons, etc. Nous n'insisterons pas sur ce sujet et nous renverrons nos lecteurs à la littérature spéciale.

7^o *Méthode Vivien.* — Le dosage du sucre, même par les méthodes directes, ne donne pas un résultat complet. La proportion des matières étrangères solubles, organiques et minérales, associées au sucre dans les cellules de la betterave joue en effet un grand rôle dans la fabrication du sucre. En d'autres termes, il est nécessaire que la culture produise de la betterave dont le jus soit aussi riche en sucre et aussi pur que possible. Or, le dosage direct du sucre ne tient aucunement compte de cette pureté qui, comme on le sait, ne concorde pas toujours

régulièrement avec les hautes richesses saccharines. Pour un élevage parfait on doit donc se préoccuper de cette donnée.

Pour ne pas compliquer outre mesure les opérations de la sélection, cette détermination pourrait ne se faire que sur les sujets constituant l'élite. On peut opérer comme l'a indiqué Vivien (1) : un petit échantillon de betterave provenant d'un forage est réduit en pulpe, pressé ; on détermine la densité du jus en pesant, avec les précautions voulues, un petit volume dans un dé de verre à bords rodés, fermé par une plaque de verre et dont le volume a été déterminé antérieurement par le poids de l'eau qu'il peut contenir. On calcule la densité, et on détermine le sucre sur le jus restant, par polarisation après dilution, ou par la liqueur cuivrique, après inversion. On a ainsi toutes les données nécessaires pour établir la pureté apparente (2).

En opérant ainsi, et en comparant le résultat obtenu avec le chiffre donné par le dosage direct du sucre, complétant de plus ces essais par l'examen attentif des caractères extérieurs, on obtiendra un renseignement irréprochable et on pourra marcher d'une façon sûre dans la voie de l'amélioration.

61. Prélèvement de l'échantillon destiné à l'analyse. — Jusqu'ici, nous n'avons pas dit comment doit se faire le prélèvement de l'échantillon destiné à l'analyse, pour que cet échantillon représente la moyenne de la betterave entière.

Violette a indiqué par un raisonnement absolument théorique que l'on devait prélever l'échantillon vers le quart supérieur de la racine. Ce savant supposait que la betterave a la forme exacte d'un cône de révolution, que la richesse saccharine croît en progression arithmétique du collet à l'extrémité de la racine et qu'en tous les points d'une même tranche cette richesse est sensiblement la même. En partant de ces hypothèses il est facile de voir que l'on doit prendre l'échantillon dans la tranche qui passe au quart supérieur de l'axe.

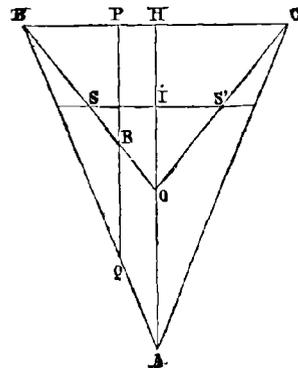


Fig. 50.

Soit en effet le triangle isocèle ABC, la section faite dans une betterave par un plan passant par l'axe AH. Considérons un cylindre infiniment

(1) Vivien. *Traité de la fabrication du sucre*, p. 174.

(2) Il ne faut pas perdre de vue qu'il ne s'agit ci-dessus que d'un procédé approximatif, en vue d'un but spécial.

mince PQ, parallèle à AH. En vertu de l'hypothèse, la richesse au point R milieu de PQ représente la richesse moyenne de ce cylindre. Tous les points milieux des droites parallèles à AH se trouvent sur les droites BO

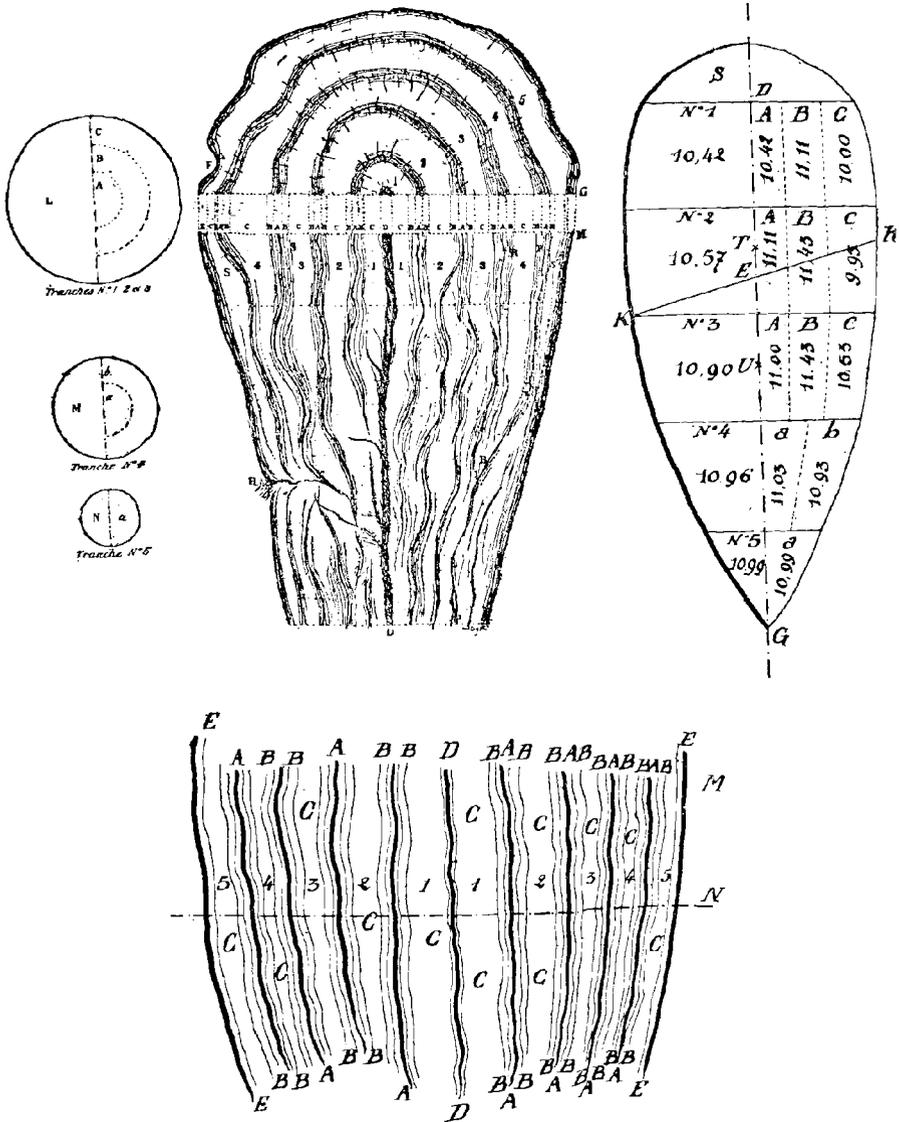


Fig. 51 à 53. — Recherches de Vivien sur la répartition du sucre dans la racine de la betterave.

et CO aboutissant au point O, milieu de AH. Mais c'est aux points S et S', milieux de BO et CO, que la richesse est égale à la richesse moyenne de ces droites et par suite à celle de la section ABC. Nous voyons donc que, pour avoir le titre de la betterave il faudra analyser la tranche SS'.

Cette droite SS' coupe AH au point I, et l'on a :

$$OI = \frac{OS}{SB} = 1 \text{ donc } HI = OI = \frac{AH}{4}$$

Nous rappellerons ensuite les travaux de Vivien (4) ; ce dernier a d'abord recherché si le sucre est également réparti dans les différentes zones plus ou moins opaques d'une même tranche perpendiculaire à l'axe. Il a opéré sur une de ces tranches, MN (fig. 51 à 53), et a divisé chaque zone en 3 parties ; l'une centrale A, correspondant à la partie médiane du tissu fibro-vasculaire ; les 2 autres, B comprenant les parties de ce tissu fibro-vasculaire confinant à la partie médiane ; la 4^e C composée de la partie transparente, c'est-à-dire du parenchyme séparant entre elles les diverses zones.

Les mêmes parties de chaque zone, analysées ensemble ont donné :

		Sucre 0/0 kilogr.	Cendres	Quotient salin
Zones opaques.	A	44 k. 77	0 k. 562	26,28
	B	14 30	0 675	24,18
Zones transparentes.	C	11 62	1 125	10,33

La moitié intégrale de la betterave a été râpée, le jus extrait avait 1.058 de densité et contenait par hectolitre :

Sucre.....	43 k. 400
Cendres.....	0 788
Matières organiques.....	0 962
Eau.....	90 650
Poids de l'hectolitre.....	105 k. 800
Degré de pureté.....	86 45
Coefficient salin.....	17 00

Il faut par conséquent conclure de ces essais qu'il est nécessaire de prélever l'échantillon de betterave destiné à l'analyse sur toute la largeur de la racine.

Vivien a ensuite divisé une betterave de 0 m. 25 de long, privée de son collet S (fig. 52) en cinq tranches de même hauteur et chacune d'elles en couronnes d'égale épaisseur, au nombre de trois pour les 3 premières, L ; de 2 pour la 4^e, M ; la 5^e, N, restant telle quelle.

Chaque partie, marquée de l'une des lettres, en partant de l'axe, pesée et essayée séparément a donné les résultats suivants :

(4) Vivien. *Traité de la fabrication du sucre*, p. 174 et suiv.

Couronnes				Tranches			
Marques	Poids	Sucre 0/0	Sucre total	N ^{os} d'ordre	Poids	Sucre 0/0	Sucre total
A.....	27 ^{sr} 7	10,42	2 ^{sr} 886	1	250 ^{sr} 0	10,42	26 ^{sr} 050
B.....	84 2	11,11	9 354				
C.....	138 4	10,00	13 810				
A.....	21 4	11,11	2 377	2	192 0	10,57	20 296
B.....	63 9	11,43	7 303				
C.....	106 7	9,95	10 616				
A.....	15 0	11,00	1 650	3	136 0	10,90	14 823
B.....	48 0	11,43	5 486				
C.....	73 0	10,53	7 687				
A.....	19 5	11,05	2 155	4	81 0	10,96	8 877
B.....	61 5	10,93	6 722				
C.....	28 0	10,99	3 077				
Totaux.....	687 ^{sr} 0		73 ^{sr} 123		687 ^{sr} 0		73 ^{sr} 123

D'où il résulte que la richesse centesimale moyenne est de

$$\frac{73,123 \times 100}{687} = 10,643$$

Cette richesse est comprise entre la deuxième et la troisième tranche, c'est-à-dire un peu au-dessus du premier tiers de la hauteur et nous aurons un échantillon moyen en dirigeant la sonde perpendiculairement à l'axe DG, de façon à le rencontrer entre le tiers T et la moitié U de sa hauteur, en partant du collet, soit suivant la ligne KABC. Le plus souvent on perce la betterave obliquement suivant la ligne KER.

Slassky (1) a exécuté des essais dans le même sens. Il a coupé une betterave Vilmorin en 10 parties par des sections perpendiculaires à l'axe et

N ^{os} des tranches à partir du collet	Bett. Vilmorin		Bett. cunéiforme		Bett. fusiforme	
	Poids des tranches	Sucre 0/0 du jus	Poids des tranches	Sucre 0/0 du jus	Poids des tranches	Sucre 0/0 du jus
1.....	102	14,0	80	16,5	82	13,5
2.....	130	16,4	77	17,5	147	16,2
3.....	142	16,8	72	17,6	97	17,0
4.....	119	17,1	49	18,0	117	16,0
5.....	87	17,1	39	17,6	62	16,0
6.....	57	16,1	29	17,1	35	15,8
7.....	39	16,0	22	17,1	25	15,8
8.....	27	15,6	15	15,5	12	15,8
9.....	19	14,6	9	14,8	7	14,9
10.....	12	»	5	»	5	»

(1) Slassky. *Distribution du sucre dans les différentes parties de la betterave*, Bl. *sucr. et dist.*, 11, p. 276, 1893, et *Monit. Scient.*, 1894, p. 934.

déterminé la teneur en sucre de chaque partie. Il a examiné de la même manière des betteraves cuneiformes et des betteraves fusiformes.

Voici les chiffres qu'il a obtenus (Tableau en bas de la page 178).

Il résulterait de ces expériences, malgré l'incertitude des teneurs en sucre relatives au jus, que l'endroit où se trouve la richesse moyenne de la racine varie avec l'individu considéré, surtout suivant sa forme. Cette conclusion est d'ailleurs à peu près semblable à celle qui a été formulée par Bartos (1) : l'endroit où le sucre se trouve accumulé en plus grande quantité, et par conséquent aussi, l'endroit où la richesse saccharine représente une moyenne, varie, non seulement avec l'individualité des sujets, mais encore avec leur forme et le point de maturité auquel ils sont parvenus.

Nous avons déjà dit que la sélection s'opère en février-mars sur les betteraves conservées en silos. Il est bien certain que les richesses saccharines constatées à cette époque ne sont plus celles qu'avaient les racines à l'arrachage ; il en résulte que la base adoptée ne donne pas toujours un classement rationnel. La betterave riche perd généralement plus en silo que la betterave pauvre et ces pertes ne sont même pas du tout régulières, elles varient avec la méthode d'ensilage, les conditions météorologiques, la place occupée par la racine dans le silo. On voit donc bien, qu'il serait préférable de faire la sélection chimique, aussitôt que possible après l'arrachage. Ce système soulève encore des objections. On prétend que la conservation en silos permet d'éliminer les sujets ayant des dispositions à l'altération par conservation ; cette raison n'est pas très fondée, attendu que les betteraves qui se conservent mal, toutes autres conditions égales, sont toujours celles qui sont déjà atteintes d'une maladie ou qui ont été blessées ou meurtries. On a encore dit que les betteraves perforées se conserveraient plus difficilement, mais ce fait n'est pas prouvé et si on considère que la section faite dans la chair de la betterave est absolument nette et qu'elle se cicatrise très rapidement, il n'y a pas lieu de craindre la pourriture des sujets analysés ; il est toujours loisible du reste, de boucher le trou du foret avec de l'argile, pure ou mélangée de charbon de bois ou de cendres. Une autre objection plus grave — celle qui tranche réellement la question — est qu'à l'époque de l'arrachage toute l'activité agricole est retenue par d'autres travaux ; il faudrait pour sélectionner à ce moment, une augmentation considérable de personnel, que ne peut supporter le producteur.

62. Résultats de la sélection. — La transmission des caractères des reproducteurs à leur descendance n'est jamais absolue, lorsque l'on

(2) Bartos. *Ueber die Zusammensetzung der Zuckerrübe in verschiedenen Perioden ihrer Vegetation*, Z. Zuckerind. in Böhmen, 21, 307, 1897.

opère par semis. Beaucoup des sujets de cette descendance ont une tendance à la variation spontanée, soit dans un sens, soit dans l'autre, et, comme nous l'avons dit, ce phénomène s'exalte chez les variétés soumises à la culture. Le fait est particulièrement net chez la betterave ; voici d'ailleurs un tableau (1) qui montre, que sur 15.817 sujets récoltés sur une même parcelle de terrain, l'analyse a accusé des divergences de richesse considérables.

Nombre de pieds	Richesse en sucre	Proportion 0,0
4	7 à 8	0,006
10	8 — 9	0,06
47	9 — 10	0,30
295	10 — 11	1,88
801	11 — 12	5,09
1.972	12 — 13	12,13
3.537	13 — 14	22,49
4.258	14 — 15	27,08
3.251	15 — 16	20,34
1.364	16 — 17	8,68
292	17 — 18	1,68
9	18 — 19	0,05
15.817		

Richesse moyenne générale = 14,2 0/0

On voit d'après cela, toute l'importance qu'il y a de procéder chaque année, à la sélection. Du reste, il est possible de donner beaucoup de preuves de l'influence de celle-ci.

Il suffit tout d'abord de consulter les statistiques pour voir de quelle manière, dans les différents pays, se sont élevés les rendements en sucre, sous l'influence de cette sélection. Voici encore un document du même ordre, publié par Pagnoul, et dans lequel ce savant indique la marche croissante de la richesse des betteraves dans le département du Pas-de-Calais, depuis 1884.

Nombre de lots sur 1.000 ayant donné des densités de :

Densité du jus	Avant 1885	En 1885	En 1886	En 1887	En 1888
De 3° à 4°.....	60	0	0	0	0
— 4° à 5°.....	600	41	10	13	9
— 5° à 6°.....	330	592	261	238	28
— 6° à 7°.....	10	329	604	646	397
— 7° à 8°.....	0	29	116	102	529
— 8° à 9°.....	0	9	9	1	37

Ces chiffres sont d'ordre statistique ; ils portent sur un ensemble de faits et on pourrait en arguer que la preuve des bons effets de

(1) Pellet, Beudet et Saillard. *Traité de la fabrication du sucre*, p. 213.

la sélection n'est pas absolument nette ; nous pourrions citer des expériences culturales dans lesquelles la supériorité des graines sélectionnées s'est nettement démontrée. M. A. Vivien nous a communiqué des résultats d'expériences de ce genre ; des graines provenant de betteraves mères de richesses différentes ont donné des racines ayant également différentes teneurs en sucre ; les différences n'étaient pas très considérables, mais s'étaient maintenues dans le même sens que chez les mères.

L'expérimentation directe est donc favorable à la sélection.

Voyons maintenant de quelle manière ce travail de sélection classe les racines, c'est-à-dire quelle est en général la proportion des sujets de diverses richesses.

D'après Pellet, Beudet et Saillard (1), sur 30.519 sujets mis de côté lors de l'arrachage, on a eu lors de la sélection :

8.434	pieds d'une forme défectueuse ou	27,9 0/0
5.998	— pesant moins de 550 gr. ou	19,9 »
4.647	— pesant plus de 550 gr. et titrant moins de 13 0/0 ou	15,4 »
6.512	— » » de 13,5 à 15 0/0 —	20,5 »
3.207	— » » de 15 à 16 0/0 —	10,6 »
1.721	— » » plus de 16 0/0 —	5,7 »

Sur 4.464 racines, le nombre des sujets de richesses différentes a été :

Richesse	Nombre de racines		
7 à 8	1	soit	0,2 pour mille
8 à 9	8	—	1,79
9 à 10	39	—	8,73
10 à 11	467	—	104,61
11 à 12	723	—	161,94
12 à 13	1.078	—	241,48
13 à 14	1.043	—	233,64
14 à 15	747	—	167,34
15 à 16	303	—	67,87
16 à 17	49	—	10,97
17 à 18	4	—	0,89
18 à 19	1	—	0,2
19 à 20	1	—	0,2

Enfin, pour terminer, voici un tableau publié par Kühn montrant les résultats de la sélection faite en 1898, et dans lequel, seuls, les sujets constituant l'élite ont été classés suivant leur poids et leur richesse.

Nombre de sujets analysés.....	250.000
Sujets rejetés pour défaut de poids ou de richesse (2).....	247.030
Sujets d'élite pesant plus de 600 gr. et d'une richesse supérieure à 17,7 0/0.....	2.970
Poids moyen d'un sujet d'élite.....	930
Richesse moyenne »	19.54

(1) *Loc. cit.*, p. 238.

(2) Poids minimum 600 gr. Richesse minimum 17,7.

Classification des sujets constituant l'élite.

Elevage de Kuhn

0/0 de mère Digestion aqueuse à chaud	POIDS DE LA BETTERAVE																									
	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850
17.7																			1	1						
17.8																		1	2		1				1	
17.9																	1	2								
18.0																1	3			1				1		
18.1															2	1	1									
18.2													6	2	2	1	1	1	1	2		1				
18.3													2	5	1	2	6									
18.4											11	6	7	13	7	5	1	2	3	4						
18.5										21	15	7	8	6	3	1										
18.6											50	14	42	19	7	3	8	3	1					1		
18.7											55	54	18	15	15	16	7	2	1							
18.8										31	38	12	13	8	7	6	3	3	2		1					
18.9										60	78	22	18	13	5	7	3	1	2		1					1
19.0											52	33	34	11	13	4	4	1		1				1	1	
19.1											76	44	35	28	7	4	7	6	2				1			
19.2											60	42	32	28	20	5	2	3	1	3	3					
19.3											53	52	46	30	16	22	2	2								
19.4											77	55	55	38	31	20	13	9	4	3	4	1	1			
19.5											65	38	42	23	14	12	16	7	2	5	1	1	1			
19.6											30	40	22	15	9	6	12									
19.7											39	50	37	10	10	13	6	2	3	4						
19.8											18	10	7	7	5		2									
19.9											49	34	29	19	17	11	6	3	3							
20.0											21	16	9	10	5	4	5	1	2	1						
20.1											13	10	10	8	6	4	1	3	1							
20.2											8	4	9	5	7	3	2									
20.3											6	1	4	2	3		1	2								
20.4											10	6		1	5		3									
20.5											4	1		1	2	1	1									
20.6											3	1		2	1											
20.7											1	2	2													
20.8												3														
20.9													3													
21.0											1	2														
21.1												2	1													
21.2											1		1													

63. Prix de revient des betteraves sélectionnées. — Les betteraves prêtes à être soumises à l'analyse, déjà triées une première fois, ayant subi un déchet de conservation et divers frais de manutention, coûtent environ 0 fr. 01 par pièce. Il faut y ajouter les frais de la sélection proprement dite.

En supposant que l'on perfore 2.000 à 2.400 racines par jour, on peut les évaluer de la façon suivante :

Foret-râpe	}	1 ouvrier au foret-râpe.....	2 ^f 50
		1 aide.....	1 50
Balance	}	2 peseurs.....	3 00
		1 aide.....	1 50
Jaugeage	}	1 emplisseur de ballons.....	2 00
		1 jaugeur.....	2 00
Filtrage et polarisation	}	1 filtreur.....	2 00
		1 polariseur à 250 fr. par mois.....	8 33
		1 ouvrier pour le nettoyage.....	1 50
		1 ouvrier pour le charroi des racines.....	2 00
		Moteur, surveillance, sous-acétate, filtres, divers.....	20 67
		Total.....	49 ^f 00
		A déduire la valeur de 1.200 racines de 0 k. 800.	9 00
		Reste pour 1.200 racines considérées comme bonnes.	40 ^f 00

Soit par conséquent 0 fr. 033 pour chaque racine choisie. Ce prix de revient ne peut certainement pas être considéré comme absolument invariable ; il doit osciller dans d'assez fortes proportions suivant les années, les conditions économiques de la région, la proportion des rejets, et aussi suivant l'importance plus ou moins grande du laboratoire de sélection, car il est évident que les frais doivent proportionnellement diminuer, au fur et à mesure que la quantité de racines analysées augmente.

Voici à titre d'exemple, un compte de sélection donné par Hélot (1) et provenant de la sucrerie d'Aulnoye.

Année 1897.

Quantité de betteraves sélectionnées, rejets déduits : 493.613	
Produits chimiques, filtres, etc.....	2.089 ^f 50
Main-d'œuvre, surveillance, etc.....	1.728,30
Eclairage des salles et du saccharimètre.....	88,10
Charbon pour la machine.....	199,85
Pertes et dépréciations.....	153,75
Total.....	4.259 ^f 50

D'où, par betterave, 0 fr. 022, ou, en y ajoutant les frais de culture,

(1) Hélot. *Nécessité de faire progresser en poids et en richesse la betterave à sucre.* Rapport présenté au Congrès des fabricants de sucre le 27 mai 1898.

d'ensilage, etc., précédemment payés 0 fr. 032. Si la sélection n'a pour but que de faire rechercher les sujets exceptionnels, ce prix de revient s'élève considérablement et, dans l'exemple de la sucrerie d'Aulnoye, si on n'avait conservé que des sujets titrant au moins 18 0/0, au lieu de 193.613 racines on n'en aurait probablement conservé que 2.500 à 3.000 environ. Dans ce cas, par betterave, le prix de revient se serait élevé approximativement à 1 fr. 40.

64. Le planchon et sa culture. — 1° *Généralités.* — Le choix des sujets destinés à la reproduction étant terminé, d'autres opérations vont commencer ; il faut en partant de ces sujets, arriver à produire la graine commerciale. C'est là une chose à laquelle il est impossible de parvenir, pour peu que l'on ait en vue une production de graines importante, par le seul moyen des racines analysées. Supposons une exploitation d'importance moyenne, outillée pour livrer au commerce 800.000 kilog. de semences ; si nous admettons qu'un hectare de porte-graines renfermant 20.000 pieds donne en moyenne 2.000 k. de graine, chiffre très voisin de la réalité, la production que nous avons indiquée entraîne la culture de 400 hectares ; cela représenterait 8 000.000 de betteraves à planter, soit en les comptant à raison de 0 k. 800 l'une, une quantité de 6.500.000 kgr. environ, c'est-à-dire l'approvisionnement d'une sucrerie de petite importance. Sur le vu de ces chiffres, on conçoit l'impossibilité matérielle de livrer au commerce des graines provenant directement de sujets analysés, ou même de sujets d'une certaine grosseur. Il a donc fallu trouver un biais et ce biais est l'intercalation entre les mères analysées et la graine commerciale d'une génération intermédiaire, le planchon, que l'on cultive d'une manière très spéciale, à faible écartement, pour obtenir par unité de surface des betteraves nombreuses et très petites, qui constituent la descendance directe des mères et qui, sans nouvelle sélection servent de porte-graines pour donner la semence du commerce. Il faut donc commencer par faire produire de la graine, dite *graine d'élite*, aux mères analysées, et, si nous n'insistons pas actuellement sur les méthodes de culture usitées en pareil cas, c'est que, à part quelques soins spéciaux et quelques variantes de détail dont nous parlerons bientôt, elles sont absolument semblables à celles qui sont utilisées pour faire donner de la graine aux planchons.

On a beaucoup écrit pour et contre l'usage de ces planchons. Vivien leur reconnaît de nombreux inconvénients. Knauer (1) est du même avis et dit que ce procédé est contraire à toutes les règles d'un élevage rationnel. Desprez, par contre, pense que le poids des semenceaux, pourvu qu'ils aient été récoltés à maturité, n'exerce aucune influence sur

(1) Knauer. *Culture de la betterave.*

la descendance. Fouquier d'Héronel, Rabbethge et Giesecker, G. Ville (1) préfèrent les gros porte-graines. G. Vibrans, Pellet, Marek, etc. disent que la graine obtenue sur de petits sujets est tout aussi bonne et donne d'aussi bons résultats en culture que celle récoltée sur de grosses betteraves. D'après le dernier de ces auteurs (2) l'emploi des plançons serait même beaucoup plus avantageux. Vilmorin pense également que l'emploi des petits plançons, la *Stecklingscultur* selon l'expressive locution allemande (3), est sans influence sur la valeur des graines obtenues. Proskowetz est d'avis que, en ce qui concerne le poids absolu de la récolte, les gros sujets sont infiniment supérieurs, mais, que si on considère que les petites betteraves n'ont besoin pour végéter que d'une place restreinte, le résultat final de la récolte est beaucoup plus élevé avec ces dernières.

En 1894 ce même auteur (4) conclut de nouvelles expériences que les plançons, en 2^e année de végétation, augmentent plus fortement en poids que les betteraves normales. Un essai lui a montré que si on suppose un poids primitif de racine, égal à 1, le poids de betterave normale devient égal à 1,14, tandis que le poids du plançon atteint 3,25 ; il considère cependant que la production de la graine au moyen des plançons est plus économique, car lorsqu'un poids primitif de ces derniers égal à 1 k. fournit 2 k. 77 de graines, le même poids de betteraves normales n'en donne que 0 kg. 60.

Somme toute, à part les divergences sur la valeur de la graine obtenue, les différents auteurs sont à peu près unanimes à reconnaître à l'emploi des plançons des avantages au point de vue de l'économie et de la facilité de travail.

Ces avantages sont probants ; mais si l'on considère que le plançon est une culture intermédiaire entre les élites et la graine commerciale, la déféctuosité de la méthode est non moins douteuse. Mais, même à un autre point de vue, si on n'envisage que la grosseur du plant, on ne peut s'empêcher de voir encore d'autres inconvénients, car la culture des plançons est anormale et ébranle forcément la constance des caractères de la variété. Malheureusement, comme nous l'avons vu, il est bien difficile de procéder autrement, à moins de produire du plant de moyenne grosseur et de le sectionner comme nous le dirons bientôt.

(1) G. Ville. Conférence sur la culture de la betterave à sucre à Bruxelles. *Journ. des fabr. de sucre*, 7 mai 1874.

(2) Voyez : *Le cultivateur de betteraves*, n° 2. 1882.

(3) *Steckling* est un mot allemand qui veut dire *bouture*.

(4) Proskowetz. *Versuche über den Einfluss der Anwendung von Stecklingen auf die Rübensamenzucht*, *Oest. Ungarische Z.* 22. Voyez aussi, à propos de la production des graines au moyen des plançons : Rümcker. *Einiges über Zuckerrübenzüchtung, Blätter Zuckerrübenbau*, fasc. 9, 10, 17 et 22. 1894. — Stein. *Ueber Rübensamenzucht mittelst Stecklinge*. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 21, 1897. — H. Brien, *Oest. Ungarische Z.* 1900 et *A. Agronom.* 27, p. 237, 1901.

2° *Assolement*. — L'assolement suivi pour la culture des plançons est généralement le même que celui qui est usité pour la betterave industrielle. Comme nous traiterons cette partie d'une manière détaillée dans la suite de cet ouvrage, il nous paraît inutile d'y insister actuellement.

3° *Préparation du sol. Semis*. — Comme pour la betterave à sucre, il faut un sol profond, riche, homogène. Les sols argilo-sableux, riches en humus et en calcaire conviennent le mieux. Le sous-sol doit être de préférence de même nature que la couche arable ; il faut qu'il soit riche, pour que les racines puissent y puiser leur nourriture.

On laboure avant l'hiver, toujours profondément, à 0 m. 35 de profondeur.

La fumure est naturellement variable suivant la nature du terrain et son état de culture, aussi ne donnons-nous les chiffres suivants qu'à titre d'exemples, pour fixer les idées.

On fume au printemps, soit avec 50 ou 60 mc. de bon fumier de ferme qu'on enfouit par un labour superficiel, soit avec 2000 kil. de tourteaux d'arachides ou de sésame, soit avec l'équivalent en sang desséché, chiffons de laine, etc. ; on recouvre à l'extirpateur, on herse, on roule, on laisse lever les mauvaises herbes qu'on détruit ensuite à la herse. La terre est alors prête pour les semilles.

Elles ont lieu du 15 au 25 avril et se font le plus généralement à plat, en lignes espacées de 0 m. 25. On emploie 40 kil. de graines à l'hectare. Avant l'ensemencement ou aussitôt après, on sème par hectare 200 à 250 kil. de nitrate de soude à 15 0/0 d'azote. On ajoute 500 kil. de superphosphate à 15 0/0 d'acide phosphorique. On recouvre à la herse. S'il fait beau on roule le semis après un jour ou deux.

4° *Façons agricoles*. — La levée s'effectue rapidement ; dès qu'on voit suffisamment les lignes pour se guider, on donne un premier et rapide binage, soit à la main, soit à la houe à bras. Ce travail est payé à l'hectare, en moyenne, 12 fr.

Dès que la betterave est suffisamment forte, on effectue le démariage. Il se fait à la main ou à l'aide d'une petite binette légère, à manche court. On laisse par mètre courant, de 5 à 7 betteraves, parfois plus, jusqu'à 10, ce qui représente 200 000, 281.000 ou 400.000 pieds à l'hectare.

Ce travail est payé à l'hectare en moyenne 75 francs.

Si la terre est légère on peut rouler avant ou après le démariage.

Un troisième binage, à la main, est presque toujours nécessaire, et toujours utile, il est payé 10 à 12 fr. l'hectare.

5° *Arrachage et conservation*. — L'arrachage se fait quand la betterave

a atteint une complète maturité, signalée par le jaunissement des feuilles ; on attend même parfois que ces dernières aient presque complètement disparu. Il s'effectue généralement du 1^{er} au 20 octobre. En année pluvieuse on doit éviter une repousse qui nuirait à la conservation en silos.

Cette opération s'effectue mécaniquement avec une petite charrue simple du Nord dont on a supprimé le coutre. Deux chevaux attelés en file, marchent entre les lignes. Le charretier mène sa charrue de façon à effleurer la ligne de betteraves sans la toucher, en enlevant une raie de 20 à 23 centimètres de largeur. La terre se trouve ainsi labourée. La charrue est terrée suivant la longueur des racines à extraire, qui sont ainsi soulevées et facilement enlevées. Une équipe de gamins ou de femmes, échelonnés le long du sillon, tirent les betteraves à la main sans les blesser ni les casser. Le charretier fait le tour de la pièce et peut, avec une attelée de deux chevaux, arracher 30 à 35 ares par jour avec une équipe de 30 à 35 gamins ou femmes, y compris les porteurs aux silos.

Ce travail peut être évalué à 160 francs l'hectare.

Les silos se font au niveau du sol sur toute la longueur du champ, dans le sens des lignes de betteraves, à 30 ou 40 mètres les uns des autres. Les betteraves sont mises en tas de 1 m. 50 de largeur à la base, 0 m. 80 au sommet, 0,80 à 1 mètre de hauteur. Ces tas sont recouverts de longue paille tenue au pied et au sommet par une pelletée de terre. On achève de couvrir les silos au moyen de terre que l'on met sur une épaisseur de 0 m. 80. On la prend autour des tas. On prévient l'échauffement en ménageant, de distance en distance, une cheminée bouchée par de la paille.

Un hectare de planchon bien réussi produit environ 200 à 250 mètres de silos dont le couvrage, évalué à 0 fr. 40 le mètre, coûte en moyenne 90 fr.

Après l'hiver, dans la 1^{re} quinzaine de mars s'il fait beau, on procède au désilotage.

On découvre les silos à la bêche ou à la houe en remettant la terre où elle a été prise. Ce travail coûte environ 0 fr. 15 le mètre et revient à 30 fr. l'hectare.

Le triage et la préparation des sujets sont faits par des femmes et des gamins pour diminuer les frais de main-d'œuvre. Ces ouvrières et ces gamins rejettent les sujets mal conformés, racineux, etc., et coupent la queue de la racine lorsque celle-ci est par trop longue.

Le prix de revient de ce travail est très variable en raison du soin que l'on y fait apporter. On ne peut guère compter moins de 125 fr. à l'hectare, et il faut tabler sur 50 0/0 de betteraves rebutées lorsque le travail est fait soigneusement.

Il reste donc environ 100.000 plants d'utilisables pour un hectare. Ces 100.000 plants serviront à planter 4 hectares de graines.

6° *Prix de revient d'un hectare de planchon.* — Avec ces données, nous pouvons établir le prix de revient d'un hectare de planchon, nécessaire pour planter 4 hectares de graines. Ce prix variera naturellement avec les régions.

1° Location	50 fr.
2° Impositions, assurances et divers	12 »
3° Engrais, dont 1/3 non utilisé la 1 ^{re} année 385 fr. } — 125 fr. }	260 »
4° Semence (graines de mères analysées) 40 k. à 1 fr. 50	60 »
5° Labour	30 »
6° Extirpations, hersages, roulages, semailles . .	30 »
7° Binage et démariage.	100 »
8° Arrachage et mise en silos.	160 »
9° Couvrage des silos	90 »
10° Découvrage des silos.	30 »
11° Triage (minimum)	125 »
12° Transport dans les champs à planter en graines .	75 »
Total	<u>1.022 »</u>

A déduire pour 10.000 kil. de betteraves de rebut pour la nourriture des animaux à 10 fr	100 »
Reste net	<u>922 »</u>

Le plant nécessaire pour 1 hectare de graine revient donc à

$$\frac{922}{4} = 230,50$$

Le planchon vient après n'importe quelles céréales et même après betteraves. Il ne peut suivre la graine de betteraves.

Il peut être suivi de graines de betteraves, d'avoine et autres céréales de printemps. Il faut fumer à nouveau dans les deux premiers cas et pas dans le dernier.

65. Culture des porte-graines (1). — 1° *Assolement.* — Leur place dans l'assolement est après betteraves, ou planchon, avoine, céréales de printemps ; parfois après blé, mais cette graminée vient plutôt après.

(1) Au sujet des précautions à prendre dans la culture des graines de betteraves, voyez aussi : X***, *Les graines de betterave dans la région du Nord.* — *Sucrierie indigène*, p. 185, 1895.

Dans le Nord, cependant, et principalement dans les arrondissements de Lille et Douai, cantons de Cysoing, Pont-à-Marcq, Orchies, où cette culture a pris naissance et où elle se fait sur de grandes étendues de terrain, la graine de betteraves et le blé alternent presque toujours d'année en année, à quelques exceptions près, surtout depuis que les cultures de lin et de colza sont devenues impossibles à cause du bas prix de ces produits. Cet assolement est défectueux. Il faut au moins une culture intercalaire. La betterave industrielle sera toujours indiquée.

2° *Préparation du sol. Fumure.* — Après céréales, on laboure profondément avant l'hiver et le plus tôt possible après la moisson, en enfouissant 60 cm. de bon fumier de ferme à l'hectare.

Après betteraves ou planchon on laboure sans fumier, à 0^m30 ou 0 m. 35.

On ne laboure pas à nouveau après l'hiver, cette culture demandant plutôt un sol ferme qu'une terre légère.

En mars on répand à l'hectare :

Dans le premier cas : 1.000 kil. tourteaux d'arachides et de sésame.

Dans le deuxième cas : 2.500 kil. tourteaux d'arachides ou de sésame.

On complète généralement après la reprise par un épandage de 150 k. de nitrate à l'hectare.

Cette fumure représenterait dans le 1^{er} cas un apport de :

	Total			Utilisé la 1 ^{re} année		
	Azote	Acide phosphorique	Potasse	Azote	Acide phosphorique	Potasse
Fumier.	120 ^k	90 ^k	150 ^k	80 ^k	60 ^k	100 ^k
Tourteau	65	15	8	44	10	6
Nitrate.	23			23		
Totaux.	218 ^k	105 ^k	158 ^k	147 ^k	70 ^k	106 ^k

Dans le second cas :

	Total			Utilisé la 1 ^{re} année		
	Azote	Acide phosphorique	Potasse	Azote	Acide phosphorique	Potasse
Tourteau.	163 ^k	38 ^k	20 ^k	108 ^k	25 ^k	13 ^k
Nitrate.	23			23		
Totaux	186 ^k	38 ^k	20 ^k	131 ^k	25 ^k	13 ^k

Or nous avons vu dans la 1^{re} partie de cette étude qu'un hectare de graines nécessite, en prenant les chiffres maxima, l'apport de :

Azote	Acide phosphorique	Potasse
166 ^k	44 ^k	23 ^k

Les fumures considérées sont donc généralement trop faibles, à moins qu'elles ne s'appliquent à des terres d'une richesse exceptionnelle.

Les chiffres cités par Graftiau (1) ne nous paraissent pas non plus absolument suffisants, ainsi qu'il est facile de le remarquer ci-dessous. Le dernier exemple donné par cet auteur semble pourtant avoir été calculé d'une manière précise et il correspond presque exactement aux quantités que nous avons indiquées comme étant prélevées par une récolte de graines.

Voici ces divers exemples de fumure :

	Apport total			Quantités utilisées		
	Azote	Ac. phos- phorique	Potasse	Azote	Ac. phos- phorique	Potasse
I						
Fumier 40.000 k.....	160 k.	120 k.	200 k.	106 k.	80 k.	132 k.
Nitrate 400 k.....	60	»	»	60	»	»
Superphosphate 450 k...	»	75	»	»	75	»
Tourteau de colza 450 k.	8	3	1	6	1	»
Totaux.....	228 k.	198 k.	201 k.	172 k.	156 k.	132 k.
II						
Fumier 45.000 k.....	180 k.	135 k.	225 k.	120 k.	90 k.	150 k.
Tourteau d'arachides 1.100 k.....	70	16	9	46	10	6
Totaux.....	250 k.	151 k.	134 k.	166 k.	100 k.	156 k.
III						
Fumier 50.000 k.....	200 k.	150 k.	250 k.	140 k.	100 k.	166 k.
Nitrate 375 k.....	56	»	»	56	»	»
Totaux.....	256 k.	150 k.	250 k.	196 k.	100 k.	166 k.
IV						
Fumier 50.000 k.....	200 k.	150 k.	250 k.	140 k.	100 k.	166 k.
Sulfate d'ammoniaque 300 k.....	60	»	»	60	»	»
Totaux.....	260 k.	150 k.	250 k.	200 k.	100 k.	166 k.
V						
Fumier 40.000 k.....	160 k.	120 k.	200 k.	106 k.	80 k.	132 k.
Nitrate 400 k.....	60	»	»	60	»	»
Superphosphate 600 k..	»	90	»	»	90	»
Chlorure de potassium 150 k.....	»	»	75	»	»	75
Totaux.....	220 k.	210 k.	275 k.	166 k.	170 k.	207 k.

(1) Graftiau. *Production de la graine de betterave*, p. 41.

Enfin, comme dernier exemple, citons une fumure qui a été employée par Vivien fils, sur une terre calcaire des environs de Laon, l'assolement étant :

- 1^o Betteraves sur fumier ;
- 2^o Blé ;
- 3^o Betteraves porte-graines.

	Apport total			Quantités utilisées		
	Azote	Ac. phosphorique	Potasse	Azote	Ac. phosphorique	Potasse
Gadoue triée 30.000 k...	300 k.	200 k.	120 k.	200 k.	132 k.	80 k.
Superphosphate 1.000 k.	»	160	»	»	160	»
Sulfate d'ammoniaque 200 k.....	40	»	»	40	»	»
Nitrate 200 k.....	30	»	»	30	»	»
Chlorure de potassium 500 k.....	»	»	250	»	»	250 k.
Totaux.....	370 k.	360 k.	370 k.	270 k.	292 k.	330 k.

Les 2 formules auxquelles il convient de s'arrêter, avec les modifications que comporte la nature du terrain, sont : la formule N° V de Graf-tiau et la formule de Vivien. Comme on peut le voir ce sont là des fumures très fortes et très coûteuses ; elles sont néanmoins indispensables et d'ailleurs la surélévation du rendement en graines les compense largement. Voici à ce sujet des chiffres publiés par E. Von Proskowetz (1) et qui sont relatifs à l'influence de la fumure sur les rendements en semences de betteraves.

Les essais ont été exécutés, comparativement, sur des terres auxquelles on avait appliqué 400 k. de nitrate de soude et des doses variées d'acide phosphorique.

	A
1 Quantité de graines récoltées sur une terre sans engrais.	A
2 » » » » avec 400 k. nitrate de soude.	A + 843 k.
3 » » » » » » » et 200 k. super	A + 370 k.
4 » » » » » » » 400 k. »	A + 576 k.
5 » » » » » » » 600 k. »	A + 966 k.
6 » » » » » » » 800 k. »	A + 666 k.

Malheureusement les essais n'ont pas été continués, de sorte qu'on ne sait rien de la qualité des betteraves que ces graines auraient pu produire.

Il résulte de tout cela que la culture des porte-graines est très épuisante.

(1) Voy. *Sucrierie Belge*, 19, 337, 1891.

Nous en avons eu en 1900 un exemple frappant. Dans une exploitation des environs de Laon on a cultivé, sur une même parcelle, des betteraves sucrières et des betteraves porte-graines ; l'année suivante, la parcelle entière a été empouillée en blé : Or, la partie qui l'année précédente a porté les porte-graines, a présenté, avec l'autre portion du champ, des différences très marquées ; le blé y fut beaucoup plus petit, moins vert, languissant, indiquant manifestement, que les porte-graines ont laissé dans le sol, beaucoup moins de substances nutritives que les betteraves industrielles. Cela se comprend du reste très facilement ; avec les porte-graines, les fanes et la graine constituent la partie la plus importante de la récolte ainsi que la plus riche en matériaux nutritifs, et c'est justement cette partie qui est enlevée du champ, tandis qu'avec la betterave industrielle il reste un poids très important de feuilles et de collets qui restituent à la terre une fraction considérable des engrais que l'on avait incorporés.

Il est bon aussi de faire remarquer que la production de la graine au moyen de petites betteraves demande un apport de matériaux fertilisants bien plus considérable encore que si l'on emploie de gros porte-graines. La raison en est dans l'accroissement considérable du poids des petits sujets qui, au moment de la maturité de la graine présentent souvent un poids triple du poids primitif.

Les labours doivent être faits par un temps sec, et il est important de ne pas épandre l'engrais en excès, pour ne pas provoquer la repousse des graines.

3^e Plantation. — Les tourteaux sont recouverts à l'extirpateur. On roule ensuite, puis on trace les lignes au moyen d'une herse en bois, à 4 ou 5 dents sur une seule rangée. On rayonne parfois en long et en large, pour planter en carrés ou en losanges ce qui permet des binages mécaniques en tous sens.

Dans ce cas les lignes ont de 0 m. 60 à 0 m. 65 d'écartement en long comme en large. Quand on rayonne dans le sens de la longueur, on le fait à 0 m. 80 et on plante sur la ligne à 0 m. 45 ou 0 m. 50.

Ceci est le cas des petites betteraves, du planchon. Quand on opère au moyen de sujets d'une grosseur normale, ou encore avec des sujets analysés, on plante sur 1 mètre en tous sens, afin de faire rapporter à ces sujets le maximum de graines qu'ils sont susceptibles de donner.

Avant la plantation, on a eu soin de recéper l'extrémité de la racine, afin que celle-ci, trop allongée, ne vienne pas faire ressort et rejeter la betterave hors du trou dans laquelle on l'introduit.

Généralement aussi, on enlève l'extrémité supérieure du collet, afin d'empêcher la formation d'une tige maîtresse unique dont la production est

toujours désavantageuse au rendement et à la valeur marchande de la graine.

La plantation se fait avec une bêche spéciale, légèrement rétrécie. Chaque planteur a un aide, souvent une femme ou un gamin, qui porte

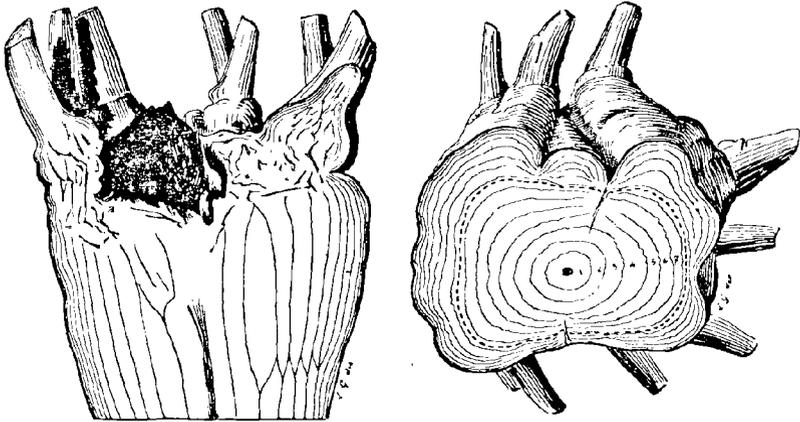


Fig. 54 et 55. — Coupes longitudinale et transversale d'un porte-graine de betterave.

les plantes dans un panier. Le planteur ouvre le sol d'un coup de bêche, au même instant, l'aide introduit sa betterave, dont il a cassé la queue si elle est encore trop longue, le planteur retire sa bêche, et assure la plante avec le pied.

Un bon ouvrier peut planter 25 ares par jour et ce travail lui est payé à raison de 24 fr. l'hectare.

La betterave doit être plantée au ras de terre, verticalement, ni trop enterrée, ni trop en l'air. Les trous doivent être bien rebouchés.

4^o Façons culturales. — Au bout d'une quinzaine, quand la plante est suffisamment reprise pour que l'on voie les rayons, on fait entre les lignes un premier binage mécanique avec une houe à un cheval.

Ce binage enterre souvent 150 kil. de nitrate à l'hectare à moins qu'on ne préfère répandre au préalable du purin ou de l'engrais flamand qu'on verse à même entre les lignes.

On fait ensuite un binage à la main entre les betteraves sur la ligne, ou un binage-sarclage autour des betteraves suivant qu'elles sont plantées en carrés ou losanges, ou non.

On fait un deuxième binage complet, à la main vers le 15 mai, ou un sarclage, si la plante est trop grande. Les deux façons sont payées ensemble 26 fr.

On butte ensuite avec un butteur à un cheval, afin de raffermir le pied de la plante et d'empêcher qu'elle ne soit déracinée par les grands vents ou les grandes pluies d'orage.

Pour les insectes qui s'attaquent aux porte-graines, nous renvoyons à la partie de notre ouvrage traitant la pathologie de la betterave.

5^e *Moisson*. — La moisson a lieu du 20 à fin août suivant les années et généralement quand les gros grains commencent à jaunir. On ne peut attendre une maturité plus complète car la perte par égrenage serait trop élevée.

Cette moisson est faite à la faucille, surtout par des femmes et des enfants.

Parfois aussi, les graines sont coupées à la bêche et des aides les ramassent pour les mettre en bottes. Cette façon de faire, sans grand avantage appréciable, a l'inconvénient de secouer fortement les tiges et d'augmenter ainsi la perte par égrenage. De plus, on coupe souvent ainsi le collet de la betterave, collet qui reste adhérent aux tiges.

Les graines coupées sont liées en petites bottelettes que l'on met en tas de deux rangs (chaines) de 12 bottes placées debout. Ces moyettes sont disposées le plus souvent face au Nord afin de hâter la dessiccation.

La moisson, y compris la mise en chaines, coûte 40 fr. l'hectare.

La récolte et l'emmagasinage des graines doit autant que possible se faire par un temps sec. Si les graines sont rentrées humides, leur faculté germinative s'atténuera.

On rentre donc en grange ou on met en meules dès que la graine est bien jaune, et que les tiges sont complètement sèches. Cela arrive 12 ou 15 jours après la moisson. On profite généralement d'un brouillard ou de la fraîcheur du matin pour éviter autant que possible l'égrenage au chargement ou au tassement. On verse les chaines sur des toiles et on charge sur des chariots garnis également de toiles.

6^e *Egrenage*. — On égrene souvent l'hiver, par un temps bien sec, pendant les gelées par exemple.

Cet égrenage se fait souvent à la main ; on y emploie surtout des femmes et des gamins. Ces ouvriers passent les tiges, poignées par poignées, entre les deux mâchoires munies de lames de scies de l'appareil à égrenier. Ils tiennent la poignée de la mâchoire supérieure de la main gauche et font ainsi pression sur les graines et la poignée de tiges.

On égrene aussi mécaniquement, cela peut se faire au moyen d'une bat-

teuse ordinaire à céréales, dont on desserre le contre-batteur et supprime quelques organes. On repasse les tiges plusieurs fois, jusqu'à ce qu'elles soient pour ainsi dire hachées, mais le battage est toujours incomplet. Il reste beaucoup de graines adhérentes aux tiges avec lesquelles elles font souvent corps.

De plus, l'égrenage mécanique au moyen de cette batteuse brise les tiges, surtout si elles sont rentrées fort sèches, de sorte que la graine est mélangée d'une quantité de petits fragments dont la séparation subséquente est difficile. Il ne procure d'ailleurs aucune économie sur le prix de revient, demandant autant de bras et ne faisant guère plus de besogne. Quelques instruments construits spécialement pour cet usage donnent cependant de bons résultats.

La paille de graines a peu de valeur. On s'en sert parfois comme litière, mais le fumier obtenu est considéré comme mauvais.

La menue paille, bien propre, exempte de poussières, est bonne, mélangée avec de la pulpe, pour la nourriture des bestiaux.

7^o *Dessiccation de la graine.* — D'après les normes, une graine loyale et marchande doit contenir au maximum 14 à 15 0/0 d'humidité, avec une latitude de 3 0/0 entraînant une réfraction proportionnelle. C'est là une teneur qu'il n'est pas toujours très facile d'atteindre par une dessiccation naturelle, surtout si le temps est pluvieux au moment de la moisson. Aussi tend-on de plus en plus à effectuer la dessiccation artificielle de la graine. L'influence de la chaleur sur le développement de la germination semble, d'ailleurs, assez considérable ; beaucoup de botanistes ont étudié cette question. Parmi eux, citons : Sachs (1), Edwards et Collin (2), Pouchet (3), H. Hoffmann (4), Wiesner (5), Haberlandt (6), V. Hønel (7), etc., Knauer (8).

D'après ce dernier auteur, l'influence d'une chaleur sèche sur la semence de betterave peut être très différente, selon le degré d'élévation et la durée de l'expérience, ainsi qu'il résulte du tableau suivant :

- (1) Sachs. *Experimental Physiologie*, p. 66.
- (2) *Mémoires de l'Académie des Sciences naturelles*. 2. Série I. 1834.
- (3) *C. R.* 63, p. 939.
- (4) *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*. Neue Reihe, année 44, p. 66.
- (5) *Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaften*, 64, 1^{re} partie, p. 426.
- (6) *Allgemeine Land-und Forstzeitung*, 1863, p. 389 et suiv.
- (7) V. F. Haberlandt. *Untersuchungen auf d. Gebiete des Pflanzenbaues*, 2, p. 77.
- (8) Knauer. *La graine de betterave*, p. 49.

Température	Durée de l'exposition			
	3 heures		6 heures	
	germes par 100 graines	non germées	germes par 100 graines	non germées
40°	151	30 graines	98	43 graines
50°	199	21 —	128	24 —
60°	180	18 —	154	22 —
70°	161	20 —	142	31 —
80°	160	19 —	138	26 —
90°	115	34 —	33	80 —
100°	62	66 —	20	87 —
105°	42	74 —	2	98 —
110°	3	98 —	2	98 —
115°-120°	0	100 —	0	100 —

La chaleur humide agit d'une manière différente. Cent graines, exposées pendant 6 heures au-dessus d'une surface d'eau chauffée, ont germé de la manière suivante :

Température	Nombre de germes			Non germées
	après 6 jours	après 14 jours	Total	
30°C	a 166	16	182	9 graines
	b 85	113	198	13 —
Moyennes	126	64	190	11 —
40°C	a 164	30	194	9 —
	b 194	26	220	5 —
Moyennes	179	28	207	7 —
45°C	a 161	34	195	10 —
	b 203	23	226	6 —
Moyenne	182	29	211	8 —
50°C	a 9	17	26	86 —
	b 1	13	14	86 —
Moyenne	5	15	20	86 —
70°C	a 0	0	0	100 —
	b 0	0	0	100 —
Moyenne	0	0	0	100 —

On voit que l'exposition de la graine à une chaleur sèche de 50° à 60°, augmente ses facultés germinatives. Y a-t-il là simple action favorisante de la température ou l'augmentation constatée résulte-t-elle du fait seul de la dessiccation ? Nous l'ignorons ; pourtant nous inclinons plutôt vers cette dernière explication. Tous les chimistes qui se sont occupés de l'ana-

lyse des graines de betteraves ont pu remarquer qu'une semence bien sèche germe plus vite et plus complètement, qu'une autre contenant une quantité d'eau supérieure, et de plus nous savons que le traitement par la méthode de Lintner, c'est-à-dire par la macération dans l'acide sulfurique concentré, qui entraîne une deshydratation énergique, active aussi la germination. Il doit se produire, pendant ces opérations, des réactions physiques qui simplifient le travail ultérieur de la germination.

En dehors des exigences commerciales qui imposent la dessiccation éventuelle des graines de betteraves, celle-ci serait donc parfaitement justifiée par des raisons d'ordre physiologique.

D'ailleurs les graines très humides, engrangées en l'état, se conservent mal. Il s'y déclare, des fermentations ; les spores des diverses moisissures qu'elles supportent, germent et les semences s'altèrent. Ce développement de microorganismes est même la cause d'une élévation de température très importante ; or, nous avons vu qu'à 50° déjà les graines de betteraves, étaient stérilisées par une chaleur humide. C'est là une troisième raison pour dessécher ces graines et surtout pour les dessécher aussitôt l'égrenage terminé. Parfois cette dessiccation s'opère dans des greniers chauffés et ventilés, dans lesquels on manipule les semences à la pelle ; mais, ce mode de faire est très infidèle et dispendieux, aussi s'attache-t-on de plus en plus, à faire usage d'appareils spéciaux, qui tous reposent sur le même principe : soumettre la graine à une ventilation énergique et à une température modérée. En Allemagne on chauffe jusqu'à 60° ; mais cette température est un peu haute, car si elle s'élève accidentellement d'une quantité même très faible et surtout si la graine est très humide, on risque de transformer l'amidon de l'endosperme en empois, c'est-à-dire de stériliser la semence. Chez Kuhn et Co à Naarden, on chauffe à 50°. L'appareil utilisé est bien compris et très simple. Il se compose d'une série de toiles sans fin disposées en chicane et sous lesquelles circule de la vapeur détendue. Sortant de l'égrenage, la graine humide est montée dans un grenier d'où elle s'écoule sur la toile sans fin supérieure ; de celle-ci elle tombe successivement sur d'autres et finalement, arrive vers le bas, en ne présentant plus qu'une teneur de 13 à 14 0/0 d'eau. Une ventilation énergique de la salle de dessiccation assure l'évacuation de l'air humide qui se dégage de l'appareil et assure la circulation de l'air sec venant de l'extérieur.

Aussitôt sèche, la graine est distribuée dans les ateliers où s'effectue le nettoyage.

8° *Nettoyage de la graine.* — Une fois la graine séparée des tiges, puis asséchée, on la vanne une ou plusieurs fois au tarare, instrument suffisamment connu pour que nous puissions nous dispenser de le décrire, et qui

enlève la majeure partie des impuretés légères. Il est bon de mettre la caisse de ventilation de ce tarare en communication avec une chambre à poussière. On donne ainsi à peu de frais, de la propreté dans les greniers où se font les manipulations, et on évite les chances d'incendie.

Après le tararage, il ne reste plus à effectuer que la séparation des impuretés lourdes, pierrailles, bouts de tiges, petites graines. Cela s'effectue en deux opérations dont la première enlève les pierres et fragments de tiges (tulots). On se sert pour cela d'une tulotteuse. Il en existe plusieurs genres mais reposant tous sur le même principe, c'est-à-dire sur la facilité plus ou moins grande avec laquelle les graines et les impuretés roulent sur un plan incliné. Ces instruments sont trop simples pour que nous insistions longuement sur leur description ; en général, ils se composent d'une trémie dont le fond, animé pendant la marche d'un mouvement de va et vient, laisse échapper petit à petit une certaine quantité de graines réglable à volonté.

En dessous de la trémie roule une toile sans fin inclinée, sur laquelle tombe la graine et les impuretés qui y sont mélangées et qui se classent, suivant leur lourdeur et leur adhérence, en 2 catégories qui tombent séparément sur le sol aux 2 extrémités de l'appareil.

Parfois, la toile est disposée normalement sous la trémie, elle roule dans un plan transversal, oblique par rapport au plan vertical passant par la fente d'échappement de graines de la trémie ; d'autres fois cette toile, toujours inclinée sur l'horizontale, est disposée suivant un plan longitudinal perpendiculaire au plan passant par la fente de la trémie, et elle roule alors longitudinalement sur des rouleaux en bois, dont quelques-uns portent une partie méplate destinée à imprimer à l'ensemble une série de trépidations.

Dans les 2 cas le résultat est le même et les grosses impuretés sont séparées. Souvent la graine sortant de ces appareils est livrée telle quelle après ensachage en balles de 25 kg. ou de 30 kg. ; mais dans les exploitations bien conduites, on leur fait subir encore une autre série de manipulations.

Les graines sortant de la tulotteuse, sont tararées de nouveau et, à l'issue de cet appareil, elles tombent sur un tamis à mailles de 4 mm. de côté qui, agité mécaniquement au cours de l'opération, laisse passer les petites graines, les impuretés qui ont échappé aux opérations précédentes, et complète ainsi le nettoyage.

L'égrenage, les vannages, les tulottages, toutes les manutentions nécessaires pour rendre la graine vendable et bonne à semer, reviennent environ à 4 fr. net les 100 kilogram, plus ou moins, selon la perfection que l'on a cherché à obtenir dans le travail.

Les betteraves porte-graines restant en terre n'ont aucune valeur. Le

sucre a disparu à peu près complètement. Elles sont devenues fibreuses, dures et ne sont jamais employées pour l'alimentation des bestiaux.

Le rendement en graines varie selon les terrains et les années. Au-dessus de 3.000 kil. à l'hectare le rendement est très élevé, de 2.000 à 2.500 kilog. le rendement est moyen. En dessous de 2.000 kilog. il est mauvais.

9° *Prix de revient.* — Si nous récapitulons les données que nous venons d'exposer, nous voyons que l'hectare de graines coûte :

1° Location	50 ^{fr} 00
2° Impositions, assurances, divers	12
3° Engrais 520 fr. dont 1/3, soit 173 fr. non employé	345
4° Plant	230 50
5° Labour	30
6° Extirpation, roulage, rayonnage.	15
7° Plantation	24
8° Binages et buttage mécaniques.	20
9° Binages et sarclages à la main.	26
10° Moisson	40
11° Engrangement ou renfermage.	10
Total Fr.	802 50

Si nous supposons une récolte de 2.500 kil. c'est-à-dire bonne, il y a lieu d'ajouter à cette somme, pour vannages, égrenage, tulottage et divers, à 4 fr. les 100 kilog.

$$4 \times 25 = 100 \text{ fr.}$$

Soit au total : 902,50.

La graine de betterave revient donc au producteur, dans ces conditions à

$$\text{Fr} : \frac{902,50}{25} = 36,10 \text{ les } 100 \text{ kilog.}$$

Ce prix n'est cependant pas encore le prix de revient réel, il faudrait tenir compte des frais de vente, des impayés, de l'intérêt de l'argent — les paiements de graines étant généralement à longue échéance — de l'intérêt de la valeur des graines restant en magasin, etc.

La culture des betteraves sélectionnées, des grands'mères pour ainsi dire, est à peu près la même. Les betteraves comme nous l'avons dit, sont choisies dans du gros plant, puis analysées. La plantation est faite avec

plus de soins et à plus grands intervalles. On laisse 0 m. 80 entre les lignes et 0 m. 90 à 1 mètre entre les plants sur les lignes. Les soins de culture sont plus importants et on récolte lorsque la maturité est déjà très avancée. Souvent on étête, au moment de la formation de la graine pour éviter la récolte de graines petites et peu mûres.

La graine de betterave se plaît généralement dans des terrains assez compactes, argileux et un peu humides.

Marek (1) pense que les porte-graines se développent avec le plus d'exubérance sur les sols tourbeux ; viennent ensuite les sols argileux, humifères, argilo-sablonneux et sablonneux.

Le plus fort rendement en graines serait fourni par les sols argileux et les sols tourbeux ; le plus faible par les sols sablonneux.

D'après différents auteurs, et en particulier d'après Gain (2), l'humidité du sol favorise et augmente dans de grandes proportions, le rendement en nombre, des fruits et des graines, mais la sécheresse fait produire des graines plus grosses et plus lourdes. Sur un sol humide les plantes donnent des graines plus petites et la variété est susceptible de dégénérer (3).

§ 3

BOUTURAGE ET GREFFE DE LA BETTERAVE

66. Généralités. — Le mode de production de la graine que nous avons décrit dans les pages précédentes ne permet de perfectionner les variétés que d'une manière très lente. On pourrait, il est vrai, en se servant seulement de quelques sujets et sélectionnant toujours très énergiquement leur descendance, arriver à une amélioration plus rapide ; mais, si l'on veut opérer en grand, d'une manière industrielle, on est immédiatement arrêté par les grands frais qu'entraîneraient le choix et la plantation de sujets véritablement exceptionnels comme poids, richesse et faculté de transmission des caractères. On a donc cherché un moyen détourné pour arriver à tirer directement de ces racines rares, le poids maximum de graines qu'il est possible de leur faire produire. On y est arrivé, ou plutôt on pense y être arrivé au moyen du bouturage et de la greffe.

Le nombre des bourgeons du collet de la betterave susceptibles de former des tiges florifères est extrêmement grand, mais, comme on le sait, il ne s'en développe qu'une quantité très restreinte, 4 à 12 en moyenne,

(1) Voyez : Herzog. *Monographie der Zuckerrübe*, p. 66.

(2) Voyez : *Revue Universelle des Inventions nouvelles*, 2, p. 78, 1895.

(3) Voyez, sur le même sujet, une étude Langer sur l'influence de l'humidité et de la fumure sur la croissance de l'avoine *J. f. Landwirtschaftl.* 49, p. 209, 1901.

de sorte que, avec la méthode ordinaire, on ne récolte que très peu de graines, soit 0 k. 100 à 0 k. 200 par sujet. Utiliser la totalité des bourgeons qui existent sur le collet, les faire se développer librement et, par cela même, augmenter le rendement de chacun, obtenir ainsi directement 5 k., 10 k., et 20 k. de semences avec une seule racine, tel est le but du bouturage et de la greffe.

C'est un Français qui ouvrit la voie dans ce genre de recherches. Il y a longtemps déjà que Mehay (1) essaya de bouturer la betterave, mais sans avoir, semble-t-il, obtenu un résultat bien favorable.

Bien après ce savant, un autrichien, A. Nowoczek (2) de Kaaden (Bohême), reprit l'étude de la question, et, à la suite de nombreuses expériences, fit breveter en Allemagne un *Procédé pour reproduire les betteraves par voie insexuée*. La méthode de Nowoczek consistait à séparer de la betterave mère les bourgeons qui, dès le commencement de la 2^e année, se développent aux aisselles des feuilles, en enlevant en même temps un peu de la chair du collet. Les boutures ainsi obtenues étaient alors repiquées soit sur couche soit en pleine terre, après un saupoudrage préalable de la surface de section avec du poussier de charbon de bois, pour protéger cette partie contre la pourriture.

En même temps que Nowoczek, ou peu après, le directeur des cultures de la maison Wohanka et C^{ie} à Prague, Briem (3), expérimentait également le bouturage de la betterave. D'après ce savant, on doit détacher du collet les bourgeons qui se trouvent aux aisselles des feuilles en enlevant un peu de la chair de la racine, où se trouve le tissu susceptible de se diviser. En coupant juste, en choisissant bien la grosseur de la partie à enlever, avec de bonnes conditions de terrain, de température et d'humidité, de tels bourgeons s'enracinent et on peut obtenir d'une seule betterave jusqu'à 60 plantes.

Précédemment, en 1889, le même expérimentateur (4) avait procédé à des expériences dans le but de vérifier jusqu'à quelle limite on peut enlever à la betterave, dans sa deuxième année de végétation, les matières de réserve qui y sont accumulées sans nuire à la production des graines.

La disposition des essais fut la suivante :

Essai I. — Deux betteraves normales pesant chacune 305 gr. furent plantées dans du bon terreau.

Essai II. — Deux betteraves normales pesant chacune 295 gr. furent plantées dans du sable ferrugineux peu fertile.

(1) Mehay. *Etude sur la betterave à sucre. Sucrierie Indigène*, 4, p. 385.

(2) *Bl. suc. et dist.*, 9, 29, 1891.

(3) *Ibid.* Voyez aussi: Briem. *Multiplication de la betterave sans semences, Wiener Landwirthschaftliche Zeitung* du 24 juin 1894.

(4) Briem. *Expériences et opinions sur la multiplication des graines de betteraves. Sucrierie belge*, p. 337, N^o 17, 1891.

Essai III. — Deux betteraves furent coupées chacune en deux moitiés suivant l'axe longitudinal. Chacun des fragments ainsi obtenus pesait 157 gr. ; on les planta dans du bon terreau.

Essai IV. — Deux betteraves furent coupées suivant un plan transversal passant environ vers le 1/4 supérieur de la hauteur. Chacune des parties supérieures, pesant 98 gr. fut plantée dans du terreau.

Essai V. — On décolléta 2 racines et comme précédemment on planta les collets, pesant chacun 41 gr., dans du terreau.

A la récolte on fit les constatations suivantes :

Numéro de l'essai	Graine récoltée par betterave ou morceau de betterave. Grammes	Nombre de glomérules dans 5 gr. de semences	Germes 0/0 glomérules	Observations
I	452	270	439	
II	402	331	493	
III	78	263	427	— Les 2 moitiés de cha-
IV	98	249	469	que betterave ont don-
V	441	245	438	né ensemble 156 gr.

En 1892, un Français, E. Bertin (1), s'occupa également d'expériences sur le bouturage de la betterave et aussi sur la fragmentation comme nous venons de le voir faire à Briem. Le résultat ne fut pas très brillant, mais il faut en voir la cause dans la disposition défectueuse et même un peu fantaisiste des essais.

Les boutures de betteraves sont d'une reprise assez facile, pourvu que les conditions générales de l'opération soient favorables ; voici de nouvelles recherches de Briem qui sont très concluantes à cet égard. Cet expérimentateur a réussi à bouturer des feuilles de cette plante (2) ainsi que des fragments de tiges florifères (3).

Pour la reprise de la feuille, il faut que celle-ci ne soit pas trop jeune ; il faut de plus opérer avec de bonne terre bien meuble, sectionner très nettement le pétiole ; éclairer modérément les boutures ; les placer dans des conditions telles que la température du sol soit élevée et que l'air environnant soit bien humide.

Briem a expérimenté de préférence avec les feuilles qui se développent en juin sur la tige des porte-graines ; il détachait ces feuilles au moyen

(1) E. Bertin. *Essais sur l'obtention des graines de betteraves par la méthode insexuée Bl. sucr. et dist.* 10, 430, 1892.

(2) H. Briem. *Erzeugung der Rübe aus deren Blatte*, Wiener Landw. Zeitung du 7 février 1894.

(3) H. Briem. *Erzeugung von Rübenwurzel aus dem Samenstengel der zweijährigen Rübe in die Rübensamenzüchtungen in Hostivitz und Leopoldsdorf*. Wohanka et C^{ie}, 1894, p. 23. Voyez aussi : *Deutsche landw. Presse*, 1894. N° 102.

d'une section très nette dirigée de bas en haut, les plaçait sur une couche en enterrant légèrement l'extrémité sectionnée du pétiole autour de laquelle il tassait fortement la terre.

En observant ces conditions on obtient sur la plaie une formation rapide de tissu cicatriciel et plus tard une émission abondante de radicelles en même temps que l'on remarque, vers la partie supérieure de la section, l'apparition de un ou plusieurs bourgeons foliacés. Au bout de 2 mois à 2 mois 1/2 on peut transplanter les boutures en pleine terre et si on les laisse croître suffisamment on finit par obtenir des racines, semblables à des betteraves normales plus ou moins ramifiées et contenant de 5,8 à 9,2 0/0 de saccharose.

L'enracinement des fragments de tige florifère est incomparablement plus facile que l'enracinement d'une feuille. Geschwind a même réussi parfaitement cette opération, mais sans pouvoir suivre la végétation des boutures, par suite d'une circonstance accidentelle. Il put obtenir la reprise de morceaux, prélevés à la base des tiges d'une betterave porte-graine, un peu après la moisson.

D'après Briem (*loc. cit.*) pour effectuer ce genre de bouturage on coupe, fin mai ou commencement de juin, une partie de la tige d'une forte betterave à graine, plantée en mars ou

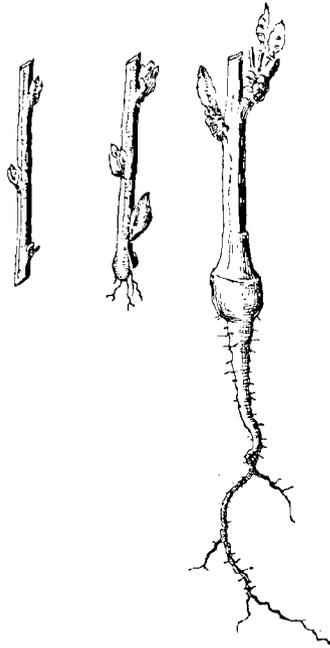


Fig. 56. — Enracinement d'une bouture de tige.

avril. La partie inférieure de ce fragment est alors enfoncée de 4 cm. à 4 cm. 1/2 dans la terre d'une couche, ou même, si les conditions d'humidité et de température sont favorables, directement en pleine terre. La plaie se recouvre de tissu cicatriciel puis la bouture s'enracine et il finit par se produire une betterave à peu près normale.

Hermann Vöchting (1) a pu également obtenir l'enracinement de boutures provenant des tiges florifères de la betterave. D'après ce savant, il

(1) Hermann Vöchting. *Ueber Transplantation am Pflanzenkörper*, p. 29. Tübingen, 1892.

se forme à la base du rejeton de nombreuses et fines racines dirigées les unes horizontalement ou obliquement, les autres verticalement. De toutes ces racines, la plus verticale prend rapidement le dessus sur les autres, croît fortement en longueur et en grosseur et finit par prendre l'apparence d'une betterave normale. Pendant ce temps le bourgeon terminal de la bouture laisse se développer des excroissances courtes, charnues, qui plus tard seront couvertes de grosses feuilles.

Le bouturage des bourgeons foliacés du collet est peut-être encore plus commode à réussir. Briem (1) a donné, pour exécuter cette opération, une méthode qui à notre avis est certainement excellente. Voici comment il conseille d'opérer :

Les betteraves à graines à consacrer à cette opération sont mises sur couche de bonne heure de manière à faire partir la végétation ; aussitôt que les diverses pousses foliacées se développent autour du collet et atteignent 8 à 12 cm. de hauteur, on les enlève avec un couteau fin et on sépare l'excédent de chair de betterave qui existe parfois à la base de la bouture. On laisse alors tous ces bourgeons étendus sur le sol de la couche durant une nuit, de manière à les faire faner légèrement ; le jour suivant on enlève les plus vieilles et les plus fortes feuilles et on plante les sujets sur couche. Pendant toute la durée de la reprise on leur donne les soins qui sont usités en pareil cas, pour les travaux de jardinage. Ces rejetons foliacés s'enracinent rapidement et, dès que commence leur développement en grosseur, on les transpose en pleine terre où on doit les arroser pendant quelques jours.

Après ces divers expérimentateurs, d'autres, parmi lesquels nous citerons Liebscher, Knauer, Geschwind, Gorain, Hélot, Barrois-Brame, Desprez, se sont également occupés de ce mode de reproduction dite *végétative*, et ont contribué à le perfectionner.

Enfin, Briem tira du bouturage une autre méthode qu'il appliqua en grand, dès 1891, dans les cultures de Wohanka et C^{ie} à Prague ; nous voulons parler de la greffe sur laquelle nous reviendrons bientôt en détail.

67. Valeur scientifique et résultats du bouturage. — Les méthodes sur lesquelles nous venons de donner quelques détails ont toutes comme point de départ cette idée préconçue : que leur emploi permet d'une manière intégrale la transmission des caractères et des propriétés

(1) Briem. *Erzeugung von Rübenwurzel aus Laubtrieben der Rübe, in die Rübensamenzüchtungen in Hostivitz und Leopoldsdorf*. Edition de Wohanka et C^{ie}, 1893, p. 21. Voyez aussi : Briem. *Die Fortpflanzung der Rübe ohne Samen*, *Zeitschrift des Vereines für Rübenzuckerindustrie*, p. 361 et 368, 1891 et p. 414, 1892. — Briem. *Die Erzeugung der Asexualrübe nach Nowoczek und Briem. Neuer Methode*, *Zeitsch. des Ver. für Rübenzuckerind.*, p. 29, 1893. — Briem. *Adventivbildungen bei der Zuckerrübe*, *O. Ungarische Z.* 1893. fsc. 6.

de la mère au rejeton, ou, en d'autres termes, que les boutures ou les greffons, pouvant être considérés comme des parties isolées d'un même sujet, conserveront, dans les nouvelles conditions où on les place, l'individualité même de ce sujet.

C'est là une question qui est encore fortement discutée, soit qu'on la considère au point de vue général et purement scientifique, soit qu'on l'examine dans ses applications pratiques à la betterave.

Nowoczek (*loc. cit.*) dit que les graines obtenues par cette méthode fournissent toujours des racines plus riches que celles obtenues par les autres procédés ; mais il ajoute que de l'exacte manipulation, nécessitée par la séparation des boutures, dépend la prompte cicatrisation de la plaie et par suite le bon développement des jeunes plantes.

Il pense que ce mode de reproduction permettra d'augmenter la productivité des plantes, parce qu'il permet de conserver à travers de nombreuses générations, le sang, c'est-à-dire l'individualité même des meilleurs sujets ; en outre, il sera possible, par la fécondation réciproque des meilleurs individus de jeunes et de vieilles générations, d'obtenir de nouvelles variétés, meilleures que celles dont elles dériveront (1).

En 1892, Nowoczek revient sur cette question des betteraves asexuelles. Toutes les boutures, dit-il, qui proviennent d'une même betterave, pourvu qu'elles soient obtenues et plantées en même temps, possèdent la même teneur en sucre. Si l'époque du bouturage n'est pas la même, les sujets sont diversement développés et leur teneur en sucre varie, mais, comme ils proviennent tous d'une même mère ils sont d'une valeur égale et leurs graines possèdent les mêmes propriétés relativement à la transmission des caractères (2).

D'après Briem (3) la transmission des qualités d'une plante mère par la reproduction végétative est chose certaine ; mais d'un autre côté ce mode de faire ne permet pas d'obtenir de nouvelles variétés, chose qui n'est possible que par la reproduction par graines.

Hollrung n'est pas partisan du bouturage ; il trouve que la difficulté de séparer les bourgeons, les soins à donner au moment du repiquage et au cours du développement en grosseur sont des conditions défavorables pour la pratique.

Rümcker (4) considère que le bouturage est une base très sûre pour des perfectionnements ultérieurs. Par la reproduction végétative, dit-il, on peut fixer de nouvelles races et les perfectionner. Parmi les moyens qui peu-

(1) Voyez : *Die Rübensamenzüchtungen in Hostivitz und Leopoldsdorf*. Edition de Wohanka et C^e, 1892, p. 39.

(2) Ibid., 1893, p. 69 et 1894, p. 73.

(3) Voyez : *Bl. sucr. et dist.*, 9, 33, 1891.

(4) Rümcker. *Einiges über Zuckerrübenzüchtung, Blätter Zuckerrübenbau*, fasc. 9, 10 his, 47 et 22, 1894.

vent être employés, parmi ceux dont Nowoczek et Briem ont fait usage les premiers, le fractionnement mécanique des mères est aussi à considérer, car c'est le mode de reproduction végétatif de la betterave le plus simple. À notre avis c'est même le meilleur ; avec lui, sans passer par les complications du bouturage proprement dit, on peut accroître rapidement le rendement en graines des meilleurs sujets. D'après Proskowetz, les 2 moitiés d'une même betterave donnent un rendement sensiblement double de celui qui aurait été obtenu avec la betterave entière ; mais, quand la division s'accroît, l'augmentation du poids de graines fourni ne s'accroît nullement dans une proportion équivalente, car des betteraves divisées en 4 ou même en 8, ne donnent que 2 fois $2\frac{1}{2}$ à 3 f. $\frac{1}{2}$ la quantité de graine que le sujet planté entier aurait été susceptible de porter.

Nous avons obtenu des résultats analogues avec des betteraves sucrières et l'an dernier, en expérimentant sur des betteraves fourragères fortement décollétées, nous sommes parvenu néanmoins à obtenir 420 gr. de graine nettoyée avec les 4 quarts d'un sujet.

Rümcker a aussi remarqué, à propos du bouturage proprement dit, que les bourgeons qui se développent sur la mère en premier lieu, et qui vraisemblablement, au cours du développement normal auraient donné des tiges florifères, ont aussi une tendance à la montée dans l'année même quand on les utilise comme boutures, pendant que les yeux qui se développent plus tardivement ne donnent que rarement des graines l'année même du bouturage. Nous pouvons confirmer l'observation de Rümcker, mais seulement pour le cas de circonstances extérieures défavorables. Quand les conditions de sol, de chaleur, d'humidité et de lumière sont convenables, et que les boutures reprennent facilement et rapidement, on ne constate pas de montées.

D'après Liebscher (1) la qualité des betteraves asexuelles peut faire reconnaître si leur mère était bonne au point de vue de l'excellence de la transmission des propriétés ou si ce qui en faisait la valeur, n'était qu'un accident fortuit. On doit rejeter de la reproduction toutes les betteraves asexuelles qui ne se distinguent pas par des qualités semblables à celles de la mère et conserver les autres qui permettront de réaliser de grands progrès dans l'amélioration des variétés.

Le même auteur est d'avis qu'en combinant l'élevage asexuel avec la greffe, c'est-à-dire, en seconde année, en greffant les bourgeons des racines asexuelles sur d'autres betteraves, il sera possible de réaliser de plus grands progrès encore.

(1) Liebscher. *Bemerkungen über die Bedeutung der Asexualtrübenzucht und des Pfropfens der Zuckerrübe, Blätter Zuckerrübenbau*, n° 17, 1894.

Knauer (1) a observé qu'il était souvent difficile d'obtenir des boutures enracinées avec les betteraves fourragères. Il a constaté en outre que les mères les plus sucrées donnaient proportionnellement plus de bourgeons que les pauvres. Il ajoute de plus, qu'au moyen de l'élevage asexuel on peut constater la consolidation des perfectionnements en matière d'élevage, et contrôler la capacité de transmission des mères.

D'après Volkow (2), les résultats d'une première année d'application en grand du procédé de multiplication de la betterave à sucre par voie asexuée ont été mauvais. A part quelques exceptions, les racines obtenues avec les yeux bouturés se sont trouvées beaucoup moins riches en sucre que les mères.

Le *Journal d'Agriculture pratique* (3) commente ces résultats :

« On est tenté de rapprocher ce fait des conclusions identiques publiées récemment par A. Girard au sujet de l'influence attribuée à la richesse en fécule du plant sur le rendement et la richesse des récoltes de pomme de terre ».

Desprez (4) est absolument convaincu que le bouturage ne peut servir de base à aucun perfectionnement. Les essais de cet expérimentateur paraissent avoir été bien conduits et, en principe, ils ont été disposés comme suit :

Sur une mère d'une richesse donnée on a prélevé des boutures, puis on a laissé fructifier cette mère. Les boutures ont fourni des sujets qui, les uns ont monté en première année, et les autres n'ont produit des graines que l'année suivante.

Les semences de toutes ces racines ont alors servi à la plantation de carrés d'essais et on a examiné comparativement la récolte de chacun d'eux.

Dans tous les cas, sans exception aucune, les résultats ont été défavorables au bouturage.

F. Deletrez (5) a étudié des betteraves provenant de mères asexuelles et il a reconnu qu'elles présentent des signes d'atrophie, caractérisés par un rendement tout à fait inférieur en poids. Cet auteur en conclut qu'il n'est pas prudent de sacrifier les sujets les plus précieux en les transformant en boutures.

(1) Knauer. *Mitteilungen über Asexualrübe, Blätter Zuckerrübenbau*, n° 20, 1894.

(2) Volkow. *Gazette agricole de St-Petersbourg*, n° 19 et 20, 1893.

(3) *J. Agric. pratique*, p. 790, nov. 1893.

(4) Desprez. *Expérimentation faite sur la production de la graine de betterave à sucre pour les méthodes sexuelles et asexuelles. La Betterave*, p. 50 et suiv., n° 211, 1899.

(5) Deletrez. *Note sur la reproduction asexuelle de la betterave. Journal des fabricants de sucre*, 15 juillet 1891 et *La Betterave*, p. 55, n° 211, 1899.

Gorain (1), par contre, se montre chaud partisan de la méthode qui, selon lui, employée concurremment avec les sélections physique, chimique et généalogique, permet d'obtenir les résultats suivants :

- 1° De vérifier la transmissibilité des caractères d'un sujet ;
- 2° De créer rapidement une race et de l'approprier à un sol quelconque
- 3° De propager rapidement cette race, tout en ayant de l'homogénéité dans les produits.

Pour Gorain, la betterave est une famille, un groupe, l'œilleton c'est l'individu, l'unité et par suite si, à l'aide de la greffe ou de la bouture, on sépare chaque œilleton de la mère et qu'on lui donne une vie propre, chacun d'eux émettra dans ses graines les qualités ou les défauts ataviques qu'il a puisés dans le sein de la mère et il les émettra sans mélange. Suivant les cas et en raison de la diversité des œilletons, ceux-ci produiront tantôt de bonnes tantôt de mauvaises semences. Les produits du bouturage ou du greffage obtenus par sélection généalogico-asexuelle ou individuelle représentent les mêmes tendances généalogiques que l'œilleton, mais non celles de la mère tout entière. Si on admet les idées de Gorain, la sélection des mères doit donc être suivie de la sélection des œilletons, c'est là le principe de sa méthode.

D'après Sachs, et au point de vue général, la plante provenant du bouturage n'est au fond qu'une fraction du sujet qui lui a donné naissance ; son organisation ne présente aucune différence essentielle avec celle de la plante mère et il en ressort forcément qu'avec ce mode d'opérer, les propriétés de cette mère se transmettent avec bien plus de rigueur que si cette transmission avait lieu par le mode habituel.

Mais, d'après A. Acloque (2), qui considère aussi la question au point de vue général, l'héritage physiologique de la bouture n'est pas intact. « D'abord, dit-il, toute plante qui se reproduit sans intervention d'un acte sexué, c'est-à-dire, pour employer le terme propre, par des boutures, ne cède aux rejetons issus de son individualité qu'une activité physiologique sensiblement inférieure à son activité primitive. Pourquoi l'héritage n'est-il pas intact ? Nous n'en savons rien. La cause nous échappe ; mais le fait est indéniable. Les espèces qu'on ne reproduit pas par graines deviennent rapidement moins résistantes, plus disposées à l'invasion des parasites, et elles succombent plus facilement.

D'un autre côté, le véritable point de départ d'un individu est la spore formée au sein du sporogone (3) ; les rejetons issus par agamogénèse

(1) Voyez : Harry. *Production de la graine de betterave sucrière, L'Agriculture de la Région du Nord*, 7, n° 22, 2 juin 1899, et *Brochure*, 1900, Calais.

(2) A. Acloque. *Sur la multiplication agame des Muscinées, Revue Scientifique*, 1896, p. 722.

(3) L'étude de M. Acloque est relative à la génération agame chez les Muscinées,

d'une souche commune ne sont, après tout, que la continuation de l'évolution de cette souche, et ils n'ont point, à leur base, cette condensation des tendances héréditaires dont la synthèse, traduite en éléments visibles, forme l'embryon. La souche ne peut transmettre à ses rameaux que ce qu'elle possède elle-même. Au contraire, l'embryon, consécutif à une fécondation, transmet, outre les aptitudes, la faculté pour ces aptitudes de se plier aux variations mésologiques ; c'est-à-dire que, par son intervention, les tendances latentes chez les parents, se traduisent chez les descendants par une adaptation morphologique, qui ne peut avoir lieu évidemment dans la multiplication agame, puisque l'individu ne se modifie jamais que dans les êtres auxquels il donne naissance sans se détruire lui-même. D'où il résulte que les races ne peuvent se former qu'à la faveur de l'acte sexué, adjuvant exclusif de la variabilité ».

Il est très difficile de tirer des conclusions fermes de l'examen de tant d'opinions contradictoires. La question doit donc être réservée et nous ne voulons nous prononcer ni pour l'affirmative, ni pour la négative. Il nous paraît en effet, que la solution de l'important problème de la valeur du bouturage ne peut et ne doit être trouvée que par une série d'expériences plusieurs fois répétées suivant un plan nettement déterminé, et conduites d'une manière vraiment scientifique. Les expériences faites jusqu'ici ne nous paraissent pas satisfaire à ces conditions.

68. Enracinement de la bouture.

D'une manière générale et en particulier chez la betterave, l'enracinement des boutures ne s'effectue bien que si, en dehors des conditions de température, de sol et d'humidité les plus favorables, on place les jeunes bourgeons dans une situation telle que la



Fig. 57. — Bouture de betterave avant la reprise.

nous pouvons néanmoins conserver les expressions qui font l'objet de cette note, en considération des travaux récents de Nawaschine et Guinard et Félix Le Dantec. Voyez : Félix Le Dantec, *L'Hérédité, clef des phénomènes biologiques*, *Revue gén. Sciences*, 9, p. 802, 1900.

vitalité des feuilles soit réduite au minimum. Ceci explique pourquoi il est nécessaire de faire faner les jeunes boutures et de les repiquer sur une couche chaude recouverte d'un châssis badigeonné à la chaux, afin de ne laisser pénétrer que de la lumière diffuse. Lorsqu'on opère ainsi, la reprise s'effectue très vite ; des cellules saines qui avoisinent la surface de section se forme, par suite de bipartitions répétées, des cellules nouvelles qui, se revêtant d'une paroi solide, viennent séparer le tissu intérieur, vivant, des couches cellulaires extérieures actuellement détruites. Les parois de ces nouvelles cellules résistent aux influences les plus diverses ; semblables aux couches cuticularisées de l'épiderme par toutes leurs propriétés physiques, elles sont extensibles, élastiques, difficilement perméables à l'air et à l'eau et perdent de bonne heure leur contenu protoplasmique en se remplissant d'air ; elles sont superposées en séries perpendiculaires à la surface, de forme parallépipédique et ne laissent entre elles aucun méat. Ce sont, à proprement parler, des cellules subéreuses ou de liège et le tissu nouveau ainsi constitué forme une sorte de faux périoderme qui recouvre toute la surface de section.

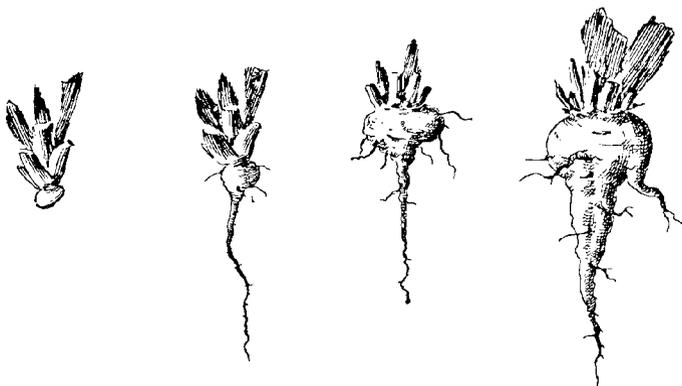


Fig. 58 et 59. — Enracinement d'une bouture du collet.

Indépendamment de cette formation de tissu cicatriciel, les cellules sous-jacentes, qui n'ont aucunement perdu de leur vitalité, continuent à se diviser ; il se forme une couche de méristème qui par prolifération provoque le développement en grosseur de la jeune plante. Mais la vitalité des éléments cellulaires n'est pas identique en tous les points de la surface de section ; les maladies, les manipulations défectueuses lors du bouturage, l'action des insectes, etc., font que certaines parties de tissus tendent à se mortifier et que les formations méristématiques ne s'effec-

tuent qu'en des points différents, d'où il résulte que l'accroissement en volume de la jeune bouture se fait très inégalement et donne lieu à la production de bosses, de bourrelets, etc.

Simultanément avec ce développement s'effectuent la différenciation



Fig. 60. -- Bouturage d'une feuille d'après Briem.

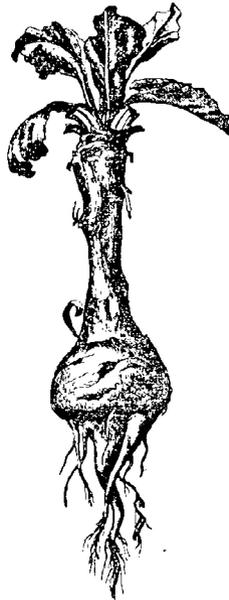


Fig. 61. — Bouturage d'une tige d'après Briem.

des cellules issues du méristème ; il se forme du bois, du liber, etc., puis, commence la genèse des radicelles par dédoublement, en des points spéciaux, des cellules du tissu générateur. En face de ces points, le tissu cicatriciel, comprimé par les éléments provenant de cet accroissement local, cède et laisse bientôt apercevoir à la surface la pointe des jeunes racines sous la forme de petits bourrelets blanchâtres, qui s'allongent rapidement au dehors et vont puiser la nourriture dans le sol. A partir de ce moment, la bouture constitue un individu au sens réel du mot ; elle peut s'alimenter et se développer. Il se forme ainsi de nombreuses radicelles s'étendant sans ordre dans toutes les directions ; cet état n'est que transitoire. L'une des racines, la plus terminale, s'enfonce verticalement dans le sol et, alors que les autres ne prennent qu'un développement res-

treint, croît très rapidement en grosseur, de manière à former un corps charnu, dont la structure interne est tout à fait comparable à celle de la betterave normale.

Les diverses figures intercalées dans le texte montrent très exactement la série des transformations de la bouture au cours de son développement, ainsi que la structure anatomique de la racine, déjà bien constituée.

Les choses se passent d'une façon analogue lorsque au lieu de bouturer

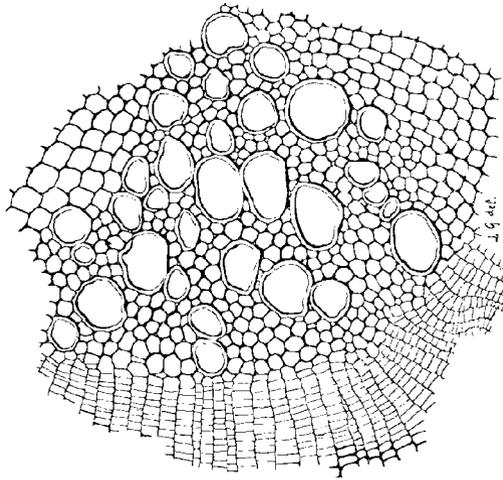


Fig. 62. — Portion du faisceau central d'une bouture de betterave.

de petits bourgeons provenant du collet, on plante en terre des fragments volumineux de betterave, soit des $1/2$ ou des $1/4$. Ici encore, la première phase de l'enracinement est la formation, sur la surface de section, d'une couche de tissu cicatriciel, puis, aussitôt après, commence l'accroissement en grosseur qui s'effectue non seulement du côté de la partie intacte de la racine, par l'apparition de nouveaux cercles de faisceaux surnuméraires, mais aussi du côté de la plaie.

Il nous paraît inutile d'insister davantage sur ce sujet ; nous passerons donc immédiatement à l'étude des divers modes de bouturage usités actuellement.

69. Bouturage allemand. — Cette méthode est très simple ; elle consiste, comme nous l'avons dit à propos des essais de Nowoczek et de Briem, à détacher au fur et à mesure de leur apparition, au moyen d'une

lame tranchante, les bourgeons foliacés qui se développent sur le collet des racines au début de la seconde année de végétation ; ces boutures sont mises sur couche et lorsque les conditions de sol, de température, d'éclairage, d'humidité, etc., sont satisfaisantes, l'enracinement se fait très vite ; aussitôt après on transpose en pleine terre, on laisse les sujets se développer entièrement et après la récolte on les conserve pour les faire porter graine l'année d'après.

Avec une seule betterave on obtient généralement 40 à 50 boutures ; mais parfois, certaines racines en fournissent jusqu'à 150 et même 200, sur lesquelles un nombre variable, mais le plus souvent équivalant à 80 ou 90 0/0 s'enracinent.

D'après Knauer (1), les sujets riches donnent plus de bourgeons que les pauvres ; le poids des racines exerce également une influence sur le nombre plus ou moins grand des boutures ; de plus, les boutures obtenues avec des betteraves fourragères s'enracinent difficilement.

Le mieux pour réussir le bouturage allemand est d'opérer dans le courant d'avril ; il faut disposer d'une bonne couche chaude, bien abritée contre les froids tardifs, disposée de manière à pouvoir ombrager en cas d'éclairage trop violent ; la terre de la couche doit avoir une certaine consistance ; on doit préférer un mélange de 1/3 terreau, 1/3 sable et 1/3 terre argileuse ; selon nous, le terreau pur est à proscrire.

Nous donnons ci-dessous les résultats d'analyses de boutures, élevées dans l'exploitation agricole de M. Vivien.

Boutures de betteraves obtenues à Thierret (Aisne).

Arrachage du 28 novembre 1899.

Mère N° 1. Richesse en sucre 19 0/0			
N° d'ordre des boutures	Poids des boutures	Richesse en sucre 0/0 gr. (à la liqueur cuivrique)	Observations
1	675 gr.	12,46 0/0	Montés à graines
2	915	13,22	d°
3	390	11,05	
4	350	13,20	racineuse
5	130	15,39	d°
6	185	12,59	
7	265	15,18	racineuse
8	190	12,16	
9	95	17,68	

(1) Knauer. *Mittheilungen über Asexualrübe, Blätter für Zuckerrubensbau*, fas. 20. 1894.

Mère N° 2. Richesse en sucre 19 0/0

N° d'ordre des boutures	Poids des boutures	Richesse en sucre 0/0 gr. (à la liqueur cuivrée)	Observations
1	455 gr.	11,72	racineuse
2	235	11,96	racineuse et montée à graines
3	820	10,34	d°
4	550	10,09	d°
5	230	10,88	racineuse
6	405	11,67	d°
7	135	11,18	racineuse et montée à graines
8	575	10,08	d°
9	60	3,53	racineuse
10	160	10,15	

Il y a quelques années Geschwind avait déjà fait l'analyse de boutures obtenues par la méthode allemande ; voici les résultats obtenus :

Boutures de betteraves obtenues aux Maretz près Reims en 1895.

Richesse en sucre des mères : 14 0/0.

	Date des analyses	
	24 juillet	11 octobre
Poids moyen des racines.....	160 gr	410 gr
» » feuilles.....	440	350
Sucre 0,0 gr. racines.....	8,57	13,54
Sucre 0/0 cc. jus.....	8,93	14,54
Cendres.....	1,56	1,25
Azote organique.....	0,202	»
Azote nitrique.....	0,015	»

Les cendres renfermaient :

Silice.....	0,044	»
Chaux.....	0,136	»
Magnésie.....	0,084	0,083
Potasse.....	1,042	0,347
Soude.....	0,088	0,201
Acide phosphorique.....	0,066	0,069

70. Bouturage de Klein-Wanzleben. — Cette méthode, qui a été surtout expérimentée par la firme Rabbethge et Giesecker de Klein-Wanzleben, permet d'obtenir des graines la même année. Elle consiste, au lieu de boutures à un œil avec le moins de chair possible, à diviser suivant l'axe, les betteraves en expérience de manière à en obtenir 10, 15 ou même 20 fragments, portant chacun une portion du collet. Ces fragments sont

passés dans du poussier de charbon de bois afin de sécher les sections puis on les laisse séjourner à l'air libre pour provoquer une dessiccation partielle. Les boutures ainsi préparées sont alors mises en terre dans des pots où on laisse la reprise s'effectuer. Dès que la végétation est bien partie, on replante en pleine terre.

71. Bouturage Gorain à un œil. — C'est une modification du bouturage allemand. Gorain (1) enlève ses boutures au moyen d'une



Fig. 63. — Quart de betterave ayant porté graine.

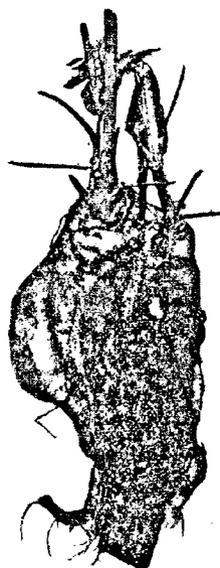


Fig. 64. — Demi betterave ayant porté graine.

gouge, en ayant soin de conserver la plus grande surface possible d'épiderme ; afin d'éviter la pourriture, il enlève ensuite la majeure partie de la chair dans l'opération du rhabillage. Gorain enlève habituellement 12 de ces boutures par betterave, et il en obtient des graines la même année.

(1) Voyez : Harry. *Production de la graine de betterave sucrière, L'Agriculture de la Région du Nord*. N^{os} 21, 22, 23, 1899.

C'est là un avantage qui nous paraît bien restreint étant donné le nombre minime des sujets obtenus.

72. Bouturage Gorain à plusieurs yeux. — Gorain, dont nous venons de mentionner les essais, a aussi modifié le procédé expérimenté à Klein-Wanzleben. Au lieu de sectionner les betteraves suivant l'axe, cet expérimentateur détache, au moyen d'une gouge et d'un canif, des esquilles munies d'une portion du collet portant plusieurs bourgeons : il pare ensuite les sujets en enlevant la chair en excès et plante en pépinière à 0 m. 20 en tous sens, sur couche et dans la terre. Gorain détache ainsi 12 boutures et la mère peut encore donner elle-même des graines.

73. Fractionnement. — Le bouturage proprement dit, à un seul œil, tel qu'il a été pratiqué par Nowoczek, Briem, etc., présente l'inconvénient de retarder d'un an la production des graines ; les modifications usitées par Rabbethge et Giesecker, Gorain, etc., tout en permettant l'obtention immédiate de la graine, sont susceptibles de diverses critiques ; leur

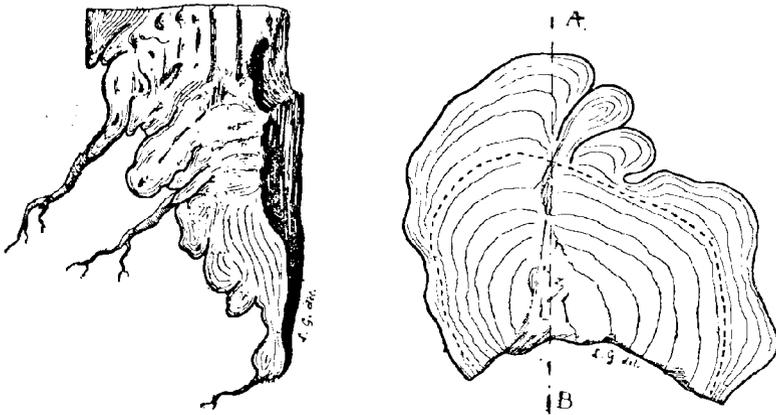


Fig. 65 et 66. — Coupes (longitudinale et transversale) dans une demi-betterave ayant porté graines.

exécution est délicate, nécessite l'intervention d'une grande serre ou d'une couche très étendue, etc. On a donc cherché à augmenter le quantum de semences fourni par un sujet élite, par d'autres méthodes. On y est arrivé par le fractionnement pur et simple des racines. Ce procédé est assurément le plus pratique, le plus commode et le plus sûr de tous ceux qui

ont été décrits ; il consiste, au moment de la plantation, à segmenter les racines en 2 ou 4 fragments suivant leur axe et à planter les segments ainsi obtenus. La montée à graine s'effectue aussi rapidement que chez les racines entières et comme les bourgeons ont encore à leur disposition une quantité suffisante de matières de réserve, on est plus assuré que la qualité des graines ne souffrira pas de l'opération.

Il convient néanmoins de ne pas pousser la division à l'extrême, pour arriver par exemple à l'obtention de véritables boutures, semblables à celles de Klein-Wanzleben. Nous pensons que la segmentation en 4 quartiers est une limite qu'il ne faut pas dépasser. Au reste il suffit de rappeler l'observation précitée de Proskowetz.

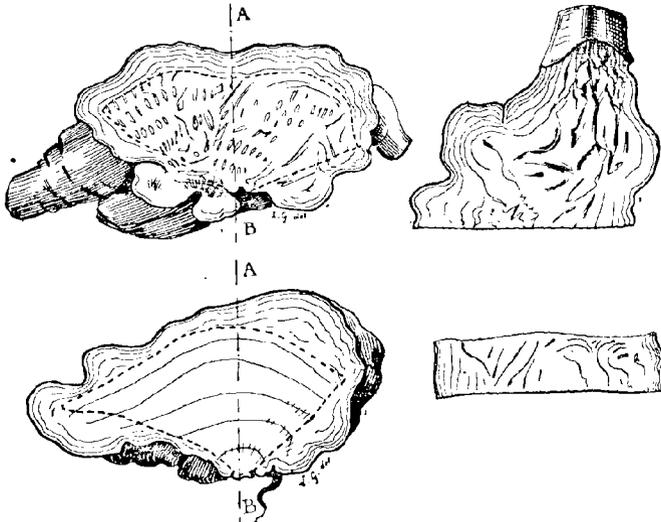


Fig. 67 à 70. — Coupes (longitudinales et transversales) faites à diverses hauteurs dans un quart de betteraves ayant porté graines.

Avec une betterave fourragère très décollétée et coupée en 4, Geschwind a obtenu en 1899, 420 grammes de graines ; cela représenterait 2 à 3 fois la quantité normale.

Hélot (1), à Noyelles-sur-Escant, a constaté une production de 210 gr. de graines avec des betteraves plantées entières, alors qu'il obtenait :

(1) Hélot. *Le sucre de betterave en France, de 1800 à 1900*. Cambrai, 1900.

Avec les 1/2 betteraves 180 gr. de graines par fragment soit 360 gr. par betterave.

Avec les 1/4 betteraves 160 gr. de graines par fragment soit 640 gr.

Cette méthode doit être préconisée ; elle tend actuellement à se généraliser, même en France. En Hollande, un excellent producteur, M. Kuhn, de Naarden, qui, sur le conseil de Geschwind, l'a expérimentée cette année, se montre très satisfait du résultat.

D'ailleurs, même au point de vue économique, le procédé a une grande valeur. Supposons en effet un cultivateur faisant lui-même la graine qu'il sèmera sur une centaine d'hectares, et adoptons comme termes de comparaison les chiffres cités par Hélot. Supposons de plus que ce cultivateur établisse sa sélection sur une base de richesse et de poids très élevée, de manière à ne planter que des sujets exceptionnels, ne titrant pas moins

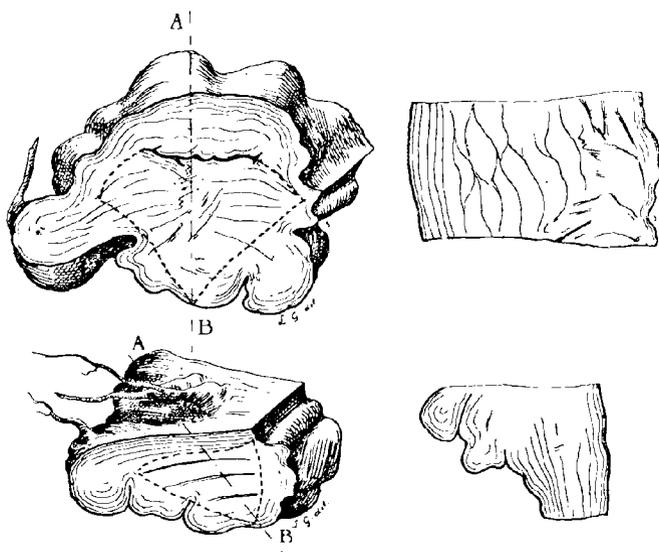


Fig. 71 à 74. — Suite des figures de la page 217.

par exemple, de 17 0/0 avec un poids minimum de 4 kgr. A ce compte, nous pouvons dire que chacune des racines qu'il plantera lui reviendra à environ 0 fr. 50.

Pour ensemercer les 100 hectares il faudra 2 000 à 2.500 kgr. de graines, soit la production d'un hectare, c'est-à-dire de 10.000 porte-graines, en

les supposant plantés à 1 m. C'est une dépense, du fait seul de ces porte-graines, égale à 5.000 fr.

En supposant ces porte-graines divisés en 4, il en aurait évidemment fallu 3 fois moins pour produire le même poids de graines. La dépense de sélection aurait donc été diminuée dans les mêmes proportions et se serait réduite à 1.700 fr. environ. C'est là un résultat qui n'est pas négligeable, d'autant plus que, d'un autre côté, les chances de bonne transmission des caractères augmentent dans le rapport de 3 à 1 puisque le nombre des sujets plantés diminue dans la même proportion.

Si la plantation des fractions a lieu trop tard, ou si le collet a été endommagé, il arrive que la bouture ne monte pas en graines la première année ; elle ne fait que régénérer une racine.

74. Greffe de la betterave. — Nous avons déjà parlé, à propos de la genèse des variétés, de la greffe appliquée à la betterave. Cette méthode, de même que les divers procédés de bouturage et de fragmentation, a pour but d'obtenir le complet développement de toutes les tiges qu'une betterave est susceptible de fournir et, par cela même, d'augmenter le rendement en graines de cette betterave ; dans les deux cas, on provoque l'apparition des œilletons en portant les racines dans un milieu chaud et humide. Au fur et à mesure de leur apparition on les sépare au moyen d'une gouge ou d'un canif. Dans le cas de la greffe, les bourgeons au lieu d'être repiqués sur couche, sont portés sur d'autres betteraves et placés, au moyen d'une légère pression, dans des cavités pratiquées préalablement au moyen d'une gouge plus petite que celle qui a servi à l'extraction. Les betteraves greffées sont alors plantées en terre humide, à une température de 15° à 20° C. Au bout de peu de jours, si les conditions sont favorables à la reprise, les tissus du greffon et du porte greffe se soudent et bientôt le premier se développe comme s'il faisait partie intégrante de la souche sur laquelle on l'a placé ; souvent il absorbe même toute la sève de la mère artificielle qui cesse son développement, tandis qu'à l'endroit de la soudure se forme une agglomération plus ou moins forte de tissus nouveaux, soudés aux anciens, présentant grossièrement la forme d'une betterave collée sur la souche et portant de nombreuses tiges à graines.

Les figures ci-contre, empruntées à Briem et à Hélot, montrent d'une manière saisissante le prodigieux développement que peut prendre le greffon.

On peut combiner le bouturage et la greffe ; cela se fait même dans la grande pratique, chez Wohanka et C^{ie} à Prague (Bohême), par exemple.

D'après Hélot (*loc. cit.*), qui a beaucoup étudié cette question de la greffe de la betterave, chaque greffon soudé à une souche peut produire

325 gr. de graines. C'est là un chiffre considérable, mais réel, car il a été constaté en pratique. En supposant que l'on retire d'une betterave 40 greffes, cela conduirait pour un seul sujet, l'année même de l'opération à une quantité de graines égale à 13 kilos; il semble donc que cette méthode

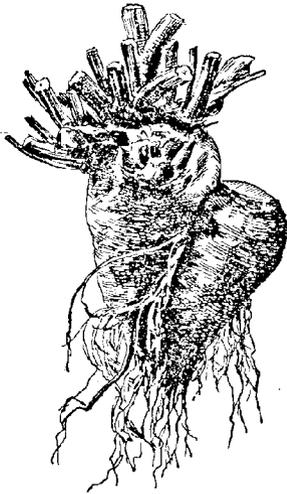


Fig. 75. — Betterave greffée montrant le développement du greffon par rapport au porte-greffe (d'après une photographie de Hélot).

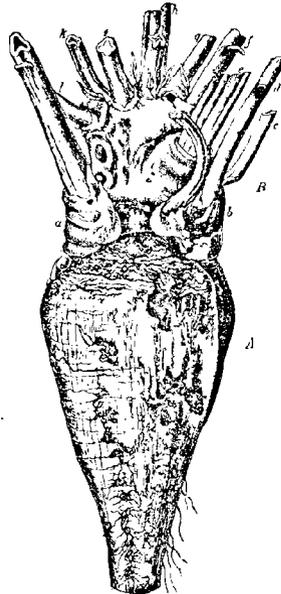


Fig. 76. — Partie de betterave, greffée sur une autre betterave (d'après Briem). A. pivot. — B. greffe. — a à l douze tiges florifères.

mérite d'être largement propagée ; voyons quelle est sa valeur au point de vue de la transmissibilité des caractères.

75. Valeur scientifique et résultats de la greffe. — Briem qui est l'inventeur du procédé et qui en dirige l'exécution chez MM. Wohanka et C^o, se montre très satisfait des résultats obtenus.

En comparant 10.000 sujets provenant de mères titrant 16,50 à 17 0/0 de sucre et obtenus d'un côté par simple sélection, de l'autre au moyen de la greffe et du bouturage combinés, ce savant a effectué les constatations suivantes :

Mères de 16, 50 à 17 0/0 de sucre.

Sujets obtenus par la méthode de sélection usuelle		Sujets obtenus par le bouturage et la greffe combinés
32 0/0	moins riches que les mères	6 0/0
53 0/0	aussi — —	77 0/0
15 0/0	plus — —	17 0/0
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100 0/0		<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100 0/0

Il y aurait donc un grand avantage à opérer comme le fait Briem, car les chiffres cités semblent en faveur de la méthode. Nous nous demandons néanmoins si ces résultats ne sont pas dus à une simple erreur d'appréciation pouvant aussi bien se faire dans l'autre sens et résultant de ce fait, qu'il est toujours très difficile de comparer exactement les récoltes de deux parcelles voisines, une même graine, placée dans de telles conditions donnant parfois des résultats très différents ; ou bien encore, ces résultats étant l'expression de la vérité, s'il est possible de les obtenir toujours d'une manière certaine dans une exploitation agricole ordinaire ne disposant pas des moyens de contrôle et de recherche appliqués dans les exploitations importantes modèles.

Nous ne pouvons accepter comme étant l'expression des faits la théorie formulée par Briem à propos de sa méthode, à savoir : que par la méthode sexuelle, la fécondation réciproque ébranle la constance des propriétés de la plante et produit ainsi des variations individuelles, qui sont soit supérieures, soit inférieures à la mère ; tandis que par la méthode asexuelle, on transmet inaltérées aux rejetons, toutes les propriétés caractéristiques d'une variété déterminée.

Dans le cas particulier de la greffe, ces propriétés ne sont pas transmises d'une manière intégrale ; elles subsistent bien dans le greffon, mais d'une manière plus ou moins altérée, plus ou moins modifiée, ce greffon et le porte-greffe réagissant physiologiquement l'un sur l'autre. C'est là un fait prouvé maintenant et sur lequel nous avons déjà dit quelques mots : nous n'y reviendrons plus.

La greffe n'est donc pas une méthode de conservation ; elle ne maintient pas une variété identique à elle-même, et c'est pour cela qu'il n'est pas indifférent de prendre comme porte-greffe n'importe quelle betterave, soit rouge, jaune, soit à collet vert, etc. Le choix de ces souches présente en effet, dans le cas qui nous occupe, la plus grande importance et il se peut que les résultats avantageux obtenus par Briem soient dus à la sélection attentive des sujets devant servir de supports aux greffons.

Considérée à ce point de vue, la greffe de la betterave peut devenir un puissant levier pour l'amélioration des variétés, à la condition que l'influence du sujet sur le greffon soit précisée, que l'on sache préalablement

dans quel sens elle s'effectuera ; mais dans tous les cas l'application de cette méthode, d'une exécution très facile cependant, réclamera beaucoup de tact de la part de l'opérateur, pour donner tous ses résultats.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces questions ; nous avons en effet donné à tout ce qui touche à l'étude de la graine de betterave un développement suffisant croyons-nous, pour bien montrer l'état actuel de nos connaissances sur le sujet. Nous aborderons donc, dès maintenant, la 3^e partie de notre travail : l'étude de la betterave elle-même.

TROISIÈME PARTIE

La souche de betterave, son développement sa constitution.

CHAPITRE PREMIER

DÉVELOPPEMENT DE LA BETTERAVE. ANATOMIE

§ 1.

DÉVELOPPEMENT MORPHOLOGIQUE DE LA PLANTE

L'étude du développement morphologique de la souche, des racines et des feuilles, constitue l'un des chapitres les plus intéressants de l'histoire de la betterave ; cette question a été particulièrement bien traitée par A. Girard (1). Dans les lignes qui vont suivre nous exposerons donc, en les résumant, les résultats donnés par les recherches de ce savant.

76. Etude de la souche. — Aussitôt que les jeunes plantes germées peuvent assimiler, c'est-à-dire immédiatement après que les cotylédons ont verdi à la lumière, la racine grossit et s'allonge ; mais, pendant cette toute première période du développement de la betterave, l'accroissement de la souche reste très faible ; nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet au moment où nous aborderons la question au point de vue anatomique. Cette souche, ne commence véritablement à s'accroître qu'après la formation des premières feuilles et, à partir de ce moment jusqu'à la fin de la végétation, son poids augmente d'une façon à peu près uniforme, suivant une loi à peu près régulière, si les conditions extérieures restent elles-mêmes constantes et à peu près invariables.

(1) A. Girard. *Recherches sur le développement de la betterave à sucre*. Paris, Gauthiers Villars, 1887.

C'est ce qui résulte des recherches précitées d'Aimé Girard, qui a trouvé :

1885	1 8 juin	2 10 juin	3 2 juil.	4 15 juil.	5 20 juil.	6 10 août	7 24 août	8 5 sept.	9 15 sept.	10 1 ^{er} oct.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids de la souche vivante	1 12	11 50	94 00	173 00	302 00	404 00	520 00	660 00	796 00	965 00
— desséchée.	0 12	1 30	10 00	26 70	47 50	69 20	88 70	101 80	132 00	169 80
Eau.....	1 00	10 6	84 00	146 30	254 00	334 80	431 30	558 20	663 40	795 20

Ces chiffres représentent pour les périodes s'écoulant entre deux essais, périodes d'une douzaine de jours chacune, les gains indiqués dans le tableau suivant :

	Du 8 au 19 juin	Du 19 juin au 2 juillet	Du 2 au 15 juillet	Du 15 au 29 juillet	Du 29 juil. au 10 août	Du 10 au 24 août	Du 24 août au 5 sept.	Du 5 au 15 septembre	Du 15 sept. au 1 ^{er} oct.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Gain en poids total.....	10 78	82 10	79 00	129 00	102 00	116 00	140 00	136 00	162 00
Gain en matière sèche.....	1 18	8 70	16 70	20 80	21 70	19 50	13 10	30 80	37 20
Gain par jour (mat. fraîche).	0 98	6 32	6 07	9 20	8 50	8 20	12 70	10 40	12 07
— (mat. sèche)..	0 10	0 67	1 23	1 48	1 81	1 40	1 20	2 37	2 65

Si on étudie attentivement les données de ce tableau, on est tout d'abord frappé de la régularité avec laquelle se continue, pendant toute la campagne, l'accroissement progressif de la souche en poids total ; à partir du 15 juillet, c'est-à-dire à partir du moment où la plante sucrière peut être considérée comme constituée avec son caractère propre, cet accroissement reste toujours sensiblement le même, soit que la culture ait été, par les arrosages modérés qui lui ont été donnés en Juillet-Août, protégée contre une sécheresse excessive ; soit qu'elle ait été, comme durant la période du 24 Août au 5 Septembre, soumise à des pluies très abondantes, s'élevant en quelques jours à 64 m/m, soit environ le tiers de la quantité totale tombée pendant la campagne (206 m/m).

Il en est autrement si l'on considère les divers chiffres exprimant le poids de la matière sèche ; sous l'influence des pluies abondantes dont

nous venons de parler, l'accroissement de celles-ci, régulier jusqu'alors, diminue brusquement, pour se relever brusquement aussi pendant les beaux jours de la période automnale ; nous reviendrons bientôt sur ce sujet. Aux considérations qui précèdent, il est intéressant encore de joindre, d'un côté, celle de la surface que la souche de la betterave a développée dans le sol, aux diverses phases de sa végétation ; d'un autre, celle de la proportion centésimale que le poids de la souche représente par rapport au poids total de la plante.

Les chiffres ci-dessous permettent de se rendre compte de l'accroissement progressif de la souche, à l'un et à l'autre de ces points de vue.

1885	Surface de la souche	Proportion de souche 0/0 de plante entière (Feuilles fanées non pesées)	Proportion de souche 0/0 de plante entière (Feuilles fanées reconstituées)
—	—	—	—
8 juin	20 cmq.	6,8	6,8
19 —	42	15,1	15,1
2 juillet	117	24,8	24,8
15 —	177	29,5	29,5
29 —	246	38,9	37,7
10 août.....	280	45,7	41,7
24 —	314	52,0	46,4
5 septembre..	352	57,3	51,4
18 —	373	59,8	53,2
1 ^{er} octobre..	417	63,3	58,4

77. Etude du pivot et des radicelles. — Les expériences de A. Girard, dont nous venons de relater quelques résultats, étaient disposées de manière à effectuer la récolte des sujets à examiner sans qu'aucune de leurs parties soit brisée ou séparée de la souche. A cet effet les semis ont été exécutés dans de grandes cases de culture dont un des murs était démoli lors de la récolte ; à l'aide d'un jet d'eau et en procédant avec précaution, les betteraves étant suspendues au moyen d'un dispositif spécial, on faisait couler la terre. On obtenait ainsi des sujets munis de la totalité de leur pivot racineux et de leurs radicelles. Ce pivot était séparé de la souche au point où son diamètre s'abaisse à 2 ou 3 m/m ; on lui adjoignait les radicelles dont la souche est couverte, puis on lavait soigneusement, pour séparer la terre et les racines mortes. Essoré ensuite à la turbine, cet ensemble a été soumis à une étude analogue à celle entreprise pour la souche. Le poids en a été noté, la longueur mesurée, la surface déterminée par un procédé spécial très ingénieux.

Ce procédé consiste à enrober les radicelles dans une matière pulvérulente (le soufre) facile à détacher par la suite, à peser la quantité de cette matière et du poids obtenu, à déduire empiriquement la surface recouverte, d'après un essai parallèle sur une surface déterminée.

Les résultats obtenus par Aimé Girard relativement à l'examen physique du pivot et des radicelles sont résumés ci-dessous ; ils comprennent la mesure de la longueur de la racine entière, c'est-à-dire de la souche et du pivot qui la prolonge ; le poids du pivot et des radicelles à l'état frais et à l'état sec ; leur surface exprimée en centimètres carrés ; enfin, la proportion centésimale de cet ensemble, par rapport au poids de la plante entière.

1885	Longueur totale de la racine	Poids du pivot et des radicelles (à l'état frais)	Poids du pivot et des radicelles (à l'état sec)	Surface en cent. carrés	Proportion 0,0 de la plante entière
8 juin.....	0 ^m 65	1 ^{sr} 64	0 ^{sr} 16	179	10.1
19 —.....	1 00	3 75	0 30	482	4.8
2 juillet.....	1 30	9 50	0 80	1.110	2.4
15 —.....	1 45	11 00	0 99	1.132	2.0
29 —.....	1 80	13 00	1 17	1.190	1.8
10 août.....	1 90	13 00	1 33	1.624	1.5
24 —.....	2 10	17 50	2 21	2.716	1.8
5 septembre.	2 30	16 30	2 21	2.518	1.5
28 —.....	2 30	18 90	2 82	2.500	1.5
1 ^{er} octobre..	2 50	24 80	3 60	2.920	1.5

Ces chiffres montrent la longueur considérable qu'acquiert, dès les premiers moments de la végétation, le pivot qui prolonge la souche de la betterave. Ils peuvent cependant être certainement dépassés, et si, dans les conditions où s'est placé A. Girard ils ne l'ont pas été, il le faut attribuer à ce que, à la profondeur de 2 mètres, c'est à-dire au fond des cases de culture, la betterave rencontrait le terrain dur, non fouillé, sur lequel ces cases reposaient.

Quoi qu'il en soit, et si l'on tient compte en outre, de ce fait, que sur ce pivot viennent se brancher des racines et des radicelles dont le développement atteint quelquefois 1 mètre de longueur, on voit combien est étendu le volume de terre dans lequel chaque betterave à sucre peut développer ses organes souterrains. Ce volume peut être évalué à 6 ou 8 mètres cubes.

Mais ce qui frappe surtout en étudiant le tableau qui précède, c'est la faiblesse du poids sous lequel, à toute époque, se présentent ce long pivot et ces longues radicelles ; c'est à 1 gramme ou 2 grammes de matière sèche seulement que ce poids correspond pendant la période active de la végétation, et c'est à peine si, en fin de saison, on le voit s'élever à 3 grammes ou 3 gr. 60.

À ce faible poids correspond cependant un développement superficiel considérable. C'est à plus de 1 000 centimètres carrés que s'élève déjà cette surface au mois de juillet, c'est à 2.500 centimètres carrés, c'est-à-dire au quart d'un mètre carré, qu'elle peut être évaluée en fin de saison ; elle est elle, en un mot, qu'on peut la considérer comme sextuple de la surface

de la souche, comme presque égale — on le verra bientôt — à la surface développée dans l'atmosphère par les limbes des feuilles.

Tout en ayant confiance dans le procédé qu'il avait imaginé pour la mesure superficielle des racines, A. Girard a cru cependant devoir soumettre quelques-uns des nombres obtenus à une vérification géométrique.

Sur deux de ses épreuves photographiques, il a mesuré aussi exactement que possible à la règle, les radicelles en vue ; à ces radicelles, il a attribué arbitrairement, un diamètre de 1 millimètre, et dans ces conditions il a obtenu des chiffres assez voisins de ceux fournis par l'enrobage au soufre. De plus, en adoptant ce diamètre moyen, il a pu également calculer le développement en longueur de toutes les racines et radicelles mises bout à bout et il a trouvé ainsi, pour leur longueur totale, les nombres ci-dessous :

	mètres		mètres
8 juin.....	6	10 août.....	54
19 —.....	16	24 —.....	90
2 juillet.....	33	5 septembre....	84
15 —.....	34	18 —.....	83
29 —.....	36	1 ^{er} octobre.....	97

Ces nombres sont absolument du même ordre que ceux trouvés par Hellriegell, en mesurant à la règle la longueur des racines de quelques plantes : avoine, orge, etc. pour lesquelles ce savant a trouvé des longueurs totales de 50 à 60 mètres.

Ces nombres n'ont qu'une importance secondaire ; il en est autrement de ceux qui expriment la mesure de la surface développée par le pivot et les radicelles. Sans doute, une partie considérable de cette surface souterraine est inactive au point de vue de l'absorption des produits liquides ou solubilisés que la plante emprunte au sol ; mais quand on l'examine avec attention, on y voit les radicelles proprement dites, fraîches, turgides, d'aspect soyeux, couvertes de poils radiculaires, tellement abondantes qu'il devient possible de comprendre le rôle que joue cette partie de la plante au point de vue de l'hydratation et de la minéralisation du végétal.

C'est seulement au point de vue de cette double fonction que le pivot et les radicelles peuvent être considérés comme intervenant utilement à la constitution de la plante ; au point de vue de la formation de matière organique et notamment du saccharose, d'après A. Girard, leur rôle, est certainement nul, contrairement à ce que Leplay et d'autres auteurs avaient cru.

78. Etude des feuilles. — Les feuilles possèdent chez la betterave une importance capitale. Ce sont elles, en effet, qui assimilent l'acide

carbonique de l'air, le transforment en une série de substances complexes, qui, soit directement, soit indirectement, servent à la constitution de la matière vivante du végétal entier, ou bien viennent s'accumuler dans les parties souterraines à l'état de matériaux de réserve.

Il était donc essentiel d'étudier, non seulement l'appareil foliacé vivant au moment de la récolte, mais encore la proportion de feuilles qui, du fait d'une fanaison anticipée, s'étaient détachées de ce bouquet. Pour effectuer cette dernière détermination, A. Girard a eu soin de disposer autour du collet d'un certain nombre de betteraves, des grillages lui permettant de recueillir, de 8 jours en 8 jours, les feuilles ainsi fanées.

Cette récolte présente un grand intérêt ; si c'est dans les tissus de la feuille que le saccharose, ou les corps qui constitueront plus tard le saccharose, se forment, il devient indispensable de mesurer, à côté du travail spécial qui donne ce saccharose, le travail général dont la conséquence est la formation de la matière organique totale qui constitue la plante. C'est en pesant les racelles, le pivot et la souche, comme nous l'avons vu déjà, c'est en joignant au poids du bouquet vivant le poids des feuilles fanées et ramenant celles-ci par la dessiccation et le calcul à leur poids initial, qu'on peut obtenir cette mesure.

Les données inscrites dans le tableau ci-dessous fournissent à ce sujet les renseignements nécessaires.

1885	Bouquet vivant	Feuilles fanées reconstituées	Végétation foliacée totale
8 juin	13 ^{sr} 62	néant	13 ^{sr} 62
19 —	63 10	»	63 10
2 juillet.....	276	»	276
15 —	402	»	402
29 —	460	26 ^{sr}	486
10 août.....	466	85	551
24 —	461	121	582
5 septembre	474	133	607
18 —	513	130	643
1 ^{er} octobre.....	537	126	663

Si, ces chiffres sous les yeux, on s'attache en premier lieu au poids du bouquet vivant, on remarque aussitôt que ce bouquet, croissant d'abord avec une rapidité surprenante, passe en cinq semaines du poids de 14 grammes environ au poids de 400 grammes ; qu'à cette période de croissance rapide succède une période pendant laquelle le poids de ce bouquet vivant, sensiblement stationnaire, reste très voisin de 460 grammes ; enfin qu'à cette période en succède une autre conduisant en fin de saison à 537 grammes.

On ne saurait dire que cette période de reprise se rencontre toujours ;

A. Girard a lui-même constaté, plus d'une fois, un abaissement du poids du bouquet en fin de saison.

En 1884, par exemple, la pesée du bouquet de betteraves Brabant, betteraves nématodées il est vrai, lui a fourni les chiffres suivants :

19 juin.....	47 gr.	22 août.....	221 gr.
4 juillet.....	131 —	5 septembre ..	217 —
21 —	301 —	19 — ..	176 —
8 août	264 —	4 octobre.....	profondément altéré

D'autres fois, on voit le poids des feuilles augmenter jusqu'à la fin de la campagne ; ce fait a été noté à plusieurs reprises par divers expérimentateurs, et en particulier par Sotsmann (1) en 1877 et Moritz (2) en 1878. A. Girard l'avait déjà constaté dès 1883. Nous citons ci-après les chiffres donnés par ces différents auteurs :

Sotsmann (1877)		Moritz (1878)		A. Girard (1883)	
11 septembre.	385 gr.	26 septembre.	563 gr.	19 juin.....	14 gr. 6
18 octobre...	433 gr.	3 octobre...	520 gr.	3 juillet.....	64 gr. 6
—	—	10	713 gr.	7 août.....	204 gr. 0
—	—	—	—	6 septembre.	240 gr. 0
—	—	—	—	9 octobre....	314 gr. 0

D'après A. Girard, ce phénomène de reprise de la végétation en fin de saison doit être considéré comme un fait normal et non comme l'effet de conditions météorologiques spéciales. Suivant l'avis de ce savant, c'est le contraire qui serait anormal ; lorsqu'on voit, ainsi que cela a lieu certaines années, le développement du bouquet et l'enrichissement en sucre de la souche ne point reprendre, en fin de saison, une activité nouvelle, c'est que précisément, il se produit des anomalies dans les conditions auxquelles la plante est soumise.

L'examen des nombres qui caractérisent les productions foliacées totales (bouquet vivant et feuilles fanées reconstituées) permet, d'ailleurs, par une comparaison avec les nombres correspondants du poids du bouquet vivant, de reconnaître que cette reprise est la condition normale de la végétation, que l'accroissement des feuilles est régulier, que leur état stationnaire n'est qu'apparent, et résulte simplement de la fanaison d'un certain nombre d'entre elles, aussitôt remplacées par une quantité correspondante de feuilles nouvelles.

C'est ainsi que dans les expériences d'A. Girard, du 8 juin au 29 juillet, on voit le bouquet croître rapidement sans qu'à cette croissance cor-

(1) *Organ des Centralvereins*, Année 1877.

(2) *Landwirtschaft Jarbücher*, 8, 1878.

répondre la fanaison d'une seule feuille. Le bouquet vivant durant cette période représente donc la masse entière de l'appareil chlorophyllien de la plante.

Du 29 juillet au 5 septembre, le poids du bouquet vivant reste sensiblement stationnaire ; mais, en même temps, on voit les feuilles fanées apparaître et leur poids augmenter à chaque récolte ; de ce fait si, à chaque pesée du bouquet, on ajoute le poids des feuilles fanées que ce bouquet a fourni dans l'origine, on obtient pour le poids total de l'appareil foliacé produit, des nombres régulièrement croissants.

A partir du 5 septembre, le bouquet vivant reprend du poids, mais en même temps la fanaison cesse : le poids des feuilles fanées récoltées au 18 septembre et au 1^{er} octobre est sensiblement le même que le poids récolté le 5 septembre.

Il résulte de tout cela : Qu'en réalité, l'accroissement du bouquet pris dans son ensemble est un accroissement continu, régulier, comme celui de la souche, quoique de beaucoup moindre importance ; que l'état stationnaire si souvent constaté est un état artificiellement provoqué par la fanaison des feuilles ; que cette fanaison est un accident et non une nécessité de la vie de la betterave ; que l'apparition en fin de saison d'une période de reprise de la végétation est un phénomène normal.

Ceci établi, une question intéressante appelle l'attention : c'est celle de la détermination de la part proportionnelle que le bouquet vivant prend à la composition du végétal entier.

Des différences de vitesse que l'examen des diverses parties de la betterave fait reconnaître dans l'accroissement en poids, de la souche d'un côté, du bouquet de l'autre, il est permis d'induire qu'en peu de temps l'importance en poids de la souche doit dépasser de beaucoup l'importance du bouquet.

C'est ce que montrent les chiffres suivants qui représentent la proportion centésimale du bouquet par rapport à la plante entière :

1885		1885	
8 juin	83.1	10 août.....	52.8
19 —	80.1	24 —	46.2
2 juillet.....	72.8	5 septembre....	41.2
15 —	68.5	18 —	38.7
29 —	59.3	1 ^{er} octobre	35.2

Un autre point, intéressant aussi, est relatif à la proportion des limbes et des pétioles par rapport à l'ensemble de la feuille.

Pour établir cette proportion, A. Girard a considéré, d'un côté, les limbes débarrassés de la nervure médiane, mais portant encore les nervures secondaires ; d'un autre, les pétioles proprement dits, allongés par la nervure

médiane elle-même ; il a ainsi obtenu, pour le poids des limbes et des pétioles et pour leur proportion par rapport à cent grammes de feuilles, les nombres suivants :

1885	Limbes		Pétioles	
	Poids par sujet	Proportion p. 100 de feuilles	Poids par sujet	Proportion p. 100 de feuilles
8 juin.....	7 ⁸ .70	36.5	5 ⁸ .93	43.5
19 —.....	36.30	37.6	26.76	42.4
2 juillet.....	103.00	37.3	173.00	62.7
15 —.....	134.00	33.3	268.00	66.7
29 —.....	138.00	29.6	322.00	70.4
10 août.....	155.00	33.3	311.00	66.6
en août.....	138.00	29.9	323.00	70.1
5 septembre..	151.00	31.9	323.00	68.1
18 —.....	168.00	32.5	345.00	67.5
1 ^{er} octobre...	161.00	30.0	376.00	70.0

En étudiant les chiffres qui précèdent, il ne faut pas oublier que la race de betteraves de Fouquier d'Hérouël, cultivée en 1885 par A. Girard, est une race dont le feuillage est particulièrement riche et dont les limbes, haut dressés, sont portés par des pétioles longs et puissants. Aussi faut-il considérer la proportion de 66 à 70 0/0, constatée ci-dessus pour les pétioles, comme exceptionnelle.

En général, c'est à un chiffre sensiblement moindre, c'est-à-dire à 60 0/0 que s'élève cette proportion ; c'est donc à 40 0/0 du poids de la feuille qu'il convient d'évaluer la proportion des limbes.

Il est dévolu à ces limbes, ou plutôt aux parties vertes de la plante, un rôle tout à fait spécial dans l'élaboration des diverses matières organiques constituant le végétal et particulièrement du saccharose ; nous reviendrons plus loin sur ce sujet, qui présente une importance considérable. Mais nous pouvons dire dès maintenant que c'est sous l'influence des radiations lumineuses, que cet appareil chlorophyllien assimile. Ce fait donne donc un intérêt tout particulier à la mesure superficielle des limbes, c'est-à-dire à la détermination de la surface exposée aux rayons solaires, en un mot de la surface active.

A. Girard a effectué cette détermination aux diverses époques de la végétation, et il s'est servi pour cela, d'un procédé très ingénieux, déjà décrit dans un curieux ouvrage datant de 1598 (1) : les limbes furent détachés des nervures médianes ; puis, appliqués sur une feuille, suivis au crayon sur leurs contours et les figures ainsi tracées découpées et pesées. Du poids comparatif de ces découpages d'une part, et de celui d'une surface connue de papier, d'une autre, on déduisit la surface des limbes.

(1) *Methodus geometrica*, chez Valentin Fuhrmann (Nuremberg, 1598, Bibliothèque du Conservatoire des Arts et Métiers).

Les nombres fournis par cette mesure sont reproduits ci-dessous ; nous les avons, avec A. Girard, rapprochés des mêmes chiffres afférents à la souche et au pivot et radicelles.

	Limbes cent. carrés	Souche cent. carrés	Pivot et radicelles cent. carrés
8 juin.	330	20	179
19 —	740	42	482
2 juillet.....	2,610	117	410
15 —	3,000	177	1,132
29 —	3,700	246	1,190
10 août	3,370	280	1,624
24 —	3,000	314	2,716
5 septembre.....	3,300	352	2,518
18 —	3,300	373	2,500
1 ^{er} octobre.....	3,520	417	2,920

Il est intéressant de constater qu'en fin de végétation la surface des limbes équivaut, à peu de chose près, à la surface totale de la souche, du pivot et des radicelles ; ces deux surfaces sont en effet respectivement de 3520 cmq et 3337 cmq.

79. Conclusions. — Les chiffres qui ont été donnés par A. Girard ne sont que des chiffres relatifs, c'est-à-dire qu'ils s'appliquent, pour leur valeur exacte, à la variété de betterave expérimentée et aux conditions de l'expérience. Ils sont extrêmement variables, en valeur absolue, avec les diverses variétés de racines sucrées, dont les caractères sont très différents de ceux de la betterave Fouquier d'Ilérouël qui a été étudiée dans les cas précités ; ils sont soumis d'ailleurs, dans une certaine mesure, aux variations des conditions extérieures de la vie, dont l'influence doit se traduire par des fluctuations marquées dans les données expérimentales.

Néanmoins, les recherches du savant et regretté professeur ont une portée très générale relativement aux lois qui régissent l'accroissement de la betterave.

Cet accroissement, dans le cas examiné, est résumé en centièmes de la plante totale par les chiffres suivants :

1885	Souche p. 100	Bouquet p. 100	Pivot et radicelles p. 100
8 juin	6,8	83,1	10,1
19 —	15,1	80,1	4,8
2 juillet.....	24,8	72,8	2,4
15 —	29,5	68,5	2,0
29 —	38,9	59,3	1,8
10 août	45,7	52,8	1,5
24 —	52,0	46,2	1,8
5 septembre.	57,3	41,2	1,5
18 —	59,8	38,7	1,5
1 ^{er} octobre..	63,3	35,2	1,5

Les chiffres qui précèdent permettent de caractériser, aux divers moments de la végétation, la physionomie de la plante.

Pendant les deux premiers mois, ainsi que nombre d'observateurs l'ont déjà constaté, l'appareil foliacé prédomine, et c'est à se constituer lui-même que son activité s'applique surtout. L'importance de la souche est faible à ce moment. Quant à l'appareil radicaire, son développement relatif, notable au début, diminue rapidement, et bientôt, c'est à 2 0/0 du poids de la plante que s'abaisse la proportion de cet appareil.

Pendant les deux derniers mois de la saison, c'est dans des conditions tout autres que la végétation se poursuit. L'appareil radicaire et l'appareil aérien augmentent toujours, mais pour le premier, tout juste pour maintenir sa proportionalité vis-à-vis du végétal entier. La souche augmente rapidement en poids, et, en fin de campagne, celui-ci représente les deux tiers environ du poids de la plante toute entière.

Pour chacune des parties de cette plante, si les conditions d'humidité du sol ont été normales (comme elles l'ont été au cours des essais de A. Girard, grâce à de légers arrosages en pluie), cet accroissement est régulier, proportionnel au temps, et c'est par des lignes presque droites que la représentation graphique le traduit, aussi bien pour la souche que pour les racines, et le bouquet lui-même, si, bien entendu, on fait entrer en ligne de compte le poids des feuilles fanées.

80. Elimination par les feuilles de l'eau absorbée par les racines. — La betterave réclame pour sa croissance une quantité d'eau considérable; elle peut d'ailleurs, au moyen de ses longues racines, l'aller puiser dans les parties profondes du sous-sol, pour, de là, la conduire dans les feuilles qui la rejettent dans l'atmosphère.

Les expériences qui ont été exécutées dans le but de rechercher la quantité d'eau éliminée par l'appareil foliacé, ont donné des chiffres très considérables.

Haberlandt (1) a constaté sur des feuilles de betteraves du même âge et autant que possible semblables entre elles, que la face inférieure élimine beaucoup plus rapidement l'eau absorbée par la plante que la face supérieure; ce fait est dû probablement à la plus grande quantité de stomates de cette face de la feuille.

Le même auteur déterra quelques jeunes plantes de betterave et les plaça dans des éprouvettes pleines d'eau, en laissant passer à l'extérieur les feuilles de chaque sujet, au moyen d'un bouchon perforé dont il boucha ensuite les interstices avec de la cire.

Il pesa les éprouvettes ainsi préparées, les exposa à l'air sous un parasol puis, repesa de temps à autre. Relativement à l'eau évaporée, il constata les chiffres suivants :

(1) *Pflanzenbau*. 2, p. 134.

	1 ^{er} Jour		2 ^e Jour	
	Noit	Jour	Noit	Jour
Evaporation de la plante en grammes.	0 ^{sr} 617	1 ^{sr} 650	0 ^{sr} 870	1 ^{sr} 958
« par décimètre carré de surface	0 331	0 886	0 469	1 052
Température : thermomètre sec.	16° 4	22° 6	17° 7	22° 8

soit :

Surface des feuilles de la plante en décimètres carrés . . .	1 861
Evaporation en 2 jours par décimètre carré.	2 ^{sr} 738
— quotidienne moyenne.	1 369
— moyenne de la nuit	0 400
— — du jour.	0 969

D'un autre côté, si nous supposons que la surface des feuilles, depuis le début de la végétation, représente, par sujet, une moyenne de 0 mq. 2687, chiffre que l'on peut déduire des résultats d'Aimé Girard ; si de plus nous admettons que la durée de la végétation est de 155 jours, nous trouvons, au moyen de ces données, qu'une betterave rejette dans l'atmosphère, au cours de son développement, une quantité d'eau égale à 5 kg. 700. En comptant 100.000 pieds à l'hectare, c'est une quantité de 570.000 kg., soit 570 m³, ou une couche de 0 m. 057 (1).

Ces chiffres n'ont qu'une valeur absolument relative, car d'une part la surface des limbes ne représente pas la totalité de la surface évaporatoire, les pétioles et les parties vertes du collet de la souche doivent également coopérer à cette fonction ; d'autre part, une forte partie de l'eau évaporée par la betterave pendant la nuit lui est restituée le matin sous forme de rosée.

Les chiffres de Haberlandt ont été obtenus par l'exposition de betteraves sous un parasol, à l'ombre. Il est bien évident que, dans la pratique, par les journées chaudes de l'été et l'influence directe du soleil, la quantité d'eau évaporée doit être bien plus grande, et ceci nous permet de comprendre comment, malgré son puissant appareil radicaire, la betterave souffre tant et se développe si mal pendant les années de sécheresse.

§ 2.

DÉVELOPPEMENT ANATOMIQUE DE LA BETTERAVE

§ 1. Généralités. — L'étude du développement de la betterave à sucre, pendant la première période de sa courte vie, présente un grand intérêt, non seulement au point de vue purement spéculatif, mais aussi

(1) Au sujet de la transpiration des feuilles de betteraves, voyez aussi : F. von Höhnel *Ueber den Gang des Wassergehalts und der Transpiration bei der Entwicklung des Blattes*, *Wollny's Agricultur physik*, I, Ch. IV, p. 17.

au point de vue pratique ; elle fait comprendre d'une manière plus nette le mécanisme de l'action des divers phénomènes extérieurs qui régissent ce développement ; d'une malformation dans la structure, d'un retard dans l'apparition ou dans l'évolution des divers éléments anatomiques, on peut souvent tirer une relation de causalité, mettant en jeu ces divers phénomènes.

Cette étude nous fait aussi pénétrer d'une manière plus intime dans l'histoire d'un végétal d'une importance industrielle et agricole si considérable et qui a déjà été l'objet d'un nombre inouï de recherches et de travaux.

Decaisne (1), Van Thieghem (2), Hugo de Vries (3) ont traité la question il y a longtemps déjà et leurs beaux mémoires ont laissé bien peu de place pour de nouvelles observations ; néanmoins, Geschwind a refait en détail le travail de nos illustres devanciers, non point dans le but de contrôler et de vérifier leurs dires mais surtout pour bien fixer nos idées sur le sujet (4).

82. Germination de la graine. — La graine mûre, bien conformée, telle que nous l'avons décrite, est en état de vie ralentie. Elle peut se conserver ainsi pendant un nombre d'années plus ou moins considérable, sans présenter de changements notables. Mais, dès que les divers facteurs extérieurs deviennent favorables, quand l'aération, la chaleur, l'humidité sont suffisantes, elle germe ; l'albumen se gorge d'eau, se gonfle ; les parois de ses cellules, ses grains d'amidon se corrodent sous l'action d'une diastase secrétée par le protoplasma de l'embryon et la radicule commence à s'allonger ; l'extrémité de cette radicule, déjà pourvue de sa coiffe, s'insinue entre l'opercule de l'ovaire et la coque du fruit, puis, sous l'influence de son géotropisme positif, se recourbe vers le bas, perce le sol, et croît désormais comme racine principale, en produisant de fines radicelles qui rayonnent dans la terre environnante. A ce stade, les cotylédons sont encore renfermés dans la cavité du fruit ; ils s'y développent de plus en plus en résorbant les réserves alimentaires qui y sont accumulées. La tigelle, ou axe hypocotylé, s'allongeant à son tour, puis se courbant vers le haut par suite de son géotropisme négatif, entraîne l'enveloppe de la graine à son sommet, et bientôt, par suite de l'accroissement de volume

(1) Decaisne. *Sur l'organisation anatomique de la racine de betterave à sucre*. C. R. 28 novembre 1838.

(2) Van Thieghem. *Annales des sciences naturelles*, 5^e série. Botanique. 13, p. 234, 1871.

(3) Hugo de Vries. *Histoire de la croissance de la betterave*. *Revue des industries et des sciences chimiques et agricoles*. 2, p. 257, 429, 490, 547, 1879 ; 4, p. 98, 194, 1881.

(4) L. Geschwind. *Etude sur le développement de la betterave à sucre*, *Bl. sucr. et dist.* 17, p. 217, 1899.

des cotylédons, l'opercule qui recouvrait la graine se sépare de la coque et le glomérule vide tombe de lui-même sur le sol. Les deux cotylédons se séparent alors, verdissent sous l'influence de la lumière solaire et constituent l'appareil chlorophyllien primaire qui assimile immédiatement avec une grande énergie ; le cône végétatif commence alors à son tour à s'allonger, pour former successivement, sur ses flancs, des feuilles qui s'épanouissent pour constituer le véritable appareil chlorophyllien dans lequel le saccharose, ou ses éléments, vont s'élaborer pour émigrer ensuite dans la racine.

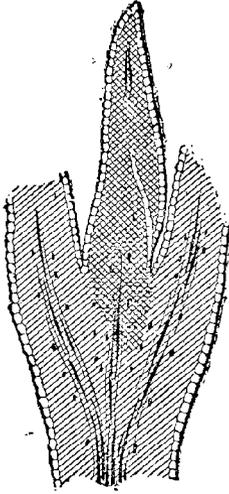


Fig. 77. — Coupe longitudinale par le sommet de l'axe hypocotylé d'une jeune betterave.

La fig. 77, dessinée d'après une coupe longitudinale par le sommet de l'axe hypocotylé d'une jeune betterave à ce stade, nous montre le cône végétatif déjà fortement allongé et prêt à émettre une feuille sur l'un des côtés (1).

83. Premier stade du développement

— La période qui s'écoule depuis le commencement de la germination et qui se termine au moment de l'épanouissement des cotylédons, est exclusivement consacrée à la formation du système vasculaire primaire et à la préparation du système vasculaire secondaire concordant avec l'émission des premières feuilles.

A ce stade, la structure intime de la jeune plante est déjà fort diversifiée. Le pivot, ou plutôt l'axe hypocotylé comporte en effet un parenchyme cortical à larges mailles, formé de cellules à parois un peu ondulées, séparées à chaque angle par espaces intercellulaires, surtout vers la partie la plus interne. Ce parenchyme cortical est limité à l'extérieur par un épiderme mince composé d'une seule assise de cellules à parois légèrement épaissies vers l'extérieur, ainsi que le montre la fig. 78 qui représente cet épiderme et une portion du parenchyme cortical vus à un fort grossissement.

A l'intérieur, le parenchyme cortical est limité par une assise de cellules à parois minces et légèrement plissées dans le sens diamétral ; c'est la *membrane protectrice* de Van Thieghem. Sous cette assise se trouve une couche de cellules rectangulaires, allongées radialement, qui forment le *péri-*

(1) La coupe a été faite un peu sur le côté et non par l'axe pétiolaire de la feuille en voie de formation.

cambium ou *membrane rhizogène* de Van Thieghem. Sur ce péricambium s'appuient, suivant deux diamètres perpendiculaires :

1° Deux groupes de vaisseaux dont les plus larges se rejoignent au centre, de manière à constituer une *lame vasculaire primaire*, dont la section en plan est, dans sa forme générale, nettement fusiforme. Le plan de direction de cette lame se confond avec le plan passant par les cotylédons, dans lesquels, d'ailleurs, les deux groupes se prolongent, après que la lame s'est dédoublée un peu en dessous du cône végétatif.

Les radicelles, émises par la membrane rhizogène, se forment en face de ces deux groupes vasculaires et leur plan vasculaire coïncide avec celui de la souche. La racine émet donc ses radicelles dans un seul et même plan, qui, comme nous venons de le voir, est celui des cotylédons.

A ce stade, cette racine accuse donc déjà la symétrie générale qu'elle possédera plus tard et se divise en deux lobes, dont le plan de séparation est constitué par le plan d'orientation de la lame vasculaire primaire.

2° Deux arcs libériens, formés de cellules étroites et longues, à parois minces, nées en direction centripète, mais projetées moins loin vers le centre que les éléments des deux groupes vasculaires constituant la lame primaire.

Les deux genres de faisceaux sont réunis entre eux par du tissu conjonctif et le tout forme un cylindre plein, que la membrane périphérique enveloppe comme un épiderme.

La fig. 79, que nous empruntons au travail de Van Thieghem, déjà cité, rend compte de ces diverses formations.

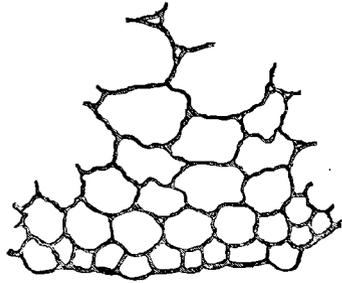


Fig. 78. Coupe transversale dans une jeune souche de betterave pour montrer l'épiderme et une portion du parenchyme cortical.

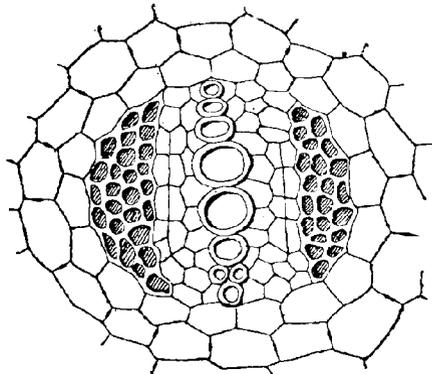


Fig. 79. — Coupe transversale dans une jeune betterave, un peu au-dessous du cône végétatif, d'après Van Thieghem.

84. Second stade du développement. — Le premier stade correspond en entier au développement des cotylédons. Dès que la racicule s'est insinuée dans le sol, toute l'énergie vitale de la jeune plante est dirigée vers la formation de cet appareil chlorophyllien primaire. Aussitôt que celui-ci s'est constitué, la plante devient un individu, au sens propre du mot et elle commence à s'alimenter seule. A ce moment se font voir les premiers symptômes du développement en grosseur, qui va s'effectuer d'abord avec lenteur, car auparavant doit se constituer l'appareil chlorophyllien véritable, formé par les feuilles émises par le cône végétatif. Ce stade est le plus délicat du développement ; c'est celui où le végétal réagit le moins vis-à-vis des diverses causes extérieures de destruction. Que les conditions de température et d'humidité ambiantes soient défectueuses, que par suite d'un état physique défavorable, la jeune racine ne puisse pénétrer facilement dans la couche arable, l'évolution des diverses formations anatomiques secondaires se trouve retardée ou

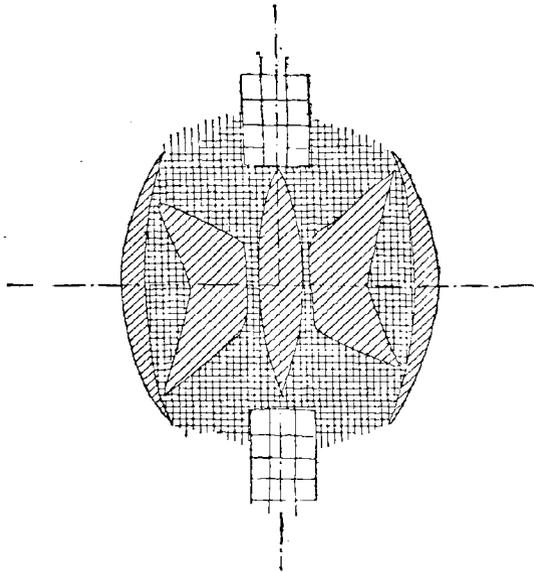


Fig. 80. — Schéma d'une coupe transversale dans une jeune souche de betterave, un peu au-dessous du cône végétatif pour montrer la formation des vaisseaux secondaires et l'amorce des deux grands rayons médullaires.

même arrêtée. Il en résulte que les divers phénomènes de nutrition, très actifs à ce stade, ne peuvent avoir lieu avec toute l'énergie désirable et que la jeune betterave languit, végète, et souvent même disparaît, sous

l'action du développement de nombreux microorganismes, qui agissent à la faveur du manque de réaction de l'organisme malade.

De même, si par suite du manque d'éléments fertilisants, résultant d'un travail mécanique du sol peu convenable, d'une fumure insuffisante, la jeune racine ne peut trouver les substances nutritives nécessaires au développement des premières feuilles et à la constitution du squelette vasculaire, l'évolution va aussi être retardée et, malgré des conditions climatiques favorables, la délicate plante est encore exposée à périr. Il faut donc, au début du second stade, que tout concoure à entretenir l'énergie vitale de la betterave à son maximum d'activité. Il faut que le sol, bien travaillé, soit meuble et aéré ; il faut de la chaleur et une quantité suffisante d'humidité ; il faut que la racine ait à sa disposition, en abondance, les nitrates, les phosphates, la chaux, tous les éléments nécessaires à la constitution des diverses productions physiologiques, dont l'ensemble concourt à l'accroissement du végétal.

Ceci explique la nécessité des labours profonds, des binages répétés et de l'emploi des fumures immédiatement assimilables (nitrate et superphosphate).

Si toutes les conditions de vie sont bien remplies, le développement progresse avec énergie.

A ce moment, la croissance en grosseur s'accomplit exclusivement dans le cylindre central limité par la membrane rhizogène.

A la partie interne de chaque groupe libérien primaire, le tissu conjonctif interstitiel se différencie et forme un *cambium* ou *assise génératrice*, que l'on reconnaît bientôt à ses cellules rectangulaires, régulières, à parois minces, à divisions tangentielles ; il convient de

remarquer que ce cambium ne forme pas une assise continue autour de la lame vasculaire primaire, mais bien deux arcs parallèles à cette lame. Il est le siège d'un phénomène de segmentation très actif et donne, en divisant ses cellules, des vaisseaux vers l'intérieur et du liber vers l'extérieur. En même temps, la membrane protectrice s'élargit en divisant ses

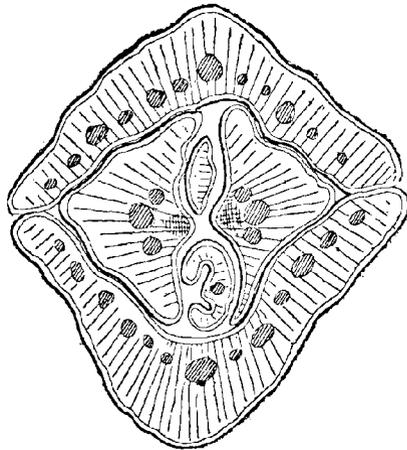


Fig. 81. — Coupe transversale dans le cône végétatif d'une betterave de 10 jours pour montrer la formation de deux premières paires de feuilles.

cellules par des cloisons radiales et le tissu conjonctif se développe également.

Les formations vasculaires secondaires, issues du cambium, prennent rapidement une allure très particulière. De chaque côté de la lame vasculaire primaire, il se forme d'abord un faisceau simple, constitué par quelques vaisseaux ; mais bientôt, au fur et à mesure de l'émission de nouveaux éléments par le cambium, chaque faisceau se dédouble en deux autres, dont l'un est généralement plus développé que l'autre, et qui sont séparés par du tissu conjonctif. Le dédoublement n'est cependant pas complet, les deux faisceaux partiels restant réunis par leur base, située vis-à-vis de la lame primaire. Il en résulte qu'une coupe transversale, révèle à ce moment pour l'appareil vasculaire du cylindre central la structure rayonnée dont la fig. 80 fortement schématisée, donne une idée. Ces faisceaux vasculaires sont constitués par de larges vaisseaux rayés séparés par des cellules à parois minces.

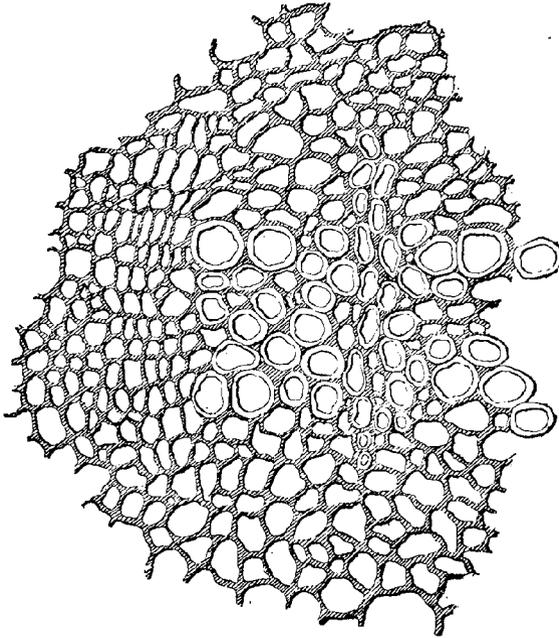


Fig. 82. — Portion centrale d'une coupe transversale passant par l'axe hypocotylé d'une betterave de 12 à 15 jours.

Si, à ce moment, dans une pièce enrobée dans la celloïdine, on effectue des coupes sériées dans la partie avoisinant le cône végétatif, on peut se

rendre compte de la correspondance des faisceaux ainsi formés avec les productions foliaires. On reconnaît, en effet, qu'à ce stade, en plus des 2 cotylédons, 4 feuilles sont en voie de développement, ainsi que le révèle la fig. 81, obtenue avec une jeune betterave de 10 jours environ.

Chacune des deux parties constituant les faisceaux vasculaires secondaires, de droite et de gauche, correspond donc à la naissance d'une feuille et les deux branches les plus développées de l'étoile doivent évidemment correspondre aux deux premières feuilles. Ces deux premières feuilles ne font pas encore partie du cycle foliaire qui régit la disposition des feuilles sur le collet ; elles sont, en effet, disposées sur un même plan, exactement perpendiculaire au plan des cotylédons et de la lame primaire ; leur structure et leur forme sont d'ailleurs encore assez simples et elles disparaissent rapidement.

Sous l'influence du développement des vaisseaux secondaires, la lame primaire, comprimée de plus en plus de chaque côté, s'écrase ; ses éléments s'aplatissent suivant la direction du plan des radicules et, à un stade plus avancé, elle ne forme souvent plus qu'une simple ligne, un peu épaisse, mais dans laquelle on reconnaît encore les divers éléments qui la constituent.

Cet aplatissement, cependant, n'est pas la règle, car, dans certains cas, on retrouve encore, même à un stade très avancé, la lame primaire avec ses éléments arrondis, tels qu'ils étaient au début de la végétation, et montrant seulement leurs parois un peu épaissies.

En même temps qu'a lieu la constitution des faisceaux vasculaires secondaires, de l'autre côté de chacun des arcs cambiaux, le liber se développe énergiquement et les productions nouvelles ainsi formées viennent s'ajouter au liber primaire, qu'elles repoussent vers la périphérie et avec lequel elles se confondent. Le liber secondaire dépasse de beaucoup, de chaque côté, le liber primaire ; mais dans aucun cas il ne forme un cercle complet. Dans le plan de la lame vasculaire primaire le tissu reste toujours parenchymateux et forme l'amorce des deux grands rayons médullaires que l'on peut remarquer sur la racine entièrement développée.

La fig. 82 montre les rapports qui existent entre les diverses productions primaires et secondaires. Cette figure a été dessinée d'après une coupe transversale à travers l'axe hypocotylé d'une jeune betterave comptant douze à quinze jours de végétation, à partir du commencement du développement, c'est-à-dire à partir du moment de la germination ; pour ne pas lui donner des dimensions exagérées nous n'avons fait figurer absolument que la portion centrale de la coupe.

La mensuration des divers éléments nous a donné les chiffres suivants :

Diamètre du cylindre central.	270 μ	
Diamètre total de la coupe.	900 μ	
Diamètre des fibres vasculaires.	9 μ	à 18 μ
Épaisseur des parois des fibres vasculaires.	2 μ 2	à 3 μ 4
Diamètre des fibres libériennes.	4 μ 5	à 9 μ
Longueur des cellules cambiales.	7 μ	à 11 μ
Largeur des cellules cambiales.	3 μ 4	à 7 μ
Diamètre des cellules du tissu conjonctif central.	9 μ	à 11 μ
Diamètre des cellules du parenchyme cortical (vers la périphérie)	11 μ	à 34 μ
Diamètre des cellules du parenchyme cortical (vers le centre)	56 μ	à 67 μ
Longueur des cellules épidermiques.	18 μ	à 31 μ
Largeur des cellules épidermiques	9 μ	à 20 μ
Épaisseur de la paroi externe des cellules épidermiques	4 μ 5	à 5 μ 5

L'accroissement en grosseur n'a pas lieu sur toute la hauteur de la jeune plante, mais reste localisé à la partie supérieure. Les formations vasculaires sont en effet en rapport direct avec la naissance des radicules, et par suite, sont nécessairement plus développées à la partie supérieure, qui est en relation avec les radicules les premières nées et par conséquent les plus élevées sur la jeune racine. Cette racine accuse donc rapidement la forme conique qu'elle aura à la fin de son développement.

Si maintenant nous passons à l'étude du cotylédon, nous trouvons aussi quelques particularités intéressantes à signaler. Tout à fait au début de la végétation le mésophylle vert est encore peu différencié. On y distingue deux assises dont la supérieure est formée de cellules déjà un peu moins irrégulières qu'à la partie inférieure et qui sont étendues dans le sens perpendiculaire à la surface. Mais, si on effectue la coupe dix jours environ après la germination, les cotylédons montrent une structure déjà très nettement différenciée. Le mésophylle, à éléments très délicats, présente alors l'aspect caractéristique qu'on lui reconnaît dans les feuilles. Il se compose d'une assise, formant à peu près les 2/3 de l'épaisseur totale du cotylédon, à éléments plus ou moins réguliers, mais allongés et étendus perpendiculairement à la surface et où se reconnaissent les caractères propres au tissu palissadique.

A la partie inférieure se trouve une assise plus mince, formée par un parenchyme lacuneux à cellules rameuses. L'épiderme supérieur, plus épais que l'inférieur, a ses éléments plus grands et légèrement épaissis vers la partie médiane du cotylédon. Au centre, mais situé vers la partie inférieure, se remarquent un faisceau fibro-vasculaire principal et, de cha-

que côté, sur une même ligne, 2, 3, 4, etc. faisceaux secondaires très déliés. On peut en rencontrer un nombre beaucoup plus grand, mais ils sont toujours disséminés sur une même ligne qui formé à peu près la ligne de démarcation entre les deux systèmes de tissus du mésophylle. Ce mésophylle contient dans ses cellules un protoplasma abondant, jeune, non accolé contre les parois, mais le plus souvent formant une masse centrale englobant le noyau et jointe à la périphérie par des tractus plasmatiques; les deux formes de tissus contiennent de nombreux chloroleucites lenticulaires ou plutôt fusiformes. Nous n'avons rencontré, par contre, que de très rares cristaux d'oxalate de chaux.

Sur la même ligne que les faisceaux, nous avons vu de nombreux grains d'amidon, assez gros, colorables en bleu par l'iode et disséminés assez irrégulièrement entre les faisceaux ou un peu en dessous.

Nous avons voulu déterminer le nombre de stomates tant pour l'épiderme supérieur que pour l'épiderme inférieur des cotylédons. Nous avons trouvé ce nombre très variable, même dans des régions très voisines. La face supérieure nous a donné de 100 à 160 stomates en moyenne par mmq., selon les régions, mais ce nombre oscillait le plus souvent entre 100 et 120.

Sur la face inférieure nous en avons compté un peu plus de 140 à 160 par mmq. (1). Les cotylédons constituent donc déjà un appareil chlorophyllien parfaitement organisé pour assimiler et toute lésion de ces cotylédons aura pour résultat un retard dans le développement ultérieur de la betterave.

Diverses mensurations que nous avons effectuées nous ont donné les chiffres suivants :

Cellules épidermiques supérieures (diamètre)	25 μ à 78 μ
— — — (épaisseur) (2).	18 μ à 25 μ
— — — inférieures (diamètre)	25 μ à 60 μ
— — — (épaisseur)	13 μ à 20 μ
Longueur des stomates (3)	27 μ à 34 μ

(1) A ce sujet, nous devons faire observer que Hugo de Vries (*loc. cit.*) a constaté de 91 à 105 stomates sur la face supérieure et 144 à 150 sur la face inférieure de feuilles de betteraves. Droysen (*Beitrag zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Zuckerrübe*, Halle 1877) en a compté en moyenne 114,12 par mmq. sur la face supérieure et 161,12 sur la face inférieure de feuilles mesurant 12 à 15 centimètres de longueur. Morren (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1864, XVI, n° 12) a donné pour la face supérieure 75 et pour la face inférieure 115. Les nombres que nous donnons pour les cotylédons sont donc à peu près semblables à ceux donnés pour les feuilles par ces divers savants.

(2) Il s'agit ici de la couche épidermique et non de l'épaisseur des parois.

(3) Les chiffres que nous donnons pour les dimensions des stomates des cotylédons sont aussi à peu près semblables à ceux donnés pour les feuilles par Hugo de Vries et Droysen. Le premier a trouvé une largeur de 22 μ et une longueur de 33 μ et le second respectivement 23 μ et 32 μ pour la face supérieure et 22 μ et 30 μ pour la face inférieure.

Largeur des stomates.	22 μ à 24 μ
Longueur des chloroleucites.	6 μ
Largeur —	3 μ

Les observations qui précèdent, comme nous l'avons déjà dit, s'appliquent indistinctement à des *blanches fourragères* et à la *Vilmorin riche en sucre* ; dans aucun cas et en étudiant un nombre considérable de coupes, nous n'avons pu discerner de différence entre les deux races.

85. Troisième stade du développement. Constitution définitive de la souche. — A partir de la fin du second stade, le développement en grosseur s'accroît fortement ; de nouvelles formations apparaissent et la souche se constitue définitivement. Entre le bord externe des faisceaux libériens secondaires et la membrane protectrice, on voit apparaître une couche de cellules à parois minces, se multipliant continuellement par cloisonnement, disposées sans ordre apparent ; cette couche s'épaissit très rapidement ; elle forme le parenchyme cortical secondaire qui est issu tout entier de la membrane rhizogène primitive. Pendant le stade de la constitution des faisceaux secondaires, cette membrane a donné naissance, en effet, à une assise génératrice, qui, sur sa face interne, a produit le parenchyme cortical dont nous venons de parler et sur sa face externe une couche subéreuse formée de cellules allongées tangentiellement, à parois minces, disposées à la fois en séries radiales et en cercles concentriques. Cette couche subéreuse est destinée à limiter la racine après l'exfoliation du parenchyme cortical primaire. Nous arrivons maintenant à une période des plus intéressantes de la vie de la betterave à sucre. Le parenchyme cortical primitif et son épiderme n'ont participé d'aucune manière au développement en grosseur de la racine. Ce développement s'est effectué en entier dans le cylindre axial. Les cellules du parenchyme cortical primaire et les cellules épidermiques n'ont fait que se distendre passivement jusqu'à leur limite d'élasticité, en s'aplatissant de plus en plus.

Tout le système de ce parenchyme primaire qui, jusqu'alors, participait à la vie du végétal entier, commence maintenant à dépérir et à ce stade, la jeune racine semble formée par un cylindre central de structure complexe, constitué par les faisceaux primaires et secondaires, où se montrent déjà les premiers indices de la formation des faisceaux surnuméraires, muni d'un épiderme déjà différencié, et, recouvert comme d'un étui absolulement indépendant, par le parenchyme primaire. De l'observation des coupes à ce moment, découle nettement l'idée que ce parenchyme a terminé son rôle de protection et qu'il va disparaître. C'est en effet ce qui a lieu.

Comme nous l'avons vu, les deux arcs générateurs qui apparaissent

après la constitution de la lame primaire ne se rejoignent pas aux deux bouts de cette lame. Il en résulte que l'accroissement en grosseur de la racine s'effectue en passant par un maximum suivant le diamètre perpendiculaire au plan de la lame primaire, pour diminuer progressivement et atteindre un minimum suivant le diamètre passant par le plan de cette lame. Théoriquement, en raison de ce fait, la racine doit tendre à prendre une forme bilobée, la démarcation entre les deux lobes étant marquée par deux sillons passant par le plan des cotylédons.

C'est effectivement ce qui a lieu ; la betterave à sucre, telle que nous la connaissons, est en effet aplatie suivant un diamètre, bilobée, et porte, suivant le plan des cotylédons, deux sillons dits saccharifères, plus ou moins profonds et dans lesquels sont situés les points d'émergence des fines radicelles dont l'abondance est, d'après Vivien (1), un indice de richesse.

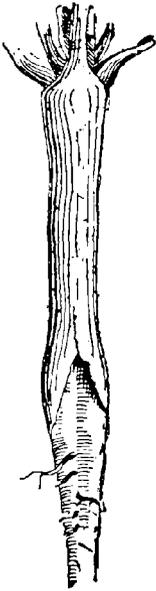


Fig. 83. — Déchirure du parenchyme cortical primaire.

Au point de vue du parenchyme cortical primaire, la conséquence de ce mode d'accroissement est une série de tiraillements dans deux sens diamétralement opposés qui, lorsque l'élasticité des parois cellulaires parenchymateuses arrivera à sa limite, auront pour effet d'occasionner la déchirure de l'épiderme, non pas en des points quelconques, mais bien suivant deux lignes invariables, qui forment en quelque sorte les points d'application des efforts opposés de tiraillement et qui sont justement situées dans le plan des cotylédons, à la place des futurs sillons saccharifères. La fig. 83 nous montre comment s'effectue cette déchirure qui, une fois amorcée, s'agrandit de plus en plus. Finalement, le parenchyme cortical se desquame et disparaît.

A ce stade, l'appareil chlorophyllien est déjà fortement développé. Les fig. 84 et 85 nous indiquent, pour le début du stade de déchirement du parenchyme cortical primaire, un nombre de feuilles oscillant entre 8 et 9.

L'arc générateur secondaire, que nous avons appris à connaître en étudiant le second stade, perd graduellement de son activité et ses cellules cessent bientôt de se diviser.

La croissance du faisceau secondaire n'est pourtant que ralentie, elle continue par suite de l'extension ou de la division de certains de ses éléments.

(1) Vivien. *Traité complet de la fabrication du sucre en France*, 1876, p. 140.

Les fibres vasculaires n'augmentent que très faiblement en nombre, mais leur diamètre devient beaucoup plus fort ; c'est surtout le tissu conjonctif interstitiel qui se développe considérablement et contribue à donner bientôt à la jeune plante une structure interne toute spéciale. Par suite de la croissance de ce parenchyme, les fibres vasculaires, d'abord groupées, s'écartent de plus en plus l'une de l'autre vers l'extrémité la plus externe du faisceau, le centre restant toujours soudé, et s'étendent en séries radiales.

Bientôt, en dehors des deux grands rayons médullaires partant des extrémités de la lame vasculaire primaire et qui, eux aussi, se développent beaucoup, s'étendent en longueur et en largeur pour venir se confondre vers la périphérie avec le parenchyme cortical, il se forme d'autres rayons médullaires en nombre croissant ; ces nouveaux rayons, d'abord limités au liber secondaire, finissent par le traverser pour venir aussi se confondre avec le parenchyme cortical.

Il en résulte que le faisceau vasculaire secondaire, d'abord homogène,

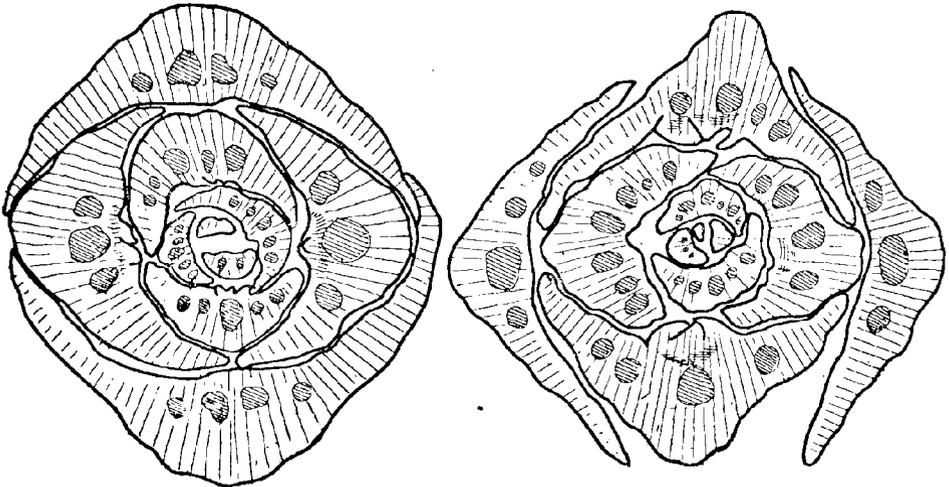


Fig. 84 et 85. — Coupes transversales dans le cône végétatif d'une jeune betterave au moment de la déchirure du parenchyme cortical primaire.

forme peu à peu avec la lame primaire, une étoile, d'abord à six branches (voir fig.80 et 82), puis à un nombre de branches de plus en plus grand. La fig. 86 obtenue en dessinant à la chambre claire une coupe à travers une jeune betterave de 1 centimètre de diamètre, nous montre très distinctement ces divers phénomènes. Elle nous fait voir le développement considérable du

parenchyme interstitiel, l'accroissement des deux rayons médullaires principaux, l'augmentation de volume des vaisseaux secondaires qui, primitivement de même diamètre que les vaisseaux primaires, ont maintenant un diamètre quadruple et même quintuple.

Elle nous indique nettement, comparée à la fig. 82, la marche de la formation des rayons médullaires secondaires ; d'après cette coupe, le faisceau central de la jeune betterave est segmenté en une étoile à 12 branches par 20 rayons médullaires, y compris les deux rayons principaux. Deux des branches sont formées par la lame primaire, les 10 autres par les 2 faisceaux secondaires.

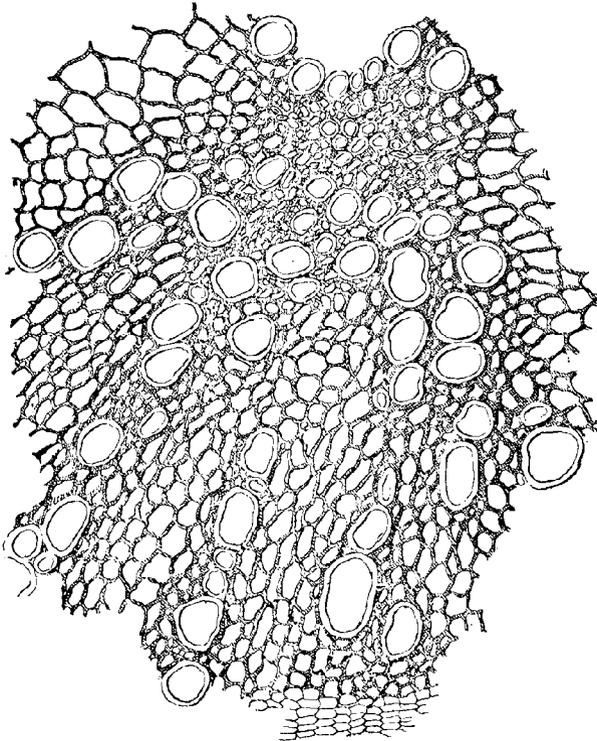


Fig. 86. — Portion centrale d'une coupe transversale dans une jeune betterave de 1 cm. de diamètre, pour montrer la formation des nouveaux rayons médullaires.

Immédiatement après la formation du nouveau parenchyme cortical, les cellules de ce tissu se différencient par place ; on voit apparaître, vers la partie la plus externe, une série d'arcs de tissu générateur à très peti-

tes cellules, allongées tangentiellement, disposées en séries radiales et en assises concentriques, à parois très minces et très délicates.

C'est ce tissu générateur qui va donner naissance aux faisceaux libero-ligneux surnuméraires. Ce cambium, se développant de plus en plus, arrive à donner l'impression d'un anneau complet autour du faisceau central ; mais cette disposition n'est que transitoire et disparaît bientôt pour faire place à une structure nettement rayonnée.

Quelque temps après l'apparition de ce nouveau tissu, on commence à apercevoir les faisceaux surnuméraires qui se forment par division et différenciation de ses éléments. Il se forme d'abord deux groupes de vaisseaux, situés sur un même diamètre et vis-à-vis des deux faisceaux secondaires ; un peu plus tard, quatre nouveaux groupes apparaissent de chaque côté des deux premiers et disposés deux par deux aux extrémités d'un même diamètre, et ainsi de suite, de sorte qu'il se constitue, autour des faisceaux secondaires, un cercle de faisceaux nouveaux qui, en croissant, s'écartent les uns des autres par suite du développement du parenchyme d'où ils sont nés et qui forme de nombreux rayons médullaires. La racine continue donc à avoir un maximum et un minimum de croissance suivant deux diamètres perpendiculaires, ce qui fait que sa forme bilobée va en s'accroissant.

Plus tard, le parenchyme cortical se différencie de nouveau et il se forme un nouveau cercle concentrique libero-ligneux, à faisceaux plus nombreux, également séparés par du parenchyme interstitiel. Ce nouveau cercle est plus rapproché du premier que celui-ci des faisceaux secondaires. A un stade plus avancé il s'en produit un nouveau, puis d'autres encore, et ainsi de suite, de plus en plus rapprochés les uns des autres, mais de moins en moins visibles de sorte qu'à la fin de sa période de végétation la betterave comporte un faisceau central, constitué par la lame primaire et les faisceaux secondaires, et sept ou huit cercles concentriques libero-ligneux bien constitués ; de plus, à la périphérie, d'autres cercles fibro-vasculaires, en voie de formation mais en nombre restreint, peuvent aussi s'apercevoir ; ces cercles externes, où on ne peut discerner encore aucune formation vasculaire, les conditions étant favorables, se développeront en seconde année, où la croissance en grosseur s'effectue par le même mécanisme et où le nombre de cercles libero-ligneux bien formés atteint généralement 14 à 16 (1).

Ces divers cercles de faisceaux naissent donc en entier du parenchyme cortical secondaire, né lui-même, par voie de partition interne et centrifuge, de la membrane rhizogène primitive. Mais cette formation de zones libero-

(1) Cela n'a lieu, néanmoins, que si la betterave porte-graine a pu végéter vigoureusement, comme elle le fait certaines années humides. En année sèche le nombre des zones fibro-vasculaires n'augmente que très peu.

ligneuses concentriques, quoique s'accomplissant d'une manière successive et progressive, se fait néanmoins avec une grande rapidité et pour ainsi dire d'une manière simultanée ; le parenchyme cortical secondaire est constamment en voie de différenciation et à peine une assise est-elle formée qu'une autre commence immédiatement à s'indiquer. Il en résulte que la jeune souche de la betterave se constitue définitivement, dans sa structure générale, dès les premiers temps de sa croissance et que l'augmentation de volume se produit non pas par l'adjonction de nouvelles zones fibro-vasculaires, mais bien plutôt par le développement continu des zones existantes.

C'est ainsi que la jeune betterave de 1 centimètre de diamètre dont nous avons représenté la partie centrale, fig 86, comportait déjà 7 zones libero-ligneuses, parfaitement discernables, dont 4 bien constituées, 1 où les vaisseaux commençaient à apparaître, 2 où seule, l'assise génératrice était visible.

La structure générale de cette jeune racine était donc déjà pour ainsi dire complète.

Telles sont, dans leurs grandes lignes, les diverses manifestations d'ordre intime, par lesquelles se révèlent à nos sens les diverses phases de la croissance de la betterave à sucre.

86. Conclusions. — Nous résumerons dans les lignes qui suivent les diverses conclusions qu'il est possible de tirer de cette étude. Des faits que nous avons décrits, il résulte que l'on doit considérer la période toute entière du développement de la betterave, en première année, comme constituée par la succession de cinq stades évolutifs plus ou moins bien tranchés et dont nous résumons les caractères ci-après.

1^{er} Stade. — Germination. — Dans ce stade le jeune végétal ne peut pas encore être considéré comme un individu propre. Il s'alimente aux dépens des réserves accumulées dans la graine. C'est le stade de l'introduction de la radicule dans le sol et de l'émergence des cotylédons, caractérisé, au point de vue anatomique, par la mise en activité des éléments du procambium.

2^e Stade. — Constitution de la lame primaire. — Ce stade est caractérisé par le développement de l'appareil chlorophyllien primaire, des cotylédons, ainsi que de la puissance assimilative de cet appareil, concordant avec l'apparition d'éléments anatomiques nouveaux.

Le pericambium donne :

1^o Des vaisseaux, dont les plus larges viennent se rejoindre au centre, de manière à constituer une lame vasculaire primaire, en correspondance avec les deux cotylédons et dont le plan de direction coïncide avec le plan de ces cotylédons, ainsi qu'avec le plan d'admission des radicules ;

2° Deux arcs libériens dirigés parallèlement au plan de la lame primaire et projetés moins loin du centre que les éléments de cette lame.

Ce stade est celui où la jeune plante accuse le moins de résistance aux influences extérieures. Toute son activité est dirigée vers la constitution de son appareil chlorophyllien définitif et tout changement dans les conditions de vie se traduit par un retard dans l'évolution des divers éléments anatomiques, concordant avec le développement de cet appareil chlorophyllien, et livre la jeune plante sans défense aux causes diverses de destruction.

3° *Stade.* — *Constitution des faisceaux secondaires. Déchirement et desquamation du parenchyme cortical primaire.* — La croissance en grosseur commence à se faire pendant ce stade. Dans le tissu conjonctif séparant le liber primaire de la lame vasculaire et au bord interne de ce liber naît, de chaque côté de la lame, un arc générateur donnant : vers l'intérieur des vaisseaux et vers l'extérieur du liber secondaire, qui vient se confondre avec le liber primaire. Entre le bord externe des faisceaux secondaires et la membrane protectrice, on voit apparaître une couche de cellules disposées sans ordre, s'accroissant continuellement et formant le parenchyme cortical secondaire. Ce parenchyme est formé par la membrane rhizogène primitive, qui a donné naissance à une assise génératrice, émettant sur sa face interne le parenchyme dont nous venons de parler et sur sa face externe une couche subéreuse.

A ce moment, la jeune betterave semble constituée par un pivot central muni d'un épiderme, et recouvert comme d'un étui par le parenchyme cortical primaire en voie de dépérissement. Sous l'influence de cet accroissement en grosseur, s'effectuant suivant le diamètre perpendiculaire au plan de la lame primaire, le parenchyme cortical primaire se déchire progressivement suivant les traces de ce plan, s'exfolie et finalement disparaît. Durant ce stade la jeune plante a aussi développé son appareil chlorophyllien, elle assimile avec énergie et est devenue bien plus résistante aux causes extérieures de destruction.

4° *Stade.* — *Constitution définitive de la souche.* — Pendant ce stade, la structure intime de la jeune plante se complète ; le parenchyme cortical secondaire émet successivement, mais d'une manière très rapide, des cercles concentriques de cambium, formés d'arcs distincts émettant des vaisseaux sur la face interne, et du liber sur la face externe, de manière à constituer une série de faisceaux, disposés radialement et concentriquement et séparés les uns des autres par des rayons médullaires parenchymateux.

5° *Stade.* — *Développement en grosseur par l'accroissement de volume des faisceaux surnuméraires.* — A partir de ce moment, le végétal s'accroît par suite du développement des éléments des diverses zones formées pendant le stade

précédent, et se continue de cette manière jusqu'à la fin de la période de végétation, caractérisée par le jaunissement des feuilles et le dépérissement de l'appareil chlorophyllien.

Il nous reste maintenant à étudier la structure définitive de la betterave ; c'est ce qui va faire l'objet des lignes suivantes.

§ 3

STRUCTURE ANATOMIQUE DE LA BETTERAVE.

87. Structure anatomique de la feuille. — Hugo de Vries (1) a publié sur cette question un important travail que nous reproduirons dans ses parties principales.

La forme extérieure des feuilles de la betterave varie d'une manière considérable suivant les diverses variétés ; il existe aussi des différences dans la forme des feuilles d'une même plante, selon l'époque à laquelle ces organes se sont développés. Règle générale : le pétiole, qui peut être plus ou moins gros, plus ou moins allongé, est plat ; sa section est irrégulièrement triangulaire, couverte vers la partie inférieure, formée par le sommet du triangle, par de nombreuses cannelures plus ou moins profondes.

Ce pétiole passe imperceptiblement dans la nervure médiane de la feuille ; de cette nervure partent latéralement d'autres nervures, qui arrivant près du bord de la feuille se recourbent en grands arcs, sur lesquels viennent se poser des arcs moins grands formés par des nervures secondaires. Celles-ci sont beaucoup plus apparentes sur la face inférieure du limbe que sur la face supérieure ; elles y sont saillantes, très prononcées, alors qu'à la partie supérieure du limbe elles ne sont accusées que par de petites dépressions.

Les premières feuilles de la betterave sont généralement petites ; leur forme est moins accusée, moins définitive que celle des feuilles qui suivront.

Les pétioles des cotylédons n'ont qu'un seul faisceau vasculaire ; ceux des deux premières feuilles en ont 3 à 5 ; ce nombre augmente d'ailleurs, et pour les plus fortes feuilles, qui se forment dans le courant de l'été, il peut dépasser 20.

A l'automne, les feuilles changent de nouveau ; celles qui se forment,

(1) Hugo de Vries. *Histoire de la croissance de la betterave. Revue des Ind. et des sciences chim. et agr.* 2, p. 257, 1879, d'après *Neue Zeitschr. für Rübenzuckerind.*

au fur et à mesure que la betterave mûrit, sont plus petites, plus faibles.

Les betteraves d'un même champ, prises isolément, présentent souvent des différences considérables dans leur forme et dans leur feuillage. C'est là un fait bien connu et sur lequel Noble et Siegert (1) ont insisté.

L'épiderme du limbe varie beaucoup dans son apparence et sa structure, suivant les conditions dans lesquelles la feuille a végété.

D'après Hugo de Vries, l'épiderme de la face supérieure de la feuille est composé de cellules très uniformes, carrées ou oblongues, rarement polygonales, à parois épaisses et peu ondulées. Chez la betterave sucrière, Geschwind a trouvé ces cellules moins régulières que ne l'indique Hugo de Vries.

Les stomates sont nombreux, uniformes, et pour la plupart bornés par 3 ou 4 cellules de l'épiderme ; celui-ci présente une structure analogue sur la face inférieure. Des deux côtés de la feuille, les cellules sont allongées suivant la direction des nervures et plus la nervure est forte, c'est-à-dire plus l'on approche de la ligne médiane, plus aussi ces cellules deviennent oblongues.

La dimension des stomates est très uniforme ; les mensurations faites par Geschwind ont donné :

Longueur.	33 μ .
Largeur	26 μ .

Hugo de Vries, avait trouvé :

Longueur.	33 μ .
Largeur	22 μ .

Droysen (2) a obtenu aussi des chiffres analogues.

Le nombre de ces stomates est beaucoup plus variable ; Geschwind en a observé de 80 à 96 par mill. carré ; Hugo de Vries (*loc. cit.*) donne les chiffres suivants :

	Betterave sucrière		Betterave de jardin
	Près du sommet	Sur un des côtés de la base	
Face supérieure	91	105	91
Face inférieure	144	150	105

(1) *Land. Versuchs-Stationen*, 4, p. 238.

(2) Droysen. *Beiträge zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der zuckerrübe*, Halle, 1877, p. 22-23.

Droysen a trouvé :

	Grandeur de la feuille en cq.		Face supérieure			Face inférieure		
	Longueur	Largeur	Sommet	Milieu	Base	Sommet	Milieu	Base
1	14.6	11.6	108.63	120.54	103.56	193.56	161.12	166.38
2	11.7	12.1	134.12	112.05	81.94	159.59	164.68	135.82
3	15.3	31.2	149.46	120.54	96.77	156.19	162.98	149.40
Moyennes...	α	α	130.76	117.71	93.90	169.78	162.92	150.53

Soit en moyenne :

Face supérieure. . . . 114.

Face inférieure 161.

Enfin, Morren (1) a indiqué pour la *B. vulgaris* :

Face supérieure. . . . 75

Face inférieure 115

Le nombre des stomates est donc extrêmement variable quoique toujours plus grand sur la face inférieure ; c'est là un fait très intéressant qui doit avoir une corrélation avec l'activité assimilatrice de la feuille. On peut même se demander si on ne trouverait pas une relation de cause à effet entre la variation du nombre des stomates de la feuille et la richesse saccharime de la racine.

On trouve assez souvent dans l'épiderme, des cellules polygonales un peu arrondies, autour desquelles d'autres cellules sont rangées radialement. Ce sont ces cellules qui, pendant les premiers stades du développement, c'est-à-dire jusqu'au moment où les jeunes feuilles ont atteint 2 cm.5 de longueur, étaient pourvues de poils articulés qui couvrent également le jeune pétiole ; ces poils sont constitués par une rangée de cellules plus ou moins tubuliformes à membrane épaissie.

Le parenchyme des feuilles qui contient la chlorophylle n'a rien de remarquable. Les cellules de la face supérieure sont pour la plupart petites ; elles ont une forme plus ou moins cylindrique et constituent un tissu assez régulier, le tissu palissadique. Les cellules de la face inférieure

(1) Morren. *Bl. Acad. Bruxelles*, 14, N° 12, 1864.

sont plus grandes ; elles sont arrondies et il est impossible de découvrir une limite exacte entre les deux strates. Ce parenchyme lacuneux abonde en méats intercellulaires et en cellules nombreuses remplies de petits cristaux octaédriques d'oxalate de chaux ; ces idioblastes se trouvent répartis dans un plan presque parallèle à la surface de la feuille. D'après Droyzen (*loc. cit.*), les cellules du tissu en palissade ont une longueur de 44 μ et une largeur de 10 μ .

La nervure médiane possède, dans les diverses parties de la feuille, une structure différente. A la base du limbe cette nervure passe insensiblement dans le pétiole dont elle a la structure jusqu'au point où apparaissent les premières fortes nervures latérales. Le nombre des faisceaux fibrovasculaires diminue de plus en plus en avançant vers le sommet, où il ne reste qu'un seul faisceau qui prend la structure des nervures latérales.

Le tissu fondamental est un parenchyme peu consistant, à grandes cellules ; les faisceaux s'y trouvent couchés en demi-cercle ouvert en haut. Leur nombre est variable suivant la hauteur à laquelle la coupe a été faite ; les deux faces sont recouvertes d'un épiderme séparé du parenchyme par une zone sous-cutanée formée d'un tissu collenchymateux à cellules prismatiques, à parois épaisses, ayant de 15 μ à 20 μ de longueur.

Le parenchyme de la nervure est peu riche en chlorophylle et renferme surtout des sucres réducteurs ; de même que le parenchyme du limbe, ce parenchyme contient des cristaux d'oxalate de chaux, irrégulièrement dispersés. La strate contigüe au faisceau constitue une gaine où vient se loger l'amidon ; cependant dans les feuilles entièrement développées, cette gaine renferme peu d'amidon et se distingue difficilement du parenchyme ; ordinairement c'est une gaine unique qui enveloppe le système entier des faisceaux.

Chacun des faisceaux commence vers l'intérieur par un petit groupe de cellules oblongues à parois épaisses ; puis vient la couche ligneuse primaire avec des fibres ligneuses à parois minces et de larges trachées ou vaisseaux spiralés, irrégulièrement disposés ; cette strate est suivie d'une couche ligneuse secondaire, généralement épaisse, avec de nombreux vaisseaux poreux.

Le cambium vient ensuite, puis, une couche de fibres corticales formées de cellules allongées, à parois collenchymateuses ; ces cellules corticales se terminent en biais et sont souvent divisées par des parois obliques distantes de 2 à 8 m/m et même plus.

Sur des coupes longitudinales, on voit les faisceaux s'anastomoser entre eux ; à l'endroit où de la nervure médiane part une nervure latérale, un des faisceaux de la nervure médiane se ramifie et cette branche entre dans la nervure latérale.

Toutes ces nervures latérales n'ont qu'un seul faisceau fibro-vasculaire ; elles ont du reste la même structure que la nervure médiane ; la couche collenchymateuse de chaque face est seulement un peu plus épaisse. Les petites nervures qui ne paraissent pas sur la face inférieure n'ont pas de collenchyme ; leurs faisceaux passent simplement dans le parenchyme du limbe.

Dans les pétioles les faisceaux sont en nombre variable ; plus la plante est âgée et plus les pétioles sont vigoureux, plus ces faisceaux sont nombreux, jusqu'à 20 ou 30, parfois davantage ; en montant vers le limbe, leur nombre diminue de plus en plus, les petits se confondant avec les gros. En examinant soigneusement dans la glycérine, des coupes longitudinales éclaircies par l'acool, puis la potase, on voit que chaque faisceau ne forme pas un tout séparé, mais que tous s'anastomosent entre eux ; ce ne sont que les nervures les plus fortes qui ont un cours indépendant ; toutes les autres se rapportent à celles-ci comme autant de canaux de communication. Ce réseau ressemble au réseau des nervures du limbe, mais toutes les mailles en sont longues, étroites et les nervures principales presque parallèles les unes aux autres. Au sommet, les anastomoses deviennent plus rares parce que le nombre des faisceaux diminue ; il en est de même dans la nervure médiane en allant vers le sommet de la feuille.

Sous l'épiderme des pétioles se trouve, comme dans les nervures du limbe, une strate sous-cutanée de collenchyme, mais ici, au lieu de former une couche continue, cette zone est disposée différemment ; elle est un peu plus large vers le milieu du côté antérieur du pétiole et de plus elle se trouve partout dans les angles et dans les arêtes avancées qu'elle remplit entièrement ; son étendue est variable mais sa structure est la même que dans la nervure médiane.

Selon Droysen (*loc. cit.*) les cellules de ce collenchyme mesurent 0,54 de long et 0,029 de large ; elles se terminent en pointe et sont souvent cloisonnées par de minces membranes. L'épiderme qui recouvre le collenchyme n'a pas de stomates ; ceux-ci n'existent que lorsque l'épiderme est en contact direct avec le parenchyme. Les cellules de cet épiderme, dans le premier cas, sont très longues et se terminent obliquement. Dans les parties en contact avec le parenchyme, elles sont plutôt polygonales.

Le tissu fondamental parenchymateux est formé par de très grandes cellules et il contient peu de substances solides ; il renferme des grains de chlorophylle dans les parties confinant à l'épiderme, ainsi que des granulations d'oxalate de chaux.

La strate la plus intérieure du parenchyme, c'est-à-dire la zone qui se trouve près des fibres corticales des vaisseaux, contient l'amidon, mais n'en renferme sur toute sa longueur que quand le pétiole est jeune.

Quant à la structure détaillée des faisceaux, elle est la même que chez la nervure médiane (1).

D'après N. Westermeier (2), une betterave Klein-Wanzleben, arrachée le cent soixante et onzième jour, avait donné sa première feuille le douzième et sa dernière le cent soixante huitième jour. Depuis le jour où la betterave a levé, il s'était formé soixante-dix-huit feuilles en cent cinquante-six jours, soit en moyenne une feuille tous les deux jours. Les feuilles vivent d'autant plus longtemps qu'elles ont apparu plus tard ; les feuilles qui apparaissent en mai jusqu'au commencement de juin ne dépassent guère le mois de juillet, les premières feuilles meurent déjà au bout d'un mois. Les feuilles qui apparaissent fin juin semblent être celles qui travaillent à l'élaboration du sucre car, par suite de leur longue durée, elles peuvent collaborer à la formation du sucre pendant la deuxième quinzaine de juillet et les mois d'août et septembre. Les feuilles qui apparaissent en août semblent n'opérer qu'une faible partie de l'élaboration, leur surface n'étant pas grande. Il résulte de là que les vingt-huit à trente feuilles formées du commencement de juin à fin juillet sont les organes essentiels de l'élaboration du sucre.

Le même auteur a étudié la croissance de la feuille et l'allongement du pétiole, il a constaté qu'il n'y a aucune proportionnalité dans l'accroissement de longueur du pétiole et l'accroissement de surface de la feuille.

Il a également étudié la disposition des feuilles en les coupant au fur et à mesure de leur formation et inscrivant un numéro d'ordre sur la section du pétiole. La treizième feuille revient au-dessus d'une autre, de sorte que les génératrices passent par les feuilles :

1 ^o	. . .	1	14	27	40
2 ^o	. . .	2	15	28	41
3 ^o	. . .	3	16	29	42

Si l'on trace une spirale passant par les feuilles une à quatorze, on constate que six spires sont nécessaires pour atteindre la quatorzième feuille ; le coefficient de position des feuilles est donc $6/13$ au lieu de $5/13$, chiffre trouvé par de Vries.

La position et le port des feuilles de la betterave sont très variés selon l'état du développement ; ces feuilles sont plus ou moins dressées sur les jeunes plantes ; plus tard, elles s'inclinent insensiblement vers l'extérieur,

(1) Au sujet de l'anatomie de la feuille de betterave voyez aussi : Briem. *Das Wachsen und das Ausreifen der Zuckerr.*, Oesterr. landw. Wochenbl. 1895. — Briem. *Die Anatomie der Rübenbl.*, Ztschr. des Ver. für d. Rübenzuck. 1895. — Briem. *Die Nervatur der Rübenbl.*, Oest. Ungarische Z., 1895.

(2) N. Westermeier. *Etude sur les feuilles de betteraves*, Oest. Ungarische Z. 3, p. 387 et *Bl. sucr. et dist.*, 14, 538, 1896.

pour former enfin, lorsque la racine a pris son entier développement, une rosette telle, que les pointes des feuilles et les rigoles formées par les côtes sont penchées vers l'extérieur.

Le résultat de cette disposition et des changements qu'elle comporte est, d'après Briem (1), que l'eau recueillie par chacune des feuilles est amenée vers le centre et s'écoule sur la jeune racine, tandis qu'elle est conduite plus tard vers la périphérie.

Cet auteur ajoute qu'il est facile de reconnaître là une loi d'opportunité, une certaine harmonie que la sélection a généralisée. Grâce à ces changements dans la position des feuilles, l'eau du ciel arrive sur la racine au moment où celle-ci en a le plus besoin et s'en éloigne dès qu'elle n'est plus nécessaire.

Des faits semblables ont été observés chez beaucoup d'autres plantes ; mais, en ce qui concerne la betterave, le fait est d'autant plus remarquable lorsqu'on observe des races différentes ; les betteraves précoces, en effet, couchent leurs feuilles beaucoup plus tôt que celles à vie longue, tardives. La rose hâtive de Vilmorin précède la blanche de Vilmorin et celle-ci la race de Klein-Wanzleben (2).

Nous n'insisterons pas davantage sur cette étude des feuilles et nous aborderons maintenant les faits relatifs à la racine. Cependant, auparavant, nous voulons dire quelques mots de la structure de la tige de betterave qui se développe en première année chez certaines espèces sauvages, et presque toujours en seconde année chez les variétés cultivées ; il y a là, en effet, quelques particularités intéressantes qu'il convient de résumer.

Dans la tige, la marche des faisceaux foliaires est sinueuse. Chaque faisceau persiste durant l'espace de 3 entrenœuds, avant de passer dans la feuille. Au centre se trouve une masse parenchymateuse peu consistante, inactive qui, au cours du développement, se déchire en provoquant l'apparition de cavités pleines d'air ; le développement en grosseur ne s'effectue pas comme dans la racine, par suite de la formation d'assises génératrices successives, mais bien par le déplacement, d'une seule et même assise vers l'extérieur. Cette assise, d'abord d'origine normale, devient en partie, puis, complètement péricyclique. A chaque déplacement en dehors d'une série de faisceaux, il se forme en dedans et en dehors de chaque

(1) Briem. *Relations entre la forme des feuilles et la racine chez la betterave*, *Oest. landw. Woch.*, 17, 204, 1891 et *Biederm. Centralbl.* 20. 547. Voyez : *Bl. sucr. et dist.* 9, 238, 1893.

(2) A ce sujet voyez : Schindler et von Proskowetz : *Sur les caractères des variétés typiques de la betterave à sucre*. *Oest. Ungarische Z.* 5. 1899. *Biederm. Centralbl.* 36, 204, 1890.

flot libérien, une sorte de dédoublement de la zone génératrice, quelle que soit son origine (1).

88. Structure anatomique de la racine. — L'étude de la structure de la racine de betterave a préoccupé de nombreux expérimentateurs et en dehors de ceux précédemment cités : Decaisne, Hugo de Vries, Droyzen, Haberlandt, Van Thieghem, nous devons signaler encore : Briem (2) et Wiesner (3). Notre paragraphe 2 dans lequel nous avons traité le déve-

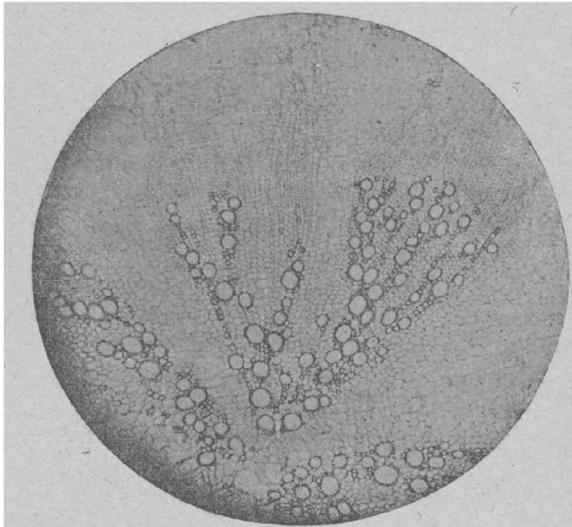


Fig. 87. — Portion centrale d'une betterave montrant la disposition des faisceaux et des rayons médullaires.

loppement anatomique de la betterave, nous permet d'être maintenant très bref ; il nous a fait connaître, d'une manière générale, les différents tissus qui composent la souche de betterave et il ne nous reste plus maintenant qu'à insister sur les questions de détail.

Ces divers tissus peuvent être classés en 3 groupes :

- 1° Le tissu cortical ;
- 2° Le tissu fibreux ;
- 3° Le tissu parenchymateux.

(1) G. Fron. *Sur la structure anatomique de la tige de better.* C. r. 5 septembre 1898.

(2) Briem, *Die Herstellung von Rubensqueletten*, Oest. Ungarische Z. 1895.

(3) Wiesner. *Einleitung in die technische Mikroskopie*. Wien, 1867 ; Wiesner. *Anatomie und Physiologie der Pflanzen*, 1890.

1° *Tissu cortical.* — Il forme l'enveloppe de la racine et il remplace l'épiderme vrai, qui à l'origine recouvrait la jeune betterave et s'est exfolié peu à peu. Le tissu cortical est issu en entier de la division des cellules petites, régulières, à parois minces, qui composent le cambium subéreux ou phellogène.

Ce phellogène donne vers l'extérieur, une couche de cellules subéreuses, rectangulaires, à divisions tangentielles, à parois un peu épaissies, pleines d'air vers la périphérie et dont l'ensemble est désigné sous le nom de périoderme; vers l'intérieur, ce même phellogène produit des cellules délicates, se transformant insensiblement en cellules parenchymateuses et constituant le phelloderme.

2° *Tissu ligneux.* — Le tissu ligneux, qui forme le squelette résistant

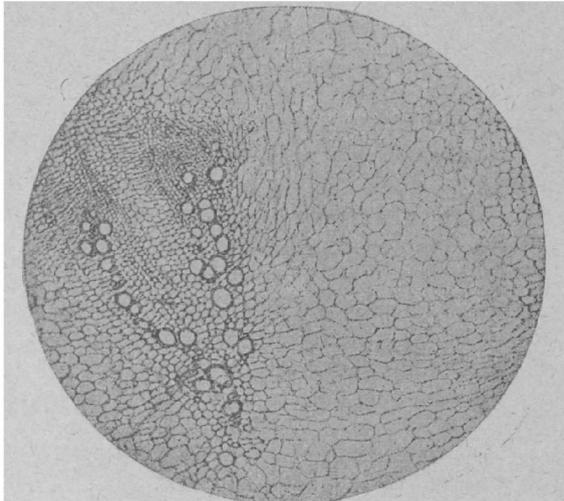


Fig. 88. — Faisceau isolé de l'un des cercles surnuméraires, montrant sur la droite la traînée de parenchyme dont il est question dans le texte.

de la betterave, est essentiellement composé de productions vasculaires et libériennes, réunies en faisceaux, désignés sous le nom de faisceaux fibro-vasculaires.

Ces faisceaux, de moins en moins nombreux, mais aussi de mieux en mieux définis au fur et à mesure que l'on avance vers le centre, sont disposés en cercles concentriques de plus en plus rapprochés les uns des autres vers la périphérie.

Les éléments libériens : cellules et fibres libériennes, tubes criblés, etc., disposés vers l'extérieur, sont séparés des éléments vasculaires : vais-

seaux, parenchyme ligneux, trachéides, etc., disposés vers l'intérieur, par l'assise cambiale qui leur donne naissance à tous deux.

Les cercles concentriques fibro-vasculaires ne sont pas continus, mais sont formés par des faisceaux disposés par groupes, isolés les uns des autres par des traînées de parenchyme tout en communiquant les uns avec les autres, et avec les faisceaux des cercles voisins, par de nombreuses anastomoses.

Les radicules, réunies aux faisceaux vasculaires par des faisceaux radiaux, sont disposées dans un même plan vertical et s'insèrent au fond de deux dépressions plus ou moins profondes dont nous avons indiqué précédemment l'origine.

Le cercle fibro-vasculaire médian mérite un examen spécial ; dans son milieu se remarque encore la trace de la lame vasculaire primaire dont nous avons déjà parlé. Aux deux extrémités de cette lame primaire,

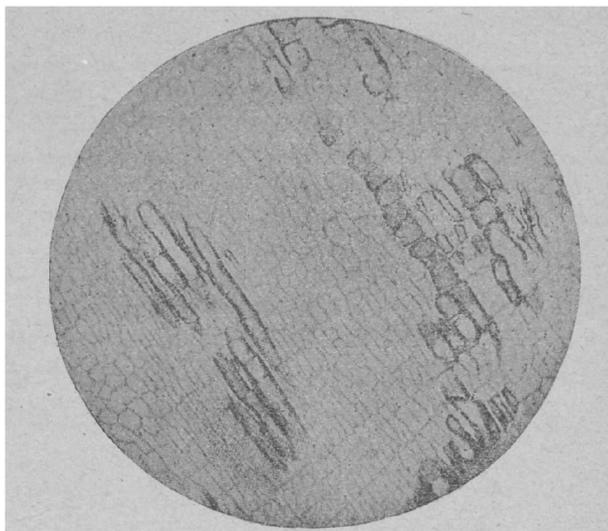


Fig. 89. — Coupe longitudinale d'un faisceau du premier cercle.

le premier cercle des faisceaux est interrompu par deux grands rayons médullaires dont la largeur considérable détermine en même temps la configuration bilobée de tout système vasculaire.

Le nombre des cercles de faisceaux est variable ; généralement on en compte de 6 à 8, parfois 10 ; en seconde année de végétation, Geschwind en a compté 13, 14, 15 et parfois 16. Ce nombre est d'ailleurs variable suivant l'endroit de la racine dont on examine la section. Plus on prend haut

dans la betterave, plus ces cercles sont nombreux ; ils diminuent en descendant, les plus extérieurs disparaissant ; cette disparition ne se produit pas sur toute la circonférence, un anneau descendant plus ou moins loin suivant les endroits. Parfois les cercles courent assez complètement séparés les uns des autres ; parfois aussi ils sont confluents. Ordinairement ces jonctions se forment par l'intermédiaire d'une branche qui sort de l'un des anneaux pour aller dans l'autre, mais souvent aussi la confluence est complète sur une partie du trajet.

Dans le collet, ces anastomoses deviennent très fréquentes et la course des faisceaux semble devenir très confuse. Cette confusion cesse, si au lieu de considérer des coupes longitudinales quelconques, on examine des coupes prélevées méthodiquement suivant la naissance des pétioles. De cette façon on peut étudier la correspondance des faisceaux foliaires et des faisceaux radiculaires, dont on peut voir les traces sur la coupe.

En général, il est de règle que plus les traces des faisceaux et plus les feuilles sont fortes, plus ils s'avancent profondément vers l'intérieur de la betterave. Le faisceau médian atteint bien souvent, près du centre ; les 2 faisceaux latéraux principaux ne s'avancent que jusqu'à la moitié ; les plus faibles se courbent immédiatement en dehors et vers le bas, pour se rattacher aux cercles les plus extérieurs.

Le degré de formation ligneuse des faisceaux vasculaires, d'après Hugo de Vries, diffère beaucoup selon les variétés. Il y a toutes les transitions possibles entre les betteraves sauvages chez lesquelles le poids du bois dépasse de beaucoup la masse totale et les meilleures sortes de betteraves à sucre dans lesquelles on ne peut constater qu'avec peine les dernières traces de la formation ligneuse. En général, d'après ce savant, les betteraves à sucre sont plus pauvres en bois que les fourragères.

C'est une constatation que Geschwind a pu faire également et même en examinant diverses betteraves d'une même variété, il a cru remarquer que, proportionnellement à la surface totale des tissus et en ne considérant qu'une partie bien définie, le centre par exemple, la surface occupée par la section des vaisseaux était moindre chez les sujets les plus sucrés. C'est une question sur laquelle nous reviendrons, d'ailleurs, bientôt.

Schindler et von Proskowetz junior (1) sont arrivés à des conclusions entièrement différentes de celle de Hugo de Vries, puisqu'ils indiquent que les betteraves fourragères sont moins lignifiées que les betteraves sucrières. De plus, toujours d'après ces auteurs, le degré de lignification (étudié à l'aide du sulfate d'aniline), c'est-à-dire le nombre des faisceaux à bois plus ou moins partiellement lignifiés, diffère typiquement dans les betteraves normales, d'une variété à l'autre. La blanche améliorée de

(1) *Loc. cit.*

Vilmorin, par exemple, renferme beaucoup plus de faisceaux lignifiés que la betterave de Klein-Wanzleben et celle-ci plus que la rose hâtive. Ces mêmes différences ont encore été constatées en 2^e année de végétation, où le degré de lignification augmente beaucoup ; or les 3 variétés de betteraves examinées sont justement classées suivant leur ordre de richesse ; il en résulterait immédiatement ce fait, que chez les betteraves riches le degré de lignification est plus avancé que chez les betteraves pauvres. La divergence de vues entre Schindler, v. Proskowetz et Hugo de Vries n'est peut-être qu'apparente ; ce dernier semble avoir considéré la masse

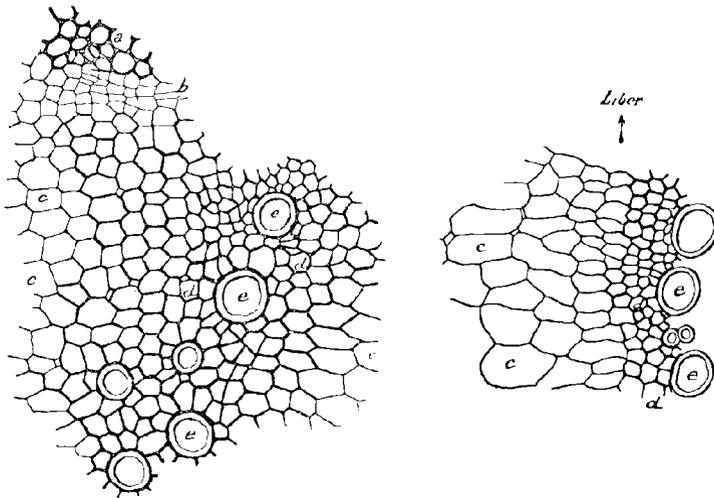


Fig. 90 et 91. — Portion d'un faisceau montrant la disposition des éléments ; *e* vaisseaux et fibres, *d* prosenchyme, *c* parenchyme, *a* liber, *b* zone génératrice.

totale du tissu ligneux, tandis que les autres auteurs ne paraissent avoir tenu compte que du degré de lignification de ce tissu ; il en résulterait que la betterave riche, tout en étant moins ligneuse, aurait ses tissus plus lignifiés.

Les divers faisceaux des cercles fibro-vasculaires sont séparés les uns des autres par des coulées de parenchyme, de même que les cercles eux-mêmes sont isolés par des strates du même tissu ; les cercles et les faisceaux courent donc au milieu d'une masse cellulaire sur les caractères de laquelle nous reviendrons bientôt. Le contact entre cette masse cellulaire et les faisceaux n'est cependant pas immédiat ; ces derniers sont entourés tout d'abord d'une gaine plus ou moins large de cellules prosenchymateuses, petites, allongées longitudinalement, à section polygonale

régulière, dont les éléments les plus éloignés des faisceaux se transforment insensiblement en cellules parenchymateuses. Cette gaine s'élargit surtout aux environs du cambium des faisceaux ; elle avait été déjà bien décrite il y a longtemps par Payen (1) et elle est d'autant plus intéressante que c'est surtout dans ses cellules que s'accumule le saccharose et que pour cette raison on l'a nommée assise saccharifère (*Zuckerscheide*).

Nous passons maintenant à l'étude du parenchyme.

3° *Tissu parenchymateux.* — Ce tissu constitue la masse fondamentale de la betterave ; il forme les divers rayons médullaires, les zones qui séparent les cercles fibrovasculaires l'un de l'autre etc., en un mot, c'est un véritable tissu de remplissage.

Il est constitué par des cellules plus ou moins régulières, polyédriques, plus ou moins grandes, à parois dilatables, mouchetées ou marquées d'un dessin réticulaire. Elles contiennent peu de protoplasma et surtout beaucoup d'eau tenant du sucre en dissolution. Comme nous venons de le voir, ce parenchyme se transforme insensiblement aux environs des faisceaux en une gaine de prosenchyme, contenant un liquide sucré dont la teneur est maximum.

Pour terminer cette partie anatomique, déjà trop importante, nous donnons, d'après différents auteurs, les dimensions des divers éléments dont l'ensemble constitue la racine de betterave.

D'après Wiesner (*loc. cit.*) les cellules corticales mesurent :

Longueur	54 μ .
Largeur	39 μ .
Profondeur	9 μ .

Droysen (*loc. cit.*) a trouvé :

Dans le parenchyme :

Diamètre des cellules du milieu	28 μ .	60 μ .	178 μ .
Diamètre des cellules parenchymateuses du collet	60 μ .	130 μ .	180 μ .

(1) Payen. *Précis de Chimie Industrielle. Sucre de betterave*, 1867.

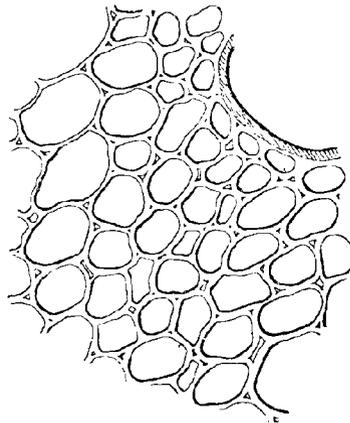


Fig. 92. — Graine prosenchymateuse des faisceaux dessinée à un fort grossissement.

Dans le tissu ligneux :

Cellules articulées des vaisseaux ligneux.	Longueur	102 μ .
» » » »	Diamètre	8 μ à 14 μ .
Fibres ligneuses.	Longueur	290 μ .
» »	Diamètre	18 μ .

Dans le liber :

Cellules articulées des vaisseaux et du parenchyme	Longueur	91 μ .
--	----------	------------

Dans le tissu cortical :

Longueur moyenne des cellules	58 μ .
Largeur » »	34 μ .
Épaisseur » »	11 μ .

Enfin, Geschwind a constaté, dans différents cas, les chiffres suivants :

	Betterave fourragère 80,0 sucre	Betterave à sucre 12,50/0 sucre
Diamètre des vaisseaux secondaires.	49 μ 98 à 83 μ 38, moy. 66 μ 64	49 μ 98 à 116 μ 62, moy. 76 μ 63
Diamètre des cellules du parenchyme	25 μ à 41 μ 65, moy. 31 μ 32	16 μ 66 à 41 μ 65, moy. 30 μ 15
Diamètre des cellules du parenchyme intersticiel (faisceaux rapprochés)	41 μ 65 à 58 μ 31, moy. 48 μ 31	33 μ 32 à 41 μ 65, moy. 34 μ 31
Diamètre des cellules des grands rayons médullaires : Vers le centre	58 μ 30 à 63 μ 30	45 μ .
Vers la périphérie des faisceaux médians	63 μ 3 à 136 μ 61	64 μ 61
Diamètre des cellules et des fibres libériennes	25 μ à 50 μ ., moy. 35 μ .	

Ces chiffres ont été obtenus en ne considérant que la partie centrale ; en examinant le premier cercle des faisceaux il a obtenu :

	Betterave fourragère	Betterave à sucre.
Diamètre des cellules du parenchyme.	115 μ à 253 μ . ; moy. 170 μ	138 μ à 161 μ moy 151 μ .
Cellules prosenchymateuses de la gaine. Petit diamètre.	9 μ 20 à 33 μ 20, moy 18 μ 4	18 μ 4 à 23 μ moy. 20 μ 7.
Cellules prosenchymateuses de la gaine. Grand diamètre.	23 μ à 36 μ 8, moy. 27 μ 6	23 μ à 36 μ 8, moy. 30 μ 8.
Épaisseur des parois des cellules du prosenchyme.	2 μ 5 à 3 μ .	4 μ 5 à 5 μ .

Ces données n'ont qu'un intérêt purement spéculatif ; nous n'y insistons pas et nous passerons maintenant à l'étude chimique et physiologique de la betterave.

CHAPITRE II

CONSTITUTION ÉLÉMENTAIRE DE LA BETTERAVE

§ 1.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

89. Evolution de nos connaissances sur la composition de la betterave. — La composition de la betterave, comme d'ailleurs celle de toutes les plantes, est extrêmement complexe. Pendant longtemps, on resta sans se préoccuper outre mesure de l'étude de cette composition, car elle présentait des difficultés qui paraissaient alors insurmontables. D'ailleurs, on considéra surtout, de prime abord, le côté industriel et essentiellement pratique et on reléguà à l'arrière-plan le point de vue purement scientifique et philosophique. Mais par la suite, les méthodes de recherches se perfectionnant, des découvertes sur d'autres sujets et les nécessités industrielles venant ouvrir de nouveaux horizons, les chimistes, les physiologistes, s'emparèrent de la betterave pour en faire l'objet de leurs études. Actuellement, cette plante est certes, entre toutes, une des mieux étudiées. On n'en est plus en effet à soupçonner simplement l'influence des constituants autres que le sucre, des *non-sucres*, pour employer l'expression usitée, sur la marche de la fabrication. Beaucoup de ces non-sucres sont maintenant connus et de nombreux expérimentateurs étudient leur rôle physiologique dans l'organisme de la plante, l'influence exercée sur leur formation par le mode de culture, les engrais, etc., les réactions auxquelles ils donnent naissance au cours des diverses opérations ayant pour but l'extraction du sucre et la fabrication de l'alcool. Mais, si sur ce sujet nos connaissances se sont développées avec une extrême rapidité, si des travaux d'une importance capitale ont vu le jour, il s'en faut de beaucoup, que l'ère des découvertes soit close. Bien des points restés dans l'ombre demandent à être éclaircis, et, loin de s'être restreint, le champ de nos recherches s'est plutôt élargi.

90. Analyse de Payen. — Payen, qui un des premiers s'est occupé scientifiquement de l'étude de la betterave, a donné, pour la variété blanche, dite : *de Silésie*, l'analyse suivante :

Eau.	83,50 0/0
Sucre.	10,50 »
Cellulose, pectose, pectine	0,80 »
Albumine, caséine, asparagine et autres matière neutres et azotées.	1,50 »
Acide malique, pectique, gommés, matières grasses, aromatiques, colorantes, huile essentielle, chloro- phyllé, oxalate et phosphate de chaux, phosphate de magnésie, chlorhydrate d'ammoniaque, silicate, azo- tate, sulfate et oxalate de potasse, oxalate de soude, chlorure de sodium et de potassium, pectates de chaux, de potasse, de soude, soufre, silice, oxyde de fer, etc.	3,70 »
Total	<u>100,00</u>

91. Analyse récente. — A côté de cette analyse et à titre de comparaison, nous en donnons ci-dessous une autre, relevée récemment au Laboratoire du Syndicat des Fabricants de sucre de l'Autriche-Hongrie à Vienne (1).

Pour une betterave de 500 gr :

Eau	411 ^{gr} 25 soit pour cent	82.250
Sucre.	70 »	14.000
Matières albuminoïdes insolubles.	2 25	0.450
» » solubles.	1 60	0.320
» » inconnues.	1 80	0.360
Asparagine.	0 30	0.060
Glutamine	0 40	0.080
Betaine	0 09	0.018
Acide Aspartique.	0 01	0.002
Acide Glutamique	0 02	0.002
Cellulose	5 70	1.140
Matières extractives non-azotées	1 86	0.372
Matières grasses	0 60	0.120
Acide oxalique	0 01	0.002
Acide citrique	0 01	0.002
Matières minérales	4 10	0.820

Cette analyse est encore loin d'être complète.

(1) Nous devons cette analyse à l'amabilité de M. A. Druesnes, d'Onnaing, qui l'a relevée lui-même au laboratoire dont il est question et qui a bien voulu nous la communiquer. Nous l'en remercions bien vivement.

Nous verrons par la suite quel est l'état de nos connaissances actuelles sur cette composition, et nous aborderons dans les lignes suivantes, l'étude des deux parties constituantes élémentaires, le *marc* et le *jus*.

§ 2.

CONSTITUTION ÉLÉMENTAIRE DE LA BETTERAVE

92. Marc et jus. — D'une manière générale, on peut dire que la betterave est constituée par deux éléments principaux : le *jus sucré* et le *marc insoluble*

Le marc lui-même, d'après Rümpler, est composé principalement de cellulose, de substances albuminoïdes, gommeuses, de substances minérales, surtout de sels de chaux, de matières grasses, colorantes, etc., avec un peu de coniférine et de vanilline. Briem (1) donne, d'après le livre de Schwackhöfer la composition quantitative suivante :

Acide arabique,	environ.	1,6	0/0 de la betterave
Pararabinoïde.. . . .		2,4	»
Cellulose.		0,7	»
Substances azotées insolubles		0,4	»
Substances minérales		0,4	»
Soit en tout, marc :		4,9	»

La question du *jus* et du *marc* n'a plus maintenant qu'une importance secondaire. La connaissance de la teneur en jus d'une betterave permettait, étant donnée la richesse saccharine de ce jus, de passer indirectement à la richesse saccharine de la betterave, en multipliant simplement la richesse par le coefficient de jus. Mais, maintenant que l'on possède des procédés rapides, exacts, pour le dosage direct du sucre, il est plus simple d'utiliser ces procédés que de déterminer la richesse de la betterave d'une manière empirique.

La plus ou moins grande richesse en jus de la betterave a gardé pour le fabricant de sucre français une certaine importance car celui-ci achète encore presque toujours sa matière première au degré de densité du jus et on comprend aisément quel intérêt il a à avoir une betterave riche en jus. Les méthodes d'achat à la richesse saccharine sont adoptées couramment à l'étranger, particulièrement en Belgique, en Hollande, en Allemagne et en Autriche.

(1) Briem, *loc cit.*, p. 283.

La question du *jus* et du *marc*, est d'ailleurs très délicate à résoudre. La séparation de ces deux éléments ne peut se faire directement d'une manière complète, par l'action de la presse. D'après de nombreux expérimentateurs, le jus qui se sépare, n'est pas identique à lui-même aux divers moments de la pression et on ne peut considérer le jus restant dans le marc comme semblable à celui qui a été recueilli. Cependant cela n'est pas admis par tous les auteurs, quoique la structure anatomique de la betterave permette de prévoir que ces différences doivent exister.

Grouven (1) s'occupa un des premiers de l'étude du marc et proposa, en 1861, une méthode indirecte pour sa détermination. Cet expérimentateur comprend sous le nom de *marc*, ce qui reste de la betterave après l'élimination de l'eau et des substances solubles, et sous le nom de *jus* la partie soluble ; il déterminait la richesse de la betterave et du jus en matières sèches et en calculait les deux constituants.

Stammer (2) a proposé de déterminer l'eau dans le jus, e , l'eau dans la betterave, E , puis de calculer la teneur en jus par la formule :

$$\frac{E \times 100}{e} = \text{Jus } 0/0 \text{ gr. de betteraves.}$$

Plus tard, Jicinsky (3) étudia une autre méthode qui consiste à déterminer le sucre dans le jus, P , et dans la betterave, p , et à calculer S le jus 0/0 par la formule suivante :

$$S = 100 \frac{p}{P}$$

Mais bientôt Stammer, se basant sur ce fait que le jus moyen de la betterave ne possède pas la même composition que le jus obtenu par la presse, déclara que toutes les méthodes indirectes de dosage du *marc*, en y comprenant la sienne, étaient inexactes, et il proposa une méthode directe pour cette détermination.

Pellet (4), qui s'est aussi occupé de la question, a également donné une méthode pour le dosage direct du marc ; nous la décrivons ci-après :

On divise la betterave au moyen de la rape conique à taille Keil. De la pulpe fine on pèse 20 gr. que l'on place dans un cylindre en cuivre, haut de 6 à 7 cm. Ce cylindre est percé d'ouvertures très petites, 1/4 de m/m.

(1) Rümpler, d'après *Zeitschr des Vereins für Rübenzuckerind. des Deutschen Reiches*, 1861, p. 232.

(2) Stammer. *Agenda du Fabric. de sucre*, trad. Pellet et Biard, p. 115.

(3) Rümpler, d'après *Polyt. Journ.*, 1872, p. 387.

(4) Voyez : Pellet et Biard. *Agenda du fabricant de sucre*, p. 115.-- *Bl. sucr. et dist.* 10, 833, 1893.

Le fond est perforé de même. On place autour une enveloppe pleine qui s'adapte à frottement doux et ferme les ouvertures du côté, ne laissant libres que celles du fond.

On fait tomber la pulpe dans ce cylindre à l'aide d'un courant d'eau. Le jus passe et on continue le lavage jusqu'à ce que l'eau ne renferme plus de sucre ; il en faut environ 400 cc mais on peut sans inconvénient laver avec un litre d'eau. Pour faciliter la filtration, on peut mettre quelques gouttes d'alcool après un certain temps de lavage.

La pulpe épuisée est pressée à l'aide d'une plaque de cuivre qui a sensiblement le diamètre intérieur du cylindre, après avoir enlevé le manchon plein extérieur.

On presse une seconde et une troisième fois. L'alcool remplaçant l'eau, la pulpe restante se dessèche rapidement.

On a pesé l'appareil avant et on le pèse après dessiccation complète.

On peut remplacer ce cylindre de cuivre par un filtre en papier plissé ou non, percé de quelques trous d'épingles pour favoriser le départ du jus.

On a ainsi le *marc insoluble dans l'eau froide, à l'état sec*. Mais dans la betterave ce marc n'est pas sec et Heintz, le premier, fut amené à soupçonner dans le marc la présence d'une certaine quantité d'eau combinée qu'il nomma : *eau d'imbibition*. Par une série d'expériences ingénieuses il démontra la réalité de son hypothèse.

Un peu plus tard, Scheibler (1) trouva, en employant sa méthode de dosage du sucre dans la betterave, par extraction alcoolique, que la teneur en sucre de la betterave ainsi obtenue est notablement plus faible que celle que l'on arrivait à calculer en partant de la polarisation du jus. La teneur saccharine moyenne du jus, donnée par 26 essais, étant 14,5 0/0 en admettant 95 0/0 de jus, la teneur en sucre de la betterave était de 13,775 0/0. Or, en réalité, par l'analyse directe, il ne trouva que 13,1 0/0 ; en appliquant la formule de Jicinsky il obtenait 90,3 0/0 de jus, soit 9,7 0/0 de marc.

Mais, en desséchant le résidu de ses extractions, il trouva comme teneur réelle en marc dans 4 essais : 5,29, 4,44, 4,32, 4,79 ; en moyenne 4,71.

En dehors du jus et du marc, intervenait donc un troisième élément, qui ne pouvait être que de l'eau, et Scheibler nomma cette eau : *eau colloïdale*. Les betteraves essayées renfermaient par conséquent :

	Jus proprement dit.	90,30 0/0	
Marc {	Marc anhydre.	4,71 »	} 9.70
	Eau colloïdale	4,99 »	

(1) Rümpler, d'après *Zeitschr. des Ver. für die Rübenzuck. des Deutschen Reiches* 1879, p. 176 et 256.

Nous passerons sous silence les diverses critiques auxquelles ces résultats ont donné lieu, car si la méthode employée par Scheibler est défectueuse en ce sens que sous l'influence de l'alcool chaud il se précipite des matières albuminoïdes dont le poids vient surcharger celui du marc, il n'en est pas moins vrai que la présence d'une certaine quantité d'eau, combinée au marc, est maintenant admise par presque tous les savants. Cela est rationnel d'ailleurs, car il est difficile de se figurer une matière organisée, vivante, privée d'eau.

Au reste les méthodes aqueuses de dosage du sucre conduisent au même résultat. En effet, Pagnoul (1), en dosant le sucre S contenu dans 100, poids de betteraves, le sucre S' contenu dans 100, poids de jus, et calculant par la formule de Jicinsky, obtient :

$$\text{jus} = 93,72 - 91,21 - 93,31 - 93,99 - 94,57$$

tandis qu'en dosant directement le marc et le jus par épuisement à l'eau il obtient :

$$\text{jus} = 95,10 - 93,76 - 94,79 - 95,33 - 96,25 \text{ (2)}$$

ce qui donne les différences suivantes :

$$1,38 - 2,55 - 1,48 - 1,34 - 1,68$$

qui dès lors correspondraient à l'eau colloïdale.

Pagnoul définit ainsi le jus obtenu par la détermination directe, en laissant la pulpe, et qu'il appelle *jus total* (3) :

« On peut considérer d'abord, comme formant le jus de betteraves, la totalité des matières solubles et de l'eau volatilisable à 100° . . . »

Quant au jus obtenu par le calcul indirect, et qu'il appelle *jus extractible*, il en parle dans les termes suivants (4) :

« Nous nommons **jus extractible pour 100 de betterave**, le poids d'un jus identique avec le jus extrait et qu'il faudrait obtenir pour avoir la totalité du sucre contenu dans la betterave.

En 1896, Pagnoul ajoute :

« Le jus théoriquement extractible étant ainsi défini donnera presque toujours, dans les betteraves normales, un chiffre voisin de 93, poids inférieur à celui du jus total, défini comme il a été dit plus haut, parce qu'il contient un peu moins d'eau, ce qui rend sa densité et sa richesse supérieures. Cette diffé-

(1) Bull. de la st. agron. du P.-d.-C. à 1898, p. 23, à 1895, p. 51.

(2) Résultats d'essais effectués sur des betteraves normales ou desséchées ou imbibées d'eau.

(3) Pagnoul, *loc. cit.*, a. 1896, p. 22.

(4) Pagnoul, *loc. cit.*, a. 1895, p. 52-53.

rence est due sans doute à ce que la pulpe retient une certaine quantité d'eau, peut-être engagée à l'état d'hydrate et qui résiste à la pression. »

Pour passer de la richesse du jus à la richesse de la betterave, il est évident qu'on doit prendre comme coefficient multiplicateur le chiffre trouvé pour le jus extractible.

Les quantités de jus et de marc contenues dans les betteraves sucrières oscillent entre des limites très étroites.

V. Lippmann (1) opérant sur des betteraves très diverses, fanées, ligneuses, montées à graines, etc., a toujours trouvé des chiffres très voisins les uns des autres. Nous donnons ci-dessous les maxima et minima intéressants extraits du tableau de ses résultats.

Betteraves fanées	3,66 à 5,10
Betteraves restées 5 semaines sans pluie.	3,92 à 5,02
Betteraves montées à graines.	4,03 à 5,31
Betteraves très ligneuses.	4,17 à 5,06

Pagnoul a également trouvé que chez des betteraves, même très anormales, la teneur en marc ne subit pas de grandes variations.

D'après un rapport de Vilmorin et Blin (2), Vivien, en déduisant le poids du jus du poids du marc lavé a constaté que la quantité de jus variait de 94 à 95 0/0. Les betteraves très riches ont fourni généralement un peu moins de jus et ont donné comme points les plus bas 94,04 à 94,75 de densité et 93,96 à 94,60 de densité. Quenesson a constaté de même que le coefficient de jus variait dans d'étroites limites. Ce coefficient est descendu à 92,5 avec des racines très riches, à 80,9 ; mais pour des densités de 60,5 à 80,5, le coefficient s'est généralement maintenu entre 94 et 95. Pagnoul (3), pour des racines à 60,6, 70,3, 70,6, 80,3 de densité a trouvé que la quantité de marc sec s'élevait à 4,48, 4,08, 4,40, 4,60 soit une quantité de jus total de 95,52, 95,92, 95,60, 95,40. Par contre, dans ces mêmes racines, la quantité de jus extractible semblait croître régulièrement avec la densité et s'élevait à 93,10, 94,43, 94,06, 94,44.

J. Graftiau (4), en opérant sur des betteraves de la campagne 1898, qui, comme on le sait, se distinguèrent par une richesse exceptionnelle, a trouvé une teneur en jus inférieure à la moyenne généralement admise. Ses essais sur ce point peuvent se résumer de la façon suivante :

Saccharose	19,60 0/0
Marc sec	6,48 0/0

(1) *Sucrierie belge*, 1^{er} février 1887.

(2) *Bull. suc. et dist.* 9, 75, 1891.

(3) *Bull. de la St. Agr. du P.-de-C.* 1897, p. 21 et suiv.

(4) *Sucrierie belge*, 1899, p. 353.

Jus total	93,52 »
Jus extractible	92,89 »

Relativement à l'époque de l'essai, Beaudet, d'après le rapport cité plus haut, a trouvé en décembre des nombres un peu inférieurs à ceux d'octobre et de novembre. Le chiffre le plus fréquent de ses essais a été 91. De même, Decker, a trouvé 95 à 96 0 0 pour la racine fraîche, 94 dans la betterave après un mois de conservation et 92 fin décembre.

Relativement à l'influence de la dessiccation ou de l'imbibition par l'eau, il est facile de démontrer qu'elle est très faible sur la teneur en jus.

Supposons avec Pagnoul (1) qu'une betterave contienne 93 0/0 de son poids de jus et admettons qu'elle absorbe 25 0/0 de son poids d'eau pendant une période de pluies, ce qui d'ailleurs est impossible. En supposant même que le développement des tissus de cette betterave reste stationnaire, la proportion de jus devient :

$$\frac{93 + 25}{100 + 25} = 94,4 \text{ 0/0.}$$

Supposons maintenant qu'elle perde 25 0/0 de son poids, ce qui ne pourrait arriver que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles, la proportion de jus dans cette racine deviendra :

$$\frac{93 - 25}{100 - 25} = 90,7 \text{ 0/0}$$

Il faut donc que la betterave se dessèche, ou absorbe de l'eau en quantité plus qu'exagérée, pour que sa teneur en jus soit notablement influencée dans un sens ou dans l'autre. Certains expérimentateurs, cependant, ont trouvé dans diverses betteraves des teneurs en jus très faibles, descendant même jusqu'à 88 0/0. Pour admettre qu'il n'y ait pas eu d'erreurs d'expérimentation, il faut mettre ces variations sur le compte de l'eau colloïdale et alors ce n'est pas le marc qui varie mais seulement la différence entre le jus total et le jus extractible. L'eau d'imbibition ou encore eau de gonflement peut, paraît-il, varier dans des limites plus étendues (2). Une diminution de la quantité de cette eau combinée au marc correspondrait donc à une augmentation du jus, et réciproquement. Mais nous devons faire remarquer que Pagnoul, dans ses nombreux essais, a trouvé que la quantité de jus extractible est peu variable.

Il pouvait paraître intéressant de se demander si, dans toutes les parties

(1) *Bull. de la St. Agr. du P.-de-C.* 1896, p. 21.

(2) Briem, *La comp. chim. de la bett. Sucrierie belge*, 1899, n° 42, p. 283.

d'une même betterave, la teneur en marc était constante et dans le cas contraire, comment les diverses teneurs se répartissaient dans des tranches prélevées perpendiculairement à l'axe vertical.

W. Bartos (1) a fait à ce sujet quelques expériences qui ont fourni les résultats suivants :

	Poids des tranches	Sucre 0 0	Marc 0/0
Collet.	80 gr.	13,40	5,40
Partie moyenne	120 »	15,30	5,17
	165 »	15,15	4,78
	67 »	14,60	4,40
Extrémité inférieure.	48 »	13,75	4,46
	Pds. t. 480 »		
Collet.	70 gr.	12,40	5,89
Partie moyenne.	93 »	15,70	4,63
	100 »	15,60	4,78
Extrémité inférieure.	45 »	14,20	5,05
	Pds. t. 310 »		

Les diverses tranches ont donc accusé des teneurs en marc assez différentes, suivant leurs situations respectives. Il est cependant impossible de tirer aucune conclusion de ces essais.

Quant à la teneur en marc des betteraves fourragères, elle a été beaucoup moins étudiée que celle des betteraves sucrières. Nous possédons sur ce sujet une analyse de Pagnoul (2) effectuée sur une betterave de la variété : *Globe jaune*.

La détermination directe du marc et du jus donna :

Marc sec	2,78
Jus total	97,22

c'est-à-dire une quantité de jus bien plus considérable que dans les betteraves sucrières. La détermination du jus extractible, au moyen de la formule donnée plus haut, conduisit au chiffre 110,81, c'est-à-dire qu'il aurait fallu 110 gr. 81 de jus extrait pour obtenir un poids de sucre égal à celui qui était contenu dans 100 gr. de betterave. Le jus très aqueux sortant de la presse était donc beaucoup moins riche que le jus restant et par conséquent que le jus total. Le jus extrait, qui n'avait pour densité que 3^o5, ne contenait, pour 100 gr., que 4,64 de sucre, tandis que le sucre déterminé directement dans 100 gr. de racine était de 5,15.

Les résultats si inattendus obtenus par Pagnoul sur des betteraves four-

(1) Ueber die Zusammensetzung der Zuckerrübe in verschied. Period. ihrer Vegetat Z. Zuckerind, in Böhmen, 1897, p. 510.

(2) Bull. de la st. agr. du P.-de-C., 1897, p. 23.

ragères ne sont néanmoins aucunement exceptionnels ; ils ont été observés par l'un de nous en 1896 dans des analyses de betteraves fourragères faites au laboratoire de Vivien qui a bien voulu nous permettre de les reproduire ici (1). L'extraction du jus n'avait pas été régulière pour toutes les variétés, cela explique l'irrégularité des résultats ; cette dernière constatation montre encore quelle influence peut exercer le mode d'extraction sur la composition du jus, particulièrement pour des betteraves peu sucrées.

VARIÉTÉS	Betteraves fourragères				
	Ovoïde Jaune des Barres	Tankard (Marron)	Mam- mouth (Rouge)	Corne de bœuf (Rouge)	Dist. rose à collet gris du Nord
Nombre de betteraves analysées...	5	1	2	3	4
Poids moyen de la racine.....	1 ^k 077	1 ^k 945	1 ^k 552	1 ^k 235	0 ^k 603
Sucre 0 0 kgs. de betteraves (do- sage direct).....	5 70	4 00	8 400	7 50	9 00
<i>Composition du jus extrait par ra- page et pression, par hectolitre...</i>					
Sucre.....	5 442	4 026	8 640	8 448	9 44
Glucose.....	0 963	1 928	0 825	1 315	0 891
Cendres.....	0 990	0 810	0 855	0 864	0 918
Densité du jus à 15° c.....	4° 45	4° 05	4° 75	4° 85	5° 2
Quot. de pureté du jus.....	46 25	37 57	69 20	66 00	68 89
Quot. salin du jus.....	5 46	4 96	10 10	9 77	10 28
Poids du jus 0/0 k. bett.....	98 39	103 32	104 71	93 106	100 17

Les observations précédentes font supposer que la betterave fourragère contient généralement très peu d'eau colloïdale ou que pendant l'extraction du jus par pression, il se produit des séparations sur lesquelles nous ne connaissons rien encore.

Comme conclusion de ce que nous venons d'exposer, on peut dire que, pour la betterave à sucre au moins, la teneur en jus n'oscille qu'entre des limites très rapprochées. Cependant, comme le marc renferme de l'eau combinée, il n'est pas exact, pour passer de la teneur en sucre du jus à la teneur en sucre de la racine, de se servir du coefficient déterminé en dosant directement le marc par épuisement à l'eau et dessiccation du résidu. Ce coefficient oscille généralement autour de 95. Le coefficient 95 habituellement usité est par conséquent trop élevé et il vaut mieux se servir du coefficient obtenu en déterminant le *jus extractible*, comme Pagnoul l'a défini, et qui, lui, oscille autour de 93.

Mais, comme ce coefficient lui-même n'est pas fixe et qu'il subit des

(1) Analyses inédites.

variations suivant la qualité des racines, on n'est pas encore assuré, en l'employant, d'obtenir des résultats exacts, ni même comparables, étant donné ce qui a été dit précédemment sur les variations qu'éprouve la qualité du jus, selon les conditions dans lesquelles il a été extrait.

Nous avons vu, en citant les analyses de Lippmann, que les betteraves montées à graines avaient fourni une quantité de marc se rapprochant de la normale. Ce fait pourrait paraître inexplicable, étant donné que ces betteraves deviennent très ligneuses. Pagnoul a trouvé des résultats légèrement différents. Ses analyses de 1890, sur des racines montées à graines, ont montré que dans ces racines, la proportion de marc insoluble est légèrement plus élevée que dans les betteraves normales et qu'elle peut atteindre et même dépasser 6 0/0.

Ce savant a renouvelé ses essais en 1894 et est arrivé aux mêmes conclusions (1), à savoir que la richesse en marc lavé sec est légèrement supérieure pour les betteraves montées. Il a en effet trouvé, pour des racines de cette sorte 6,46 et 6,44 de marc, contre 5,42 dans les betteraves normales (2).

Par contre, Barlos (3) examinant à ce point de vue des betteraves en seconde année de végétation, a trouvé, qu'excepté le collet, la racine contenait au bout de 12 semaines de végétation une proportion de marc à peu près normale. En faisant la moyenne de tous ses chiffres, y compris celui relatif au collet, on arrive à 5,40.

Les diverses teneurs en marc, dans une même racine, se répartissaient de la manière suivante dans les tranches comptées à partir du collet :

N° des tranches	Teneur en sucre	Teneur en marc
1	7,90	8,14
2	9,40	5,11
3	10,40	4,70
4	10,20	4,64
5	10,10	4,80
6	9,40	4,92
7	8,80	5,45

Après maturité de la graine, il trouvait encore en moyenne 5,04, et ses chiffres se répartissaient comme suit :

N° des tranches	Teneur en marc
1	7.21
2	5.50
3	4.87

(1) *Bull. de la St. Agr. du P.-de-C.*, 1894, p. 75.

(2) Comme nous ignorons l'état de végétation anormale des betteraves sur lesquelles Pagnoul et Lippmann ont expérimenté, nous nous gardons de mettre leurs résultats en opposition de contradiction absolue.

(3) *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1897, p. 105.

N ^o des tranches	Teneur en marc
4	4.42
5	4.20
6	4.37
7	4.69

Après avoir traité du *marc* et du *jus*, nous sommes maintenant conduits à nous occuper d'une autre question qui, en France surtout, où la base des transactions pour l'achat de la betterave est la densité du jus, présente une réelle importance ; c'est celle qui a trait à la relation entre la densité d'un jus et sa teneur en saccharose pour 100 cc.

93. Relation entre la densité du jus et sa teneur en saccharose. — Pour passer de cette densité à la richesse saccharine, on s'est servi longtemps et on se sert même encore pratiquement du coefficient 2 ; la densité du jus multipliée par 2 donne, dit-on, la richesse de ce jus.

Il est indubitable qu'il existe une relation, même assez étroite, entre la densité du jus et sa richesse. Mais cette relation est-elle assez constante pour que, pratiquement, on puisse en tirer un coefficient qui permette de calculer couramment la teneur en sucre ? Nous pouvons répondre en toute sûreté : non ! Il faudrait en effet, pour cela, que le rapport entre le sucre lui-même et le non-sucre soit constant ; or, nous verrons par la suite, quand nous traiterons de la pureté, que ce rapport ne l'est aucunement.

Dans quelles limites le coefficient multiplicateur de la densité du jus peut-il varier ? C'est une question à laquelle nous allons répondre par l'examen des travaux de divers savants, travaux qui ont été résumés dans le *Bulletin de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie*.

Tableau indiquant le rapport entre la densité et la richesse du jus de betterave.

DENSITÉ DES JUS	DURIN		PAGNOÛL (P. de Cal.)		PELLET		NANTIER (Somme.)		LEROY (Oise.)		F. DUPONT (Oise.)		GRANDEAU (Nancy.)	
	Sucre % cc.	Multipliateur.	Sucre % cc.	Multipliateur.	Sucre % cc.	Multipliateur.	Sucre % cc.	Multipliateur.	Sucre % cc.	Multipliateur.	Sucre % cc.	Multipliateur.	Sucre % cc.	Multipliateur.
103°	10.15		9.93	1.99	9.7		9.30		10.30		9.95		9.7	
5.1	10.40				10 »		9.49		10.54		10.10		10 »	
5.2	10.60	2.04			10.3	1.98	10.19	1.92	10.77	2.07	10.50	1.96	10.3	1.98
5.3	10.81				10.6		10.40		10.99		10.70		10.6	
5.4	11.07				10.9		10.45		11.19		10.80		10.9	
5.5	11.33		11.21	2.04	11.2		10.54		11.51		11.21		11.2	
5.6	11.59				11.5		10.71		11.79		11.45		11.5	
5.7	11.80	2.07			11.8	2.06	10.90	1.92	12.03	2.10	11.80	2.06	11.8	2.06
5.8	12.06				12 »		11.11		12.24		12 »		12 »	
5.9	12.33				12.3		11.55		12.45		12.30		12.3	
106°	12.60		12.61	2.10	12.5		12.27		12.72		12.63		12.5	
6.1	12.87				12.8		12.62		12.97		12.97		12.8	
6.2	13.14	2.12			13.1	2.10	12.85	2.05	13.13	2.10	13.28	2.13	13.1	2.10
6.3	13.42				13.3		12.93		13.43		13.51		13.3	
6.4	13.60				13.6		13 »		13.72		13.79		13.6	
6.5			14.12	2.17	13.8		13.21				13.95		13.8	
6.6	13.97	2.15			14.1		13.46				14.30		14.1	
6.7					14.3	2.13	13.67	2.03			14.41	2.16	14.3	2.13
6.8					14.5		13.80				14.70		14.5	
6.9					14.7		14 »				14.93		14.7	
107°			15.77	2.24	15 »		14.57				15.15		15 »	
7.1					15.3		15 »				15.40		15.3	
7.2					15.6	2.16	15.45	2.15			15.80	2.19	15.6	2.16
7.3					15.9		15.98				16.20		15.9	
7.4					16.2		16.32				16.50		16.2	
7.5					16.5		16.60				16.61		16.5	
7.6					16.8		16.88				16.90		16.8	
7.7					17 »		17.12	2.22			17.17		17 »	
7.8					17.3	2.21	17.30				17.40	2.24	17.3	2.21
7.9					17.5		17.58				17.69		17.5	
108°					17.7		17.64				17.93		17.7	

On voit à l'inspection de ce tableau, que l'amplitude des oscillations du coefficient multiplicateur, oscille entre des limites assez restreintes, de 2,24 à 1,92. Mais il est facile de se rendre compte à quelles différences, peut conduire un coefficient moyen.

Pellet (1) a également donné la correspondance en sucre pour les basses et hautes densités. Nous reproduisons ses nombres ci-après :

Analyses de Pellet.

Densité	Sucre 0/0 cc.	Multipli- cateurs	Densité	Sucre 0/0 cc.	Multipli- cateurs
1,035	6,0	1,71	48	9,3	1,93
36	6,2	1,73	49	9,5	1,94
37	6,4	1,73	1,081	18,0	2,22
38	6,6	1,73	82	18,3	2,23
39	6,8	1,74	1,083	18,6	2,24
1,040	7,0	1,75	84	19,0	2,26
41	7,3	1,78	85	19,3	2,27
42	7,6	1,80	86	19,6	2,28
43	7,9	1,83	87	20,0	2,30
1,044	8,2	1,86	88	20,3	2,30
45	8,5	1,88	89	20,7	2,32
46	8,8	1,91	1,090	21,0	2,33
47	9,0	1,91	91	21,5	2,36

Les différences sont encore plus accentuées.

Pagnoul (2) a répété ces essais pendant plusieurs années de suite sans que les conclusions à en tirer aient changé. Donc, ici encore, la détermination directe du sucre s'impose, si l'on veut obtenir des résultats probants.

94. Eau et matière sèche. — Dans ce qui précède nous avons considéré la betterave comme formée essentiellement de *marc* et de *jus* ; on peut aussi la considérer comme constituée par de l'eau et de la *matière sèche*. Mais, si dans le premier cas, il règne une certaine constance dans les rapports entre les deux éléments considérés et la betterave elle-même, dans le second cas, les deux corps peuvent présenter des variations considérables dans leurs proportions respectives.

Examinons d'abord les analyses de Vivien (3) et pour plus de commodité groupons les chiffres que nous en tirerons, dans le tableau suivant :

(1) Beudet, Pellet, Saillard. *Traité de la fabrication du sucre*, 1894, p. 198.

(2) Beudet, Pellet, Saillard. *Loc. cit.*, p. 199. Voir aussi : *Bull. de la St Agr. du P.-d.-C.*, 1894, p. 78.

(3) *Traité complet de la fabric. du sucre*, 1876, p. 142.

Corps considérés	Blanche de Silesie	Blanche de Magdebourg	Blanche à sucre race française collet vert	Blanche à sucre race française collet rose	Blanche à sucre collet gris	Blanche de Vilmoria	Bet. de Despretz	
							N° 1	N° 2
Matières sèches	23.16	49.59	44.25	44.365	11.315	18.27	22.30	18.485
Eau.....	76.84	80.41	85.73	85.635	88.485	81.73	77.70	81.515
Sucre.....	16.50	44.50	9.95	9.90	7.122	14.60	15.250	13.00
Somme : eau + sucre.	93.34	94.91	95.70	95.53	95.60	96.33	92.95	94.50

Comme nous le voyons, les chiffres donnant les teneurs en eau et en matières sèches, accusent des oscillations considérables allant de 76,84 à 88,50 pour l'eau et de 23,16 à 11,50 pour les matières sèches. Mais nous remarquerons immédiatement une certaine corrélation entre ces dosages et les teneurs en sucre ; nous y reviendrons bientôt, à propos des essais de A. Girard. Ce fait nous frappera encore d'ailleurs, en examinant les chiffres suivants, tirés des analyses de Pagnoul (1), de Petermann (2) et de Graftiau (3).

Éléments considérés	Analyses de Pagnoul								Analyses de Petermann		Analyse de Graftiau
	1	2	3	4	5	6	7	8	année 1885	année 1886	année 1898
Matières sèches	20.85	22.55	22.10	23.68	22.85	22.05	23.10	21.59	16.549	21.891	27.844
Eau.....	79.15	77.45	77.90	76.32	77.14	77.05	76.90	78.41	83.451	78.109	72.158
Sucre	13.90	14.75	14.40	15.53	15.58	15.82	15.61	14.60	11.813	14.637	19.600
Somme : eau + sucre.	93.05	92.20	92.30	91.85	92.62	92.87	92.51	93.01	95.264	92.746	91.756

On voit qu'ici encore il existe une relation constante entre les teneurs en eau ou en matières sèches et les teneurs en sucre. Cette concordance, pourtant, n'est pas parfaite. En effet, la somme : *eau + sucre*, qui dans les essais de Vivien a varié entre 92,95 et 96,33, oscille ici entre 91,75 et 95,26.

Nous retrouvons une concordance tout aussi rapprochée lorsque nous

(1) *Stat. agr. du P.-de-C. Bull.* de 1895, p. 55.

(2) *Rech. de chim. et de phys. appl. à l'agriculture*, 2, 1895.

(3) *Comp. de bett. suc. de la camp. 1898. Sucrierie Belge*, 1899, p. 355.

examinons des racines fourragères. Nous tirons les chiffres suivants des analyses comparatives de Pagnoul (1) et de Dehérain (2) :

Eléments considérés	Analyses de Pagnoul					Analyses de Dehérain				
	Betteraves sucrières				Globe jaune	Globea nettes feutrées	Mammoth	Tankard	Collet rose	Vilmorin
	1	2	3	4						
Matières sèches.....	19.34	20.96	21.85	23.20	10.14	12.25	12.85	10.24	17.30	19.50
Eau.....	80.66	79.04	78.15	76.80	89.86	87.75	87.15	89.76	82.70	80.50
Sucre.....	12.55	14.55	15.15	16.70	5.15	8.27	8.72	8.00	12.64	15.24
Somme: eau + sucre	93.21	93.59	93.30	93.50	95.01	96.02	95.87	97.76	95.34	95.74

La somme *eau + sucre*, oscille dans les analyses de Pagnoul entre 93,21 et 95,01, ce dernier chiffre afférent à la betterave *Globe jaune*, et entre 95,34 et 97,76 dans les analyses de Dehérain.

Nous arrivons maintenant aux essais d'Aimé Girard (3). Ce savant a étudié la betterave aux diverses périodes de sa végétation; nous avons déjà dit comment il a établi ses expériences, et, étant donné l'uniformité des conditions dans lesquelles elles ont été exécutées, les résultats sont très comparables. Nous donnons ci-après les chiffres extraits de ses essais de 1885.

Eléments considérés	8 juin	19 juin	2 juillet	15 juillet	29 juillet	10 août	24 août	5 sept.	18 sept.	1er oct.
Matières sèches....	10.91	11.19	11.42	11.89	15.74	17.13	17.26	15.43	16.66	17.60
Eau.....	89.09	88.81	88.58	85.11	84.26	82.87	82.74	84.57	83.34	82.40
Sucre.....	1.45	4.49	5.40	8.98	9.96	11.17	11.30	9.41	10.46	12.19
Somme: eau + sucre	90.54	93.30	93.98	94.09	94.22	94.04	94.04	93.98	93.80	94.59

Si nous mettons à part la période qui s'est écoulée depuis le commencement de la germination jusqu'au 2 juillet, période qui a été utilisée à la formation de l'appareil chlorophyllien, nous sommes immédiatement frappés de ce fait, que c'est presque exclusivement entre le sucre et l'eau

(1) *Bull. de la Soc. agr. du P.-de-Calais*, 1897, p. 23.

(2) *Rech. sur la cult. des bett. fourr. Annales agronomiques*.

(3) *Rech. sur le dével. de la bett. à sucre*, 1887, p. 40.

que s'accomplit le jeu des variations dans la composition de la souche de betterave aux divers stades de son développement. Ces variations sont d'ailleurs considérables, car, tandis que du 2 juillet au 1^{er} octobre la teneur en eau s'abaisse de 88,58 à 82,40, la teneur en sucre s'élève de 5,40 à 12,19 0/0.

Dans les essais que nous avons cités plus haut, nous avons vu, pour diverses betteraves, qui s'étaient développées dans des conditions très différentes, la somme eau + sucre osciller entre certaines limites, qui, faibles à la vérité n'en étaient pas moins très appréciables. Dans les essais d'Aimé Girard, nous voyons cette somme affecter une constance remarquable et ne pas s'écarter notablement de 94.

Ce résultat nous frappe davantage encore si nous examinons la représentation graphique ci-jointe dans laquelle nous avons réuni les résultats de A. Girard à ceux de A. Vivien (1899) (1).

Les deux courbes représentant l'eau et le sucre sont symétriques. Leurs oscillations étant de sens inverse et du même ordre, elles sont presque inversement superposables. La courbe eau + sucre ne s'écarterait qu'insensiblement de la ligne droite.

Ces résultats ont été confirmés à Aimé Girard par d'autres essais. La campagne de 1884, entre autres, a été à ce sujet très remarquable. Au cours de cette campagne, vers le 22 août, les cultures ont été envahies par les nématodes. Sous l'influence de ces parasites, la richesse de la souche, très satisfaisante d'abord, est allée en s'abaissant d'une manière très rapide ; mais en même temps la teneur en eau s'est relevée, de telle façon que, malgré tout, la somme eau + sucre s'est encore trouvée représentée par un chiffre voisin de 94.

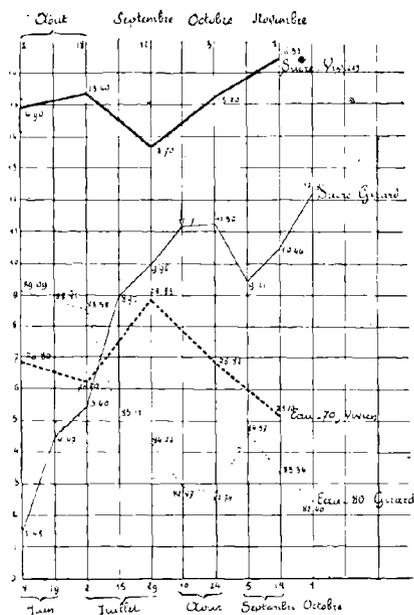


Fig. 87.

(1) R. G. C. 4, p. 374, 1904.

Antérieurement au travail d'Aimé Girard le même fait avait déjà pu être constaté. Corenwinder (1), au cours de la discussion sur la pratique de l'effeuillage des betteraves, analysant deux racines, l'une ayant végété entière, l'autre ayant subi l'effeuillage, leur trouvait, en eau et en sucre, les teneurs suivantes :

	Eau	Sucre	Eau + sucre
Betterave non effeuillée. . .	85,60	9,32	94,92
Betterave effeuillée . . .	88,25	6,21	94,46

Au cours de la même discussion, un travail de Dehérain (2) apporte les chiffres suivants :

	Eau	Sucre	Eau + sucre
Betterave effeuillée 3 fois.	89,94	4,4	94,34
Betterave — 2 fois.	88,46	5,2	93,66
Betterave — 1 fois.	85,53	8,0	93,53

Cette constatation nous amène à dire que la quantité de non-sucre sera peu variable étant admis que la somme eau + sucre et la teneur en marc forment des valeurs relativement constantes. Nous n'attribuons à ces relations qu'un intérêt très secondaire, attendu que si on parvient à avoir des valeurs constantes dans des expériences où les conditions sont tenues bien identiques, il est loin d'en être de même quand on examine des betteraves de provenance quelconque ; il est facile de s'en convaincre en examinant les résultats des différents expérimentateurs.

95. Quotients de pureté et d'impureté. — Il est une autre relation qui est loin d'être constante mais qui n'en a que plus d'importance ; c'est celle du non-sucre au sucre dans la matière sèche. La différence du sucre à la matière sèche totale correspond au non-sucre ; celui-ci comprend lui-même deux parties : l'une insoluble qui est le marc dont nous avons déjà parlé, l'autre qui est soluble et qui intéresse particulièrement le fabricant de sucre. Pour avoir une idée plus exacte de sa proportionnalité par rapport au sucre on établit la quantité de ce non-sucre qui se trouve dans un poids fixé, 100 par ex., de matière sèche totale, ou encore la quantité de sucre contenue dans la matière sèche totale ou dans la matière sèche soluble y compris le sucre, ou encore la quantité de non sucre soluble en présence de 100 parties en poids de sucre dans la matière sèche soluble ; ces valeurs sont appelées selon la fantaisie des auteurs : *Quotients ou coefficients de pureté ou d'impureté*. Le quotient le plus généralement employé jusqu'ici et celui que l'on comprend toujours du reste sous la désignation de quotient de pureté, est celui qui exprime la quantité de sucre contenue dans 100 parties de matières sèches solubles. Une autre valeur cer-

(1) *Annales agronomiques*, 1876.

(2) *Annales agronomiques*, 1877 et 1879.

tainement plus expressive est celle inventée par Dubrunfaut et tirée récemment de l'oubli par Sachs : c'est la quantité de non sucre soluble en présence de 100 parties de sucre et que l'on propose de désigner sous le nom de *quotient d'impureté*.

Dans tous les cas, quel'on choisisse l'une ou l'autre de ces valeurs, il faut toujours connaître pour les calculer la quantité de matières sèches solubles ou totales et la richesse saccharine. Sans parler de l'incertitude qui s'attache au dosage du sucre dans les jus bruts extraits des betteraves, par suite de la présence des impuretés, nous pouvons affirmer avec Rümpel qu'il est actuellement scientifiquement impossible de déterminer avec exactitude la quantité de matières sèches contenues dans de telles solutions. Selon que l'opération est faite plus ou moins rapidement, même à une température constante, selon les conditions d'aération régnant dans l'étuve, selon aussi que le résidu sec est réparti sur une plus ou moins grande surface, les résultats ne seront pas concordants. Pour obtenir des résultats comparables il faut s'astreindre à suivre scrupuleusement le même mode opératoire pour tous les essais ; et encore on a des résultats, peut être comparables, mais non absolus.

Les quotients calculés d'après les poids de matières sèches dosées directement sont dits *quotients réels*, par opposition aux *quotients apparents* dont nous allons parler.

Clerget a constaté que le non-sucre influe sur la densité des solutions sucrées approximativement de la même manière que le sucre ; si donc en partant du poids spécifique d'un jus et en se servant des tables de Scheibler, Vivien, Barbet, etc., on calcule quelle serait la richesse d'une solution sucrée pure de même densité, cette dernière valeur se rapprochera beaucoup du chiffre réel des matières sèches contenues dans le jus essayé ; on a nommé les chiffres obtenus par les tables : *Matières dissoutes apparentes* et les quotients qu'on en tire : *Quotients apparents*.

Il est bien compréhensible que, quelle que soit la commodité de détermination des quotients apparents, ceux-ci n'auront jamais la valeur spéculative des chiffres réels car les matières étrangères au sucre sont loin d'agir toutes comme lui, même dans leur ensemble, sur la densité des solutions ; les quotients apparents n'ont qu'une valeur comparative. D'après Scheibler l'acide arabique a bien la propriété d'agir comme le sucre sur la densité, mais on trouve à côté, la bétanine, qui n'a qu'une action moitié moindre de celle du sucre.

En général on peut dire que le quotient apparent :

$$\frac{\text{sucre} \times 100}{\text{matières dissoutes apparentes}}$$

est inférieur au quotient réel. Pour les produits purifiés par les opérations

de la sucrerie, c'est-à-dire pour les sirops, les masses-cuites et même les mélasses, il existe d'après quelques auteurs (Barbet, Molenda, Veisberg, de Jongh, Sachs) un rapport assez constant entre les quotients apparents et les quotients réels ; ce rapport a permis d'établir des formules permettant de calculer avec assez d'approximation le quotient réel au moyen du quotient apparent. Pour les jus bruts extraits des betteraves ce rapport n'est pas fixé puisque l'impureté varie à la fois dans sa qualité et dans sa quantité.

Tout ce que nous venons de dire se rapporte à la matière sèche soluble, c'est-à-dire au jus de la betterave. La détermination de la pureté du jus donnera une idée de la valeur industrielle de la matière première. Malheureusement la question se complique de l'obtention du jus et nous avons déjà dit quelles incertitudes sont attachées à la séparation mécanique du jus et de la pulpe.

Ce sont ces inconvénients qui ont amené Chrzaszczewski à la notion d'un quotient de pureté de la betterave dans lequel il rapporte la quantité de sucre à la quantité totale de matière sèche (soluble et insoluble). En réalité ce quotient est tout aussi difficile à obtenir exactement, puisque l'on doit dessécher de la râpure contenant du jus et que l'on retombe ainsi dans les causes d'erreurs précédentes ; de plus pour avoir une valeur pratique, ce quotient exige un dosage direct du marc qui permette de revenir aux matières sèches solubles.

Stammer avait aussi un autre quotient qu'il dénommait *valeur proportionnelle* et qui représentait, d'après lui, la quantité de sucre extractible de la betterave ; on l'obtient en multipliant la richesse saccharine de la betterave par le quotient de pureté du jus et divisant le produit par 100 ; ce chiffre n'a en fait, aucune valeur pratique et nous ne l'avons mentionné que pour l'intérêt historique.

Krause a proposé dernièrement un nouveau procédé de détermination du quotient de pureté de la betterave. A vrai dire il n'avait pas en vue, comme beaucoup l'ont cru à tort, d'établir une méthode d'appréciation de la betterave mais bien plutôt un procédé de contrôle de la diffusion.

Dans cette méthode (1) une quantité de rapure multiple du poids normal saccharimétrique, est introduite dans un ballon jaugé spécialement pour tenir compte du volume occupé par le marc (0 cc. 7 pour 26 gr.03) avec de l'eau chaude ; on porte au bain-marie à 90° pendant une demi-heure en ayant soin d'agiter convenablement pour chasser les bulles d'air que retient la pulpe, on laisse refroidir, affleure et mélange intimement. On sépare le jus par une toile métallique serrée et on en prend le poids spéci-

(1) Le mode opératoire du procédé Krause a été récemment unifié en Autriche-Hongrie ; voyez A. Stift, *Bt. sucr. et dist.*, 19, p. 614, 1901, d'après *Oest. Ungarische Z.*, 1901.

fique au moyen d'aréomètres spéciaux qui indiquent la quantité de matières sèches apparentes contenues dans le jus initial ; sur une partie du jus on dose le sucre au saccharimètre et on a les données nécessaires au calcul du quotient de pureté. Le chiffre ainsi obtenu est toujours très inférieur à celui qu'on obtient sur le jus de pression

D'après Ehrlich, Weisberg, Pellet et Hinze la méthode de Krause ne peut remplacer l'ancien procédé d'extraction du jus de presse, car les résultats varient beaucoup selon le mode opératoire adopté ; mais Krause, Fedges, Karlik, Schindler, Claassen et Stift en sont au contraire partisans ; ils ont montré qu'il suffisait d'opérer toujours de la même manière pour obtenir des résultats comparables, fait du reste reconnu par Ehrlich. Si on peut obtenir des résultats comparables, nous pensons que l'on pourrait utiliser le procédé de Krause non seulement pour le contrôle industriel mais encore pour servir à l'appréciation des betteraves, en n'attachant évidemment aux résultats que des valeurs comparatives.

Pour en terminer avec la pureté, nous dirons que l'on obtient par cette détermination une idée de la somme des impuretés mais qu'elle laisse dans l'ombre la qualité de ces impuretés, renseignement tout aussi important, sinon plus ; on ne peut toutefois lui contester une valeur pratique car il a été observé et nous aurons l'occasion de revenir sur ce point, que généralement l'extraction du sucre est d'autant plus facile et totale que le quotient de pureté de la betterave est plus élevé.

Nous revenons encore sur la quantité d'eau contenue dans les racines ; on a vu que cette quantité est très variable mais on serait tenté de penser que dans les diverses parties d'une même racine ces teneurs doivent être constantes. Il n'en est rien. Bartos (1) a en effet trouvé que la teneur en matière sèche diminuait régulièrement du collet à l'extrémité de la racine.

Nous résumons ces essais ci-après :

	Poids des tranches	Sucre 0/0	Matières sèches	Eau 0/0
Collet	112 gr.	14.80	24.52	75.48
	187 »	16.00	23.19	76.81
	149 »	16.03	23.13	76.87
Partie moyenne	130 »	16.40	22.78	77.22
	75 »	13.50	22.36	77.44
	62 »	14.80	21.50	78.50
Extrémité inférieure.	34 »	13.80	20.53	79.47
	749			

(1) *Ueber die Zusammensetzung der Zuckerrübe in versch. Period. ihrer Veget. Z. Zuckerrind. in Böhmen. 1897, p. 507.*

	Poids des tranches	Sucre 0/0	Matières sèches	Eau 0/0
Collet	82 gr.	14.95	25.29	76.71
Partie moyenne	227 »	17.80	24.52	75.48
	151 »	17.25	24.12	75.88
	50 »	16.80	24.06	75.94
	30 »	16.55	23.99	76.01
Extrémité inférieure.	48 »	16.30	24.82	76.18
	558			

Bartos a également étudié la betterave dans sa seconde année de végétation et il tire des résultats qu'il a obtenus d'intéressantes conclusions. Mais comme ce sujet présente pour nous une moindre importance, nous renverrons le lecteur à l'article original (1). Qu'il nous suffise de dire, que, d'après ces essais, en seconde année de végétation, la betterave semble renfermer de moins en moins de matières sèches au fur et à mesure que la graine se développe et mûrit.

Quelles sont les influences qui font osciller la teneur en eau, en matières sèches et en sucre et par conséquent la pureté ? Elles sont nombreuses et parmi elles il faut citer : la fumure, la nature du sol, les maladies, les conditions climatiques extérieures, les pluies, etc. Nous avons vu quelle était l'action de quelques unes de ces causes ; pour les autres, nous les étudierons plus complètement dans la suite.

Nous allons maintenant nous occuper de la question importante de l'épuisement du sol.

(1) *Ueber die Zusammensetzung der Zuckerrübe in verschiedenen Perioden ihrer Vegetation Z. Zuckerind. in Böhmen, 1897, p. 99.*

CHAPITRE III

COMPOSITION MINÉRALE DE LA BETTERAVE

§ 1.

LES CENDRES DE LA BETTERAVE

96. Généralités. Epuisement du sol en matières minérales.
 — Après avoir étudié le marc et le jus, l'eau et les matières sèches contenues dans la betterave, nous abordons maintenant une des parties les plus intéressantes de notre travail. Nous voulons parler de l'épuisement du sol. Comme toutes les plantes, la betterave a besoin, pour constituer ses tissus, pour élaborer les diverses substances qu'elle doit emmagasiner comme matériaux de réserve, d'une certaine quantité de matières minérales qu'elle tire du sol sur lequel elle végète. L'étude de ces matières minérales, très importante au point de vue purement scientifique, présente un intérêt d'autant plus considérable, qu'il semble exister certaines relations entre leur quantité globale, leurs divers éléments constitutifs, et la production du saccharose.

L'enlèvement des sels minéraux du sol, par la récolte de 1 hectare, ne laisse pas que d'être assez considérable.

D'après Vivien (1), des betteraves à 11 0/0 de sucre présentent la composition suivante :

Nature des éléments		Pour 1.000 k.	
		Racines	Feuilles
Matières minérales	Potasse.....	3 ^h 05	11 ^h 57
	Acide phosphorique.....	0 61	3 01
	Soude.....	0 85	3 00
	Chaux.....	0 48	3 50
	Magnésie.....	0 18	2 80
	Chlore.....	0 84	3 72
	Acide sulfurique.....	0 23	1 80
	Silice, silicates, etc.....	1 28	2 40
	Azote.....	2 75	3 90
	Sucre.....	110 00	26 80
	Matières organiques.....	45 33	75 40
	Eau.....	834 36	862 10
		7 ^h 54	31 ^h 80
		158 10	106 40

(1) Vivien. *Traité complet de la fabrication du sucre*, 1876, p. 203.

Cette composition, rapportée à une récolte de 40.000 k. racines et 16.000 k. feuilles donne, pour les matières minérales enlevées, à l'hectare :

Nature des éléments	Éléments enlevés par :		
	les 40.000 k. racines	les 16.000 k. feuilles	la récolte entière
Potasse.....	122 ^k 00	185 ^k 12	307 ^k 12
Acide phosphorique.....	24 40	48 16	72 56
Soude.....	34 00	48 00	82 00
Chaux.....	19 20	56 00	75 20
Magnésie.....	7 20	44 80	52 00
Chlore.....	33 60	59 52	93 12
Acide sulfurique.....	10 00	28 80	38 80
Silice, silicates.....	51 20	38 40	89 60
	301 60	508 80	810 40

Ces chiffres diffèrent notablement de ceux donnés par d'autres expérimentateurs, comme nous le verrons ci-après ; il ne faut cependant pas s'en étonner ; l'étude plus approfondie des cendres nous donnera en effet la clef des variations que l'on peut constater dans les tableaux des différents auteurs, relativement à l'épuisement du sol.

D'après Breitschneider (1860) (1), les betteraves récoltées sur un hectare contiennent en matières minérales :

	Racines	Feuilles	Total
Potasse	111 kg. 0	66 kg. 0	177 kg. 0
Chlorure de sodium.	12 3	34 6	46 9
Soude.	7 8	19 0	26 8
Chaux.	16 2	53 0	69 2
Magnésie	26 4	48 0	74 4
Acide phosphorique	44 8	26 6	71 4
Silice.	7 6	16 2	23 8
Oxyde de fer	2 9	3 5	6 4
Acide sulfurique.	22 5	24 3	46 8
	251 5	291 2	542 7

Nous empruntons encore à l'ouvrage de Walkhoff le tableau suivant, dans lequel sont résumés les essais de divers expérimentateurs.

(1) L. Walkhoff. *Traité complet de la fabrication du sucre de betterave*, 2^e édit. Trad. Merizot et Gay-Lussac, 1874, 1, p. 42.

COMPOSITION MINÉRALE DE LA BETTERAVE

289

Cotis cotés	La récolte de 1 hectare, soit 30.000 k. de betteraves, renferme, d'après :												100 parties des matières suivantes contiennent d'après :							
	Wolf			Karmrod			Fühning			Hoffmann			Herapath		Gripenkerl		Bousinrgault		Sprengel	
	Racines	Feuilles	Total	Racines	Feuilles	Total	Racines	Feuilles	Total	Racines	Feuilles	Total	Bett.	Bett.	Bett.	Bett.	Bett.	Bett.	Bett.	Feuil.
Potasse.....	k. 81.0	k. 68.2	k. 149.2	k. 98.80	k. 422.00	k. 70.00	k. 192.00	k. 499.80	k. 104.80	k. 48.00	k. 149.80	k. 2.30	k. 53.46	k. 51.10	k. 49.70	k. 36.27				
Soude.....	32.8	22.6	55.4	42.80	50.00	84.00	74.00	11.40	26.00	37.40	1.40									
Chaux.....	12.4	21.0	33.4	13.40	18.00	22.00	40.00	19.60	36.00	55.60	0.40									
Magnésie.....	8.6	17.6	26.2	14.00	12.00	18.00	30.00	13.40	35.40	48.80	0.50									
Chlore.....	23.6	26.4	54.0	41.20	36.00	28.00	64.00	3.80	10.00	13.80	0.10									
Acide sulfurique.....	7.0	10.2	17.2	5.40	10.00	10.00	20.00	8.00	14.80	22.80	0.40									
Acide phosphorique.....	12.8	14.6	27.4	24.60	20.00	16.00	36.00	32.60	13.80	46.40	0.80									
Silice.....	15.0	16.0	31.0	6.20	22.00	16.00	38.00	6.80	10.20	17.00	0.20									
Oxyde de fer.....	»	»	»	4.26	»	»	»	2.20	4.60	6.80	0.04									
Total des éléments minéraux.....	»	»	389.4	493.00	»	»	»	»	»	398.40	6.20									
Matières organiques azotées.....	»	»	»	239.20	»	»	»	»	»	»	»									
Chlorure de sodium.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»									
Chlorure de potassium.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»									
Rendu de la dessiccation.....	»	»	»	6.649.80	1.056.00	»	»	»	»	»	»									
Teneur en azote ..	»	»	»	38.20	34.60	72.80	46.00	32.00	78.00	»	»									

Un seul coup d'œil sur ces tableaux nous fait voir que la quantité de matières minérales absorbées par la betterave est considérable. Cependant, on peut aussi juger par ces chiffres qu'elle varie dans des proportions notables.

97. Constitution des cendres. — Lors de l'incinération, les sels minéraux contenus dans la betterave forment les cendres.

Ces cendres représentent donc la totalité des éléments minéraux *fixes* de la betterave. Nous disons : *fixes*, parce que, pendant la combustion, certaines matières minérales sont susceptibles de se volatiliser et par conséquent ne peuvent plus se retrouver dans les cendres, ou ne s'y retrouvent qu'en quantité moindre de celle qui est réellement contenue dans la betterave.

L'azote inorganique, renfermé dans la plante sous forme de nitrates, peut-être de sels ammoniacaux, etc., est dans ce cas ; il disparaît totalement pendant l'incinération. Il en est de même, en partie, pour le bore qui semble exister dans presque tous les végétaux.

D'autres corps, la potasse, le soufre, le phosphore, etc., peuvent aussi ne pas se retrouver entièrement dans les cendres, soit qu'une partie ait été volatilisée sous l'influence d'une température trop élevée, soit qu'une fraction des sulfates, phosphates, etc., ait été réduite par le carbone des matières organiques à l'état de composés sulfurés, phosphorés, etc., qui se volatilisent.

Les cendres de la betterave sont essentiellement constituées par les éléments qu'on rencontre généralement dans les autres plantes, c'est-à-dire par des métaux : potassium, sodium, calcium, magnésium, etc., et des métalloïdes : phosphore, soufre, silicium, chlore, etc., combinés, soit à de l'oxygène, soit à de l'acide carbonique.

Le phosphore, le soufre, le silicium, le chlore, sont, dans les cendres, alliés aux bases et forment des sels. Mais, dans l'état actuel de la science, il nous est impossible de dire avec quelque précision quelles sont les bases avec lesquelles les acides de ces métalloïdes sont combinés. D'ailleurs, en raison même des réactions qui se sont effectuées au cours de l'incinération, la connaissance précise de ces combinaisons n'aurait aucun intérêt au point de vue du groupement des parties salines de la betterave elle-même.

Les cendres renferment encore souvent des impuretés accidentelles, et en particulier du carbone, provenant d'une incinération incomplète ou mal conduite, de la silice, ou plutôt du sable, resté adhérent aux parties soumises à la combustion, etc.

Les cendres, telles qu'on les obtient par la pesée directe, après l'incinération, constituent ce que l'on appelle les cendres brutes alcalines

de la betterave. Elles renferment une quantité considérable d'acide carbonique. Cet acide, qui constitue le terme ultime de l'oxydation des matières organiques, s'est produit pendant le cours de la combustion ; il ne peut donc être imputé au compte des éléments constituants des cendres.

Prenons les moyennes des analyses de betteraves effectuées par Wolff de 1870 à 1880 :

Cendres pures 0/0 matières sèches	100 parties cendres pures renferment :								
	K ² O	Na ² O	CaO	MgO	Fe ² O ³	P ² O ⁵	SO ³	SiO ²	Cl
3.77	49.33	6.85	7.46	8.49	1.54	14.46	5.05	3.20	4.10

Supposons, comme le fait Rümpler (1), que les acides et le chlore sont combinés à de la potasse et calculons cette quantité de potasse.

Il vient :

4,10 % Chlore =	8,61 % KCl	correspondant à	5,43 % K ² O
3,20 » SiO ² =	8,22 % K ² SiO ³	» »	5,02 » »
5,05 » SO ³ =	10,99 % SO ³ K ²	» »	5,94 » »
14,46 » P ² O ⁵ =	31,29 » PO ⁴ K ²	» »	16,83 » »
	Soit au total		33,22 » »

Supposons de plus que toutes les bases de ces cendres soient comptées comme potasse. Il vient :

6,85 % Na ² O	correspondant à	10,41 % K ² O
7,46 » CaO	» »	12,55 » »
8,49 » MgO	» »	19,99 » »
1,54 » Fe ² O ³	» »	4,17 » »
Potasse des cendres	» »	49,33 » »
	Soit au total	96,45

Nous aurions ainsi :

Potasse totale	96,45
Potasse supposée combinée aux acides . . .	33,22
Potasse non combinée	63,23

Cela revient à dire, que près des 2/3 des bases des cendres ne peuvent être saturées par les acides de ces cendres et sont par conséquent combi-

(1) Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe* p. 34.

nées à de l'acide carbonique ou, en d'autres termes, que ces bases se trouvaient dans la plante à l'état de sels ou d'autres composés organiques, qui ont été détruits pendant la combustion.

Il est même certain que la quantité des bases contenue dans la plante sous la forme d'organates, est encore plus considérable que celle qui serait indiquée par la différence entre les bases totales et les bases combinées aux acides des cendres. L'acide phosphorique, ou plutôt le phosphore, qui dans ces cendres serait compté comme allié à une base, semble, en effet, être contenu en notable proportion dans la plante, sous une forme organique, comme élément constitutif de la *lécithine*. Il en est de même pour le soufre qui, dans les cendres à l'état d'acide sulfurique, se trouve en partie engagé dans les plantes, dans diverses combinaisons organiques telles que les matières albuminoïdes. Certaines bases elles-mêmes, dans l'organisme de la betterave, paraissent ne pas être combinées en totalité aux acides organiques pour former des sels, mais entrer dans la constitution intime de corps encore mal connus jusqu'ici. La chaux, par exemple, paraît être une des parties constituantes essentielles du squelette des végétaux, des corps ligneux. Le fer même, paraît entrer dans la constitution des noyaux des cellules, et s'y trouve probablement sous une forme analogue à l'hématogène de Bunge. Qui sait si la potasse, qui semble jouer un rôle aussi actif dans la formation et la migration des hydrates de carbone, ne se trouve pas également dans la plante en combinaison organique non saline.

Les cendres brutes n'ont donc, au point de vue de la composition de la betterave, qu'une importance relative.

En déduisant de ces cendres leur teneur en CO_2 , les impuretés accidentelles, etc., on obtient les *cendres pures* ou *cendres physiologiques*, constituées essentiellement par des phosphates, chlorures, sulfates, silicates, des bases libres anhydres, etc., dont la connaissance, pour le sujet qui nous occupe présente une grande importance. Mais, en raison de ce que nous avons dit plus haut, au lieu de chercher à combiner les acides avec les bases, il est préférable d'énoncer séparément, chacun de ces éléments à l'état anhydre.

A côté des corps que nous avons cités, et qui forment la masse principale des cendres, on rencontre d'autres éléments plus rares, en quantité généralement minime et qui n'ont pu être décelés souvent qu'au moyen du spectroscope. Ce sont : le *strontium*, le *caesium*, le *rubidium*, le *vanadium*, le *manganèse*, le *bore*, etc.

Ces corps, qui d'ailleurs peuvent ne pas être les seuls, ne sont le plus souvent que des éléments accidentels, qui ne se rencontrent dans les cendres que parce que le sol sur lequel la betterave a végété en contenait ; ils ne jouent probablement aucun rôle dans la nutrition du végétal.

Le manganèse doit faire exception et avoir un rôle physiologique.

Quoi qu'il en soit, la teneur en cendres des betteraves est extrêmement variable et la connaissance des causes de ces variations est du plus grand intérêt pour le fabricant de sucre. Ces causes sont très diverses ; il faut considérer différents facteurs tels que : l'influence de la race, de la composition du sol, de la fumure, de l'humidité, des pluies, de la température extérieure, des maladies, du degré de maturité, de l'espacement des racines, des diverses façons culturales, etc.

Les différentes parties d'une même betterave ne contiennent pas une quantité identique de matières minérales et, d'après Violette (1), l'ensemble de ces matières n'éprouve pas de variations régulières suivant l'axe. Violette ajoute même que le tissu cellulaire contient plus de matières minérales que le tissu saccharifère.

§ 2.

VARIATIONS DE LA TENEUR EN CENDRES DES BETTERAVES

98. Ordre de grandeur de ces variations. — Les limites entre lesquelles le poids des cendres elles mêmes, et les proportions des éléments qui les constituent, peuvent varier, sont très larges. Un tableau tiré de Rümpler (2) nous renseignera à ce sujet :

Corps considérés	Cendres pures 0/0 de mat. sèche	100 parties de cendres pures renferment :								
		K ² O	Na ² O	CaO	MgO	Fe ² O ³	P ² O ⁵	SO ³	SiO ²	Cl
<i>Racine :</i>										
Maximum.....	6.6	78.1	24.0	17.8	11.9	4.9	27.1	14.3	12.1	18.4
Minimum.....	2.5	26.9	0.0	1.6	2.3	0.2	3.4	1.3	0.0	0.2
<i>Feuilles :</i>										
Maximum.....	29.2	44.2	30.8	32.3	20.5	2.4	15.5	14.3	33.5	26.7
Minimum.....	8.3	12.6	2.7	5.7	6.8	0.0	1.0	1.9	0.0	2.6

Mais ce tableau ne s'applique qu'à la betterave à sucre. Si nous voulons faire entrer les betteraves fourragères dans la comparaison, nous trouvons que les oscillations sont encore bien plus considérables.

En effet, en considérant les analyses de Denaffe dont nous verrons bientôt le détail, et en admettant une teneur en eau de 88 0/0, chiffre

(1) C. R. 19 octobre 1874. Voy. aussi : Bartos : *Ueber die Zusammensetzung der Rübe*, Z. *Zuckerind in Böhmen*, 1897, p. 503.

(2) Rümpler, *loc. cit.*, p. 17.

qui, d'après les analyses de Déhérain, ne doit pas être éloigné de la vérité, nous voyons que la racine des betteraves fourragères ne contient pas moins de 11 à 12 0/0 de cendres dans la matière sèche. Ce chiffre n'est cependant encore qu'un chiffre moyen et il n'est pas rare de voir cette teneur s'élever à 20 0/0 et plus. La limite inférieure donnée par Rümpler est encore trop élevée, car on trouve souvent des racines ne contenant pas plus de 2 0/0 de cendres dans leur matière sèche.

99. Influence de la race. — Relativement aux variations de la teneur en cendres des betteraves, nous possédons de nombreux documents. Au point de vue de l'influence de la race sur ces variations, il nous suffira d'examiner les chiffres tirés des analyses de DenaiFFE et de Vivien.

Analyses de DenaiFFE (1).

	Mat. minérales				Matières minérales
	Eau	Mat. séch.	Mat. fraîches		
<i>Betteraves potagères</i>				<i>Betteraves fourragères</i>	
Rouge éclipse.	88,50	7,80	0,897	Jaune longue d'Allemagne	1,712
Jaune longue grosse	83,90	6,39	1,030	Mammoth	0,873
Rouge ronde précoce	82,75	6,00	1,035	Ovoïde	0,959
Rouge plate d'Egypte.	85,90	7,40	1,218	Jaune globe	1,636
Moyenne.	85,26		1,014	Corne de bœuf	1,300
				Tankard	1,855
				Géante de Vauriac	1,462
				Rose des Ardennes	1,086
				Moyenne	1,360

Analyses de Vivien (2)

	Cendres				Cendres 0/0 Mat. sèches
	Cendres	Sucre	Mat. org.	Eau	
<i>Betteraves sucrières</i>					
Betterave blanche de Silésie	0,76	16,50	5,90	76,84	3,27
» » de Madgebourg	0,79	14,50	4,30	80,41	4,03
» » à sucre à collet vert	0,825	9,95	3,475	85,75	5,78
Betterave blanche à sucre à collet rose	0,835	9,90	3,630	85,635	5,81
Betterave blanche à sucre à collet gris	1,050	7,122	3,343	88,485	9,11
Vilmorin	0,65	14,60	3,02	81,73	3,55
Despretz	0,575	15,25	6,475	77,70	2,58
»	0,635	13,00	4,850	81,515	3,43
Moyenne	0,766				

(1) DenaiFFE. *Valeur aliment. et exig. des rac. potagères*, p. 37. Voir aussi : DenaiFFE *Racines fourr. et choux fourr.*, p. 23.

(2) Vivien. *Traité complet de la fabric. du sucre en France*, 1876, p. 137.

On consultera aussi avec intérêt les chiffres plus récents obtenus par Ch. Lapierre, avec des betteraves cultivées dans les environs de Coïmbra (Portugal) (1).

Il résulte de toutes ces analyses que les betteraves peuvent se classer d'après leurs teneurs en cendres, en plaçant en première ligne les betteraves fourragères, puis les betteraves potagères et finalement les variétés sucrières.

100. Relations entre le sucre et les cendres. — Nous pouvons tirer des analyses qui précèdent d'autres conclusions. Au point de vue de leur teneur en sucre, les betteraves fourragères, potagères et sucrières, se classent précisément dans l'ordre inverse.

On peut donc déjà en soupçonner qu'il existe une certaine corrélation entre la teneur en sucre et les cendres.

Un examen plus approfondi ne fera que nous fortifier dans cette opinion. En effet, si nous groupons quelques-uns des chiffres de Vivien, par ordre de richesse croissante en sucre, nous obtenons le tableau suivant :

	Sucre	Cendres	Cendres 0/0 matières sèches
Betterave à sucre collet gris.	7.122	1.050	9.11
» » » rose.	9.900	0.835	5.81
» » » vert.	9.950	0.825	5.78
» blanche de Magdebourg.	14.500	0.790	4.03
» Vilmorin.	14.600	0.650	3.55
» Desprez.	15.250	0.575	2.58

Un seul coup d'œil sur les résultats ainsi groupés montre que la teneur en cendres est presque mathématiquement inversement proportionnelle à la teneur en sucre. Il ne faudrait certes pas, par esprit de généralisation, considérer cela comme une loi d'une rigueur mathématique. On est trop exposé, lorsque l'on sort du domaine des faits pour entrer dans celui de l'hypothèse, à commettre de graves erreurs. Néanmoins, dans le cas présent, nous pouvons considérer la correspondance des hautes teneurs en sucre avec les faibles teneurs en cendres, comme la règle.

Maerker (2) a trouvé sous ce rapport, les chiffres suivants :

Teneur en cendres :	4.14	3.78	3.66	2.90	2.77	2.25	2.08	2.04
Teneur en sucre :	11.7	12.1	12.7	13.0	14.4	15.1	15.9	16.9

Relativement à la même question, Rümpler (3) a comparé les analyses

(1) *Bt. sucr. et dist.*, 15, p. 801, 1898.

(2) Voir : Briem. *La composition chimique de la betterave. Sucrierie belge*, 1899, p. 299.

(3) Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 15.

des divers expérimentateurs et a tiré de ces comparaisons d'intéressantes conclusions, en tout semblables à celles que nous venons de formuler.

De plus, si on examine en même temps les moyennes des analyses donnant la composition de la betterave depuis 1874 (1), on constate encore que la teneur en cendres des betteraves s'est amoindrie avec le temps, assez faiblement de 1870 à 1880, puisque, de 3,86 on ne tombe qu'à 3,77, mais fortement de 1880 à ces derniers temps, puisque les dernières moyennes donnent 2,73.

Ce fait ne doit d'ailleurs pas nous surprendre. Depuis nombre d'années on cherche à améliorer la qualité des racines et les producteurs de graines portent tous leurs efforts sur l'enrichissement des betteraves dont ils livrent les graines. La richesse saccharine a donc été en s'élevant progressivement, tandis que la teneur en cendres a été en diminuant. Nous avons ici, une nouvelle confirmation de la règle que nous avons donnée en débutant.

Les augmentations de rendement en fabrique que montrent les statistiques, confirment encore cette opinion.

Rendement moyen des fabriques de sucre.

France

De 1872 à 1881.	5,60 0/0 en brut
De 1881 à 1889.	7,35 0/0 en raffiné
De 1889 à 1898.	9,85 »

Allemagne (Rendement en brut et y compris le sucre extrait des mélasses)

De 1874 à 1880.	8,70
De 1880 à 1890.	11,10
De 1890 à 1894.	12,60

Ces augmentations sont dues à la fois à la richesse plus élevée de la betterave et à sa qualité meilleure.

Il faut en outre faire remarquer, que le fait de la correspondance des faibles teneurs en sucre avec les hautes teneurs en cendres, a un caractère plus général encore qu'on ne pourrait le croire, d'après les chiffres que nous avons cités. Cette relation entre le sucre et les cendres ne se remarque pas seulement avec les diverses betteraves, mais on peut aussi la constater en examinant à ce point de vue des tranches prélevées à différents endroits d'une même betterave (2).

(1) Voyez Rümpler, *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 13.

(2) Voir à ce sujet : W. Bartos, *loc. cit.*

Elle se remarque même lorsqu'on étudie la betterave au cours de son développement. Scheibler a trouvé que la teneur en cendres diminue, relativement bien entendu, au fur et à mesure que la racine se développe et que le sucre augmente et il a donné les chiffres suivants (1) pour 100 de sucre.

Au 1 ^{er} juillet.	13,45	de cendres
» 14 »	7,14	»
» 20 »	5,66	»
» 30 »	6,86	»
» 15 août.	5,91	»
» 1 ^{er} septembre.	4,19	»
» 1 ^{er} octobre.	4,00	»

On voit que du 1^{er} juillet au 14, la teneur en cendres a diminué presque de moitié et que, par la suite, elle est allée en s'affaiblissant encore, mais moins nettement. A. Girard, dans sa magistrale étude (2) est arrivé à un résultat semblable, quoique beaucoup moins marqué. Ce savant a constaté en 1885, par rapport à la matière fraîche, une première diminution brusque de la teneur en cendres du 8 juin au 19 juin, puis un affaiblissement graduel, quoique relativement faible, à partir du 19 juin jusqu'au 1^{er} octobre ; le tableau suivant reproduit ces résultats.

	8 juin	19 juin	2 juillet	15 juillet	29 juillet	10 août	24 août	5 septembre	18 septembre	1 ^{er} octobre
Saccharose	1.45	4.49	5.40	8.98	9.96	11.17	11.30	9.44	10.46	12.19
Cendres de la matière fraîche.	2.19	1.56	1.50	1.40	1.21	1.43	1.17	1.12	1.25	1.19
Cendres de la matière sèche	20.07	14.01	13.12	9.39	7.69	8.35	6.68	7.26	7.50	6.75

• Etablisons maintenant le graphique relatif à ces chiffres, en retranchant 5 du chiffre des cendres de la matière sèche, pour ne pas donner à la figure des dimensions exagérées, et en y faisant figurer la courbe des pluies pendant le même laps de temps. Il en ressortira des faits intéressants (fig. 93).

La courbe des cendres de la matière fraîche ne subit que de très faibles oscillations et se rapproche d'une oblique ayant comme ordonnées extrê-

(1) Voir : Briem, *Sucrerie belge*, 1899, p. 300.

(2) A. Girard. *Recherches sur le dével. de la betterave à sucre*. 1897, p. 40.

mes 2,19 et 1,19. Les courbes du saccharose et des cendres de la matière sèche se développent à l'inverse l'une de l'autre, nous montrant d'une manière saisissante les relations qui existent entre ces corps. Les 2 courbes ne présentent pourtant aucune régularité et nous montrent au contraire de singulières oscillations. Mais si nous considérons en même temps la courbe des pluies, ces oscillations deviennent très significatives. A chaque inflexion de cette courbe des pluies correspondent d'autres inflexions dans les 2 courbes considérées, de même sens pour celle des cendres,

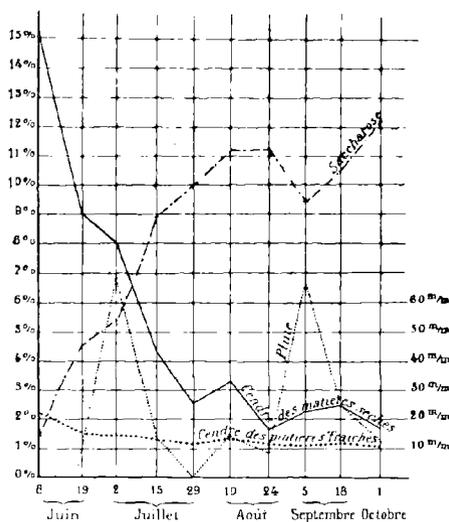


Fig. 93. — Variations comparées des teneurs en cendres et en saccharose en corrélation avec les quantités d'eau tombées.

de sens inverse pour celle du saccharose. A chaque période pluvieuse correspond un accroissement de la teneur en cendres et une diminution de la teneur en saccharose. Nous y reviendrons tout à l'heure. Notons encore que Pellet a récemment confirmé ces relations entre la richesse saccharine et la quantité de matières minérales enlevées au sol (1).

101. Quotient salin. — Il est bien établi qu'il existe dans la souche de la betterave une liaison assez étroite entre la teneur en sucre et la teneur en cendres. Il est donc possible, en se basant sur ce fait, de même qu'on l'a fait pour le quotient de pureté, d'établir une relation susceptible de nous renseigner sur la valeur de la betterave au point de vue de sa teneur en non-sucre inorganique.

(1) *Bt. sucr. et dist.*, 19, 87, 1901.

Si nous faisons A = teneur en sucre

B = teneur en cendres

et si nous posons $\frac{A}{B} = Q$

Q sera le *quotient salin*. C'est le rapport du sucre aux cendres, autrement dit la quantité de sucre en présence de 1 de sels ; il est par suite d'autant plus élevé que la teneur en cendre est plus faible.

On peut encore évaluer la quantité de sels en présence de 100 k. de sucre, quotient déjà proposé par Dubrunfaut, paraît-il, et que Sachs a baptisé du nom de *quotient inorganique*. Ces rapports ne se déterminent pas seulement pour la betterave, mais encore pour l'appréciation des produits fabriqués ou en cours de fabrication.

102. Avantages de la culture de la betterave riche. — Nous arrivons maintenant aux travaux de Champion et Pellet (1). Ces savants ont procédé à de nombreuses analyses de betteraves pauvres et riches, françaises et étrangères ; ils ont trouvé, pour des betteraves à 10 0/0 et à 15 0/0 de sucre, les résultats moyens suivants :

Éléments dosés	Betteraves à 10 0/0 de sucre		Betteraves à 15 0/0 de sucre	
	1.000 k. feuilles	1.000 k. racines	1.000 k. feuilles	1.000 k. racines
Potasse.....	9.23	2.93	10.00	2.66
Soude.....	3.23	0.51	3.47	0.45
Chaux.....	3.50	0.42	3.75	0.38
Magnésie.....	2.81	0.38	3.03	0.33
Chlore.....	3.23	0.57	3.47	0.50
Acide sulfurique.....	1.50	0.22	1.63	0.19
Silice.....	0.31	0.34	0.33	0.30
Acide phosphorique.....	2.23	0.59	2.30	0.51
Divers.....	2.03	0.16	1.92	0.13
	28.07	6.12	30.00	5.45
Matières sèches.....	138.00	167.50	140.00	240.00
Azote.....	3.30	2.50	3.80	4.00

Faisons remarquer que la teneur en cendres des feuilles des betteraves riches est plus élevée que celle des feuilles des betteraves pauvres (2). Au contraire, en examinant les analyses de Wolff et celles de la station de Halle, on trouve que la teneur des feuilles en cendres, a éprouvé une diminution au cours de l'enrichissement des racines. Cette diminution est proportionnellement beaucoup plus faible que la diminution de la teneur en cendres des racines, mais elle n'en est pas

(1) Champion et Pellet. *De la betterave à sucre*, 1876, p. 41 et suiv.

(2) Résultats confirmés par Pellet en 1901 ; voyez : *Bl. sucr. et dist.*, 19, 87, 1901.

moins appréciable. Il nous est cependant impossible de rien préjuger de ce manque de concordance dans les résultats de ces divers expérimentateurs, car nous ne pouvons comparer sûrement des analyses faites à des points de vue, à des époques et dans des pays très différents (1).

Cependant, comme les analyses de Champion et Pellet ont été faites sur des betteraves parvenues à maturité, le taux en cendres plus élevé des feuilles pourrait s'expliquer par suite de la dessiccation d'une partie de ces feuilles. Quoi qu'il en soit si nous appliquons les chiffres de Champion et Pellet à une récolte de 50.000 k. à l'hectare, il vient :

Corps dosés	Récolte de 50.000 k. à l'hectare					
	Betteraves à 10 0/0 de sucre			Betteraves à 15 0/0 de sucre		
	Feuilles 13.000 k.	Racines 50.000 k.	Total à l'hectare	Feuilles 25.000 k.	Racines 50.000 k.	Total à l'hectare
Potasse.....	145.0	146.5	291.5	270.00	129.00	399.00
Soude.....	45.0	25.5	70.5	93.75	22.50	116.25
Chaux.....	50.0	21.0	71.0	97.50	18.75	116.25
Magnésic.....	37.5	19.0	56.5	78.75	16.30	95.25
Chlore.....	42.5	28.3	71.0	90.00	25.50	115.55
Acide sulfurique...	20.0	11.0	31.0	45.00	9.75	54.70
Silice.....	5.0	17.0	22.0	11.25	15.00	26.25
Acide phosphorique	30.0	29.5	59.5	63.75	26.25	90.00
Divers.....	25.0	8.0	33.0	33.75	6.75	40.50
	400.0	306.0	706.0	783.75	270.00	1.053.75
Matières sèches....	1.800.0	8.395.0	10.175.0	3.500.00	12.000.00	15.500.00
Azote.....	42.9	125.0	167.9	95.00	200.00	295.00

Groupons maintenant ces résultats en les ramenant à 100 k. de sucre :

Corps dosés	Éléments organiques et minéraux enlevés au sol par 100 k. de sucre de la betterave	
	Betteraves à 10 0/0 de sucre	Betteraves à 15 0/0 de sucre
Potasse.....	5.70 à 5.30	5.30 à 5.70
Soude.....	1.44 » 1.55	1.55 » 1.45
Chaux.....	1.44 » 1.55	1.55 » 1.40
Magnésic.....	1.18 » 1.30	1.30 » 1.18
Chlore.....	1.44 » 1.65	1.65 » 1.44
Acide sulfurique.....	0.64 » 0.65	0.65 » 0.64
Silice.....	0.43 » 0.35	0.35 » 0.43
Acide phosphorique	1.18 » 1.20	1.20 » 1.18
Divers.....	0.78 » 0.85	0.85 » 0.78
	14.20 à 14.40	14.40 à 14.20
Matières sèches.....	203.50	204.40
Azote.....	3.38	3.80

(1) Voir aussi à propos de la teneur des cendres des feuilles de betteraves, le mémoire d'A. Girard : *Recherches sur le développement de la betterave*, p. 47 et 68.

Nous voyons que dans les 2 cas le total des éléments minéraux est à peu près invariable. Champion et Pellet en ont conclu que : *Quelle que soit la richesse des betteraves, le végétal entier prélève à la terre un poids de matières minérales à peu près constant pour 100 kg. de sucre, soit, pour ce poids de sucre, environ 14 kgs. de matières minérales.*

Il s'agit bien entendu, comme l'a fait remarquer Dureau (1), de betteraves normales, saines et parvenues à maturité.

Quant à la proportionnalité qui existe entre les quantités de cendres contenues dans les feuilles, les racines et les cendres totales, Champion et Pellet trouvent :

Pour 100 k. de cendres :

	Betteraves riches	Betteraves pauvres
Dans les racines.	26	43
Dans les feuilles	74	57
	<u>100</u>	<u>100</u>

et proportionnellement à la quantité de sucre :

Sels 0/0 de sucre :

Dans les racines	3,60	6,12
Dans les feuilles	10,45	8,00
	<u>14,10</u>	<u>14,12</u>

Les feuilles faisant retour au sol, il faut en conclure que la culture de la betterave riche épuise moins le sol que celle de la betterave pauvre.

Au point de vue de l'azote l'épuisement total du sol est sensiblement le même, mais les quantités restituées par les feuilles sont plus faibles avec les betteraves pauvres.

Pour 100 k. d'Azote il y a :

	Betteraves riches	Betteraves pauvres
Dans les racines	67	74
Dans les feuilles	33	26

Pour 100 k. sucre, il y a :

Dans les racines.	2,60	2,50
Dans les feuilles.	1,20	0,88

Ces chiffres sont d'accord avec ceux de Pagnoul (2). Celui-ci a calculé

(1) *Traité de la culture de la betterave*, p. 215.

(2) Voir : Dureau. *Cult. de la bett. à sucre*, p. 216.

la valeur des éléments enlevés par des betteraves de richesses inégales et il est arrivé à dresser le tableau suivant :

Rendement à l'hectare	Sucre 0 0 de betterave	Sels enlevés à l'hectare	Azote enlevé	Valeur des engrais enlevés
38.000 k.	15 k.	114 k.	76 k.	198 fr.
40.000	13,5	140	88	232
43.000	12,2	172	103	275
46.000	11,0	207	114	311
50.000	9,5	250	150	400
55.000	8,4	330	192	516

La valeur des éléments enlevés a été calculée en comptant l'azote à 2 fr. le kilogr. et les sels à 0 fr. 40.

Pellet 1), répétant les essais de Champion et Pellet sur des betteraves de Silésie de la récolte de 1879, est arrivé aux mêmes conclusions.

De tout ce que nous avons vu jusqu'ici, il résulte donc, en dehors de toute autre considération :

1^o Que le fabricant de sucre a tout intérêt à travailler la betterave la plus riche possible, puisque avec cette betterave il introduit une moindre quantité de matières minérales, ou non-sucre inorganique dans ses jus ;

2^o Que le cultivateur a tout intérêt également à produire cette même betterave riche, puisque, à égalité de sucre produit, elle enlève à sa terre une moindre quantité d'éléments fertilisants.

103. Influence des pluies sur la teneur en cendres. — Nous avons vu précédemment, à propos des essais d'A. Girard, que cette influence était très marquée et se traduisait par une augmentation de la teneur en cendres. Schneidewind et H. C. Müller, à la station d'Essais de Halle, sont arrivés aux mêmes conclusions (2).

Les pluies abondantes paraissent donc bien avoir pour effet une augmentation de la teneur en cendres des betteraves.

104. Influence du sol. — L'influence de la nature du sol, sur la teneur en cendres des betteraves est considérable. Elle peut déjà, d'ailleurs, se déduire de l'influence exercée sur la teneur en sucre et chacun sait que, dans ce cas particulier, elle est très marquée.

Des essais effectués en 1892 dans trois propriétés différentes, par la station d'essais de Halle (3), confirment les conclusions qu'il serait

(1) *Rev. des Ind. et des sc. chim. et agr.*, 1879, p. 744.

(2) Voir Rümpler, *loc. cit.*, p. 48.

(3) Rümpler, d'après *Zeitsch. des Ver. für die Rübenzuck. des Deutschen Reiches*, 1896, p. 385.

possible de tirer des travaux des nombreux savants qui se sont occupés de la betterave.

Ces essais furent effectués avec des betteraves de *Dippe Klein-Wanzleben*, *Klein Wanzleben originale*, *Vilmorin de Dippe*, avec et sans fumure de kainit. Dans chaque cas, les parcelles reçurent une fumure de fond identique, contenant de l'acide phosphorique soluble, du nitrate de soude et de la chaux. On obtint les résultats moyens suivants :

	Tenour en mat. sèche		Cendres pures		100 parties de matières sèches contiennent :													
					K ² O		Na ² O		CaO		MgO		P ² O ₅		Cl			
	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans		
	Kainit		Kainit		Kainit		Kainit		Kainit		Kainit		Kainit		Kainit			
	0 0	0/0	0/0	0 0	0/0	0 0	0 0	0/0	0/0	0/0	0/0	0 0	0/0	0 0	0/0	0/0		
Sol argileux..	22.7	21.9	2.52	2.21	0.93	0.67	0.62	0.64	0.41	0.47	0.28	0.33	0.14	0.12	0.26	0.10		
Sol sablon- neux.....	21.7	22.0	2.78	2.41	1.04	0.74	0.64	0.60	0.42	0.61	0.23	0.22	0.21	0.19	0.24	0.11		
Sol marécageux.....	18.2	19.2	3.93	3.25	1.52	1.16	1.08	1.06	0.26	0.49	0.27	0.28	0.18	0.18	0.61	0.37		

Au point de vue de la teneur en cendres des betteraves, les différents sols se classent donc comme dans la pratique. Le sol argileux a donné les betteraves les moins chargées en sels, il s'est donc montré supérieur aux 2 autres. Quant au sol marécageux il s'est montré nettement inférieur, ce qui était à prévoir d'ailleurs.

105. Influence de la fumure. — Il n'est pas besoin de s'étendre beaucoup sur l'influence de la fumure sur la teneur en cendres des betteraves. Une fumure trop abondante fera à coup sûr monter cette teneur, surtout si les éléments en sont mal dosés. Il est bien évident que si le nitrate de soude est en excès, la plante en absorbera plus qu'elle ne pourra s'en assimiler. Il en est de même pour une fumure organique azotée trop copieuse. Nous avons vu, dans les essais précédemment cités de la station de Halle, que l'action de la kainit avait occasionné presque partout un relèvement de la teneur en cendres. D'autre part il résulte des expériences d'Hellriegel (1) que la composition de la récolte, feuilles et racines, dans un sol où manque l'un des éléments nutritifs, ou ne le recevant qu'en quantité insuffisante, peut descendre jusqu'aux limites suivantes, rapportées à la matière sèche :

(1) Résult. des rech. sur les subst. nécess. à la bell. Dtsch. Zuckerind., 1893, p. 946.

Az	au-dessous de	0,9 0/0
P ² O ⁵	» »	0,3 0/0
K ² O	» »	0,4 0/0

Par contre, avec une alimentation riche, on peut obtenir :

Az	au-dessus de	2 0/0
P ² O ⁵	» »	1 0/0
K ² O	» »	3 0/0

L'action de la fumure dépend naturellement de la nature du sol sur lequel elle est répartie et on ne peut à ce sujet dire autre chose que des généralités. La pluie, la lumière, la chaleur, les façons culturales sont autant de facteurs qui influencent le mode d'agir des engrais répandus (1). On pourrait aussi rapprocher de ces faits les constatations faites par von Seelhorst (2) sur la consommation d'eau par les végétaux sous l'influence de la fumure ; cet auteur a établi qu'en règle générale, la consommation d'eau est d'autant plus forte que la fumure correspond le moins aux besoins de la plante ; elle est toujours plus faible lorsque les proportions des éléments de la fumure s'adaptent exactement aux conditions de la végétation.

106. Influence de l'espacement. — L'espacement des racines exerce une influence considérable sur la teneur en cendres ; il paraît bien évident qu'une betterave disposant d'une grande surface chargée d'engrais, absorbera ceux-ci en bien plus grande abondance qu'une racine végétant sur un petit espace.

C'est ce qui résulte en effet des expériences de Garola. Cet expérimentateur (3) a fait l'analyse d'un échantillon moyen de racines cultivées à grande distance et de racines serrées. En combinant les rendements en poids avec la composition centésimale, il a calculé le produit à l'are pour chaque cas. Les résultats sont consignés ci-après.

	Espacement des racines		Différences en faveur des petites betteraves
	220 à l'are	744 à l'are	
	k.	k.	k.
Eau	782,09	744,28	— 40,81
Cendres	8,95	9,80	+ 0,85
Matières albuminoïdes	3,98	4,74	+ 0,76

(1) Voir à ce sujet : Petermann, *Recherches de Chim. et de Phys. app. à l'agr.*, 2, 23, 1894.

(2) *J. f. Landwirtschaft*, 47, p. 369, 1899.

(3) Voyez : Léopold M., *La Betterave fourragère. Progrès agricole*, 1897, p. 293.

	Espacement des racines		Différences en faveur des petites betteraves
	220 à l'are	744 à l'are	
	k.	k.	k.
Substances azotées diversés.	6,30	6,27	— 0,03
Nitrate de potasse	4,33	0,40	— 0,93
Sucre cristallisable.	46,58	28,14	+ 11,56
Graisse	0,16	0,24	+ 0,08
Matières indéterminées.	7,35	6,99	— 0,36
Cellulose brute.	5,39	6,43	+ 1,04

Dans le premier cas, pour 1 k. de sucre il y a 0.54 de cendres et dans le second seulement 0.34.

107. Influence de l'effeuillage. — La pratique de l'effeuillage a pour ainsi dire complètement disparu de nos campagnes. Nous n'en parlerons donc que d'une façon succincte et plutôt à titre documentaire.

L'effeuillage semble avoir pour effet de faire monter la teneur en cendres des betteraves. Corenwinder (1) a trouvé que le jus de betteraves effeuillées présentait, comparativement au jus de betteraves non effeuillées, la composition suivante :

	Bett. non effeuillées	Bett. effeuillées 20 jours après l'effeuillage
Densité du jus.	1.052	1.036
Sucre au décilitre de jus.	14 ^{gr} 33	6 ^{gr} 74
Cendres » »	0 ^{gr} 703	0 ^{gr} 738

Nous savions déjà que l'effeuillage faisait baisser la teneur en sucre et de ce que nous avons appris sur la concordance entre la teneur en sucre et la teneur en cendres nous devons *a priori* déduire que cette dernière devait augmenter. C'est ce qu'ont montré en effet les essais de Corenwinder ainsi que ceux de Violette (2). Au reste, déjà avant 1844 l'effeuillage était considéré comme une pratique défectueuse (3).

108. Influence de la montée à graines. — Il arrive souvent, que par un retour d'atavisme provoqué par des circonstances diverses, la betterave monte à graine en première année. Il était intéressant de se demander quelle était la quantité de cendres renfermées dans ces betteraves. Pellet (4) a trouvé dans la racine 4,93 0/0 de cendres, soit une

(1) *C. R.* 6 décembre 1876.

(2) Voir aussi : Vivien. *Traité compl. de la fabr. du sucre*, p. 288, 1876.

(3) Voyez : V. Rendu. *Agriculture*. Manuels Roret, 1844, p. 78.

(4) *Anal. compar. de bett. norm. et mont. à graines*. *Rev. des ind. et des sc. ch. et agr.*, 1879, p. 744.

quantité moindre que dans les racines normales qui en contenaient 5,53 0/0 (de la matière sèche). Le chiffre afférent aux feuilles était de 17,3 0/0, c'est-à-dire également moindre que dans les feuilles de betteraves normales (26,70 0/0 de matières sèches). Par contre, en rapportant ces résultats au végétal entier, il trouvait un poids total de cendres de 89 gr. 95 pour un poids total de sucre de 282 gr. (13 gr. 4 0 0 dans la racine). Soit pour cent de sucre, 31,829 de cendres.

Vivien avait déjà constaté le même fait.

Voici encore des analyses de Vivien exécutées en 1898, qui confirment ce que nous venons de rapporter (1).

Betteraves montées à graines prises à côté de betteraves non montées.

Graine Schreiber semée les 16 et 17 avril. Arrachage du 18 octobre.

Fumure : suint de laine.

		Betteraves	
		Normales	Montées à graines
Poids moyen	Racines.	0,253	0,285
	Collets.	0,026	0,044
0/0 kg.	Sucre (dosage direct).	18,50	19,20
	Cendres alcalines (2).	0,82 = 2,96 0/0 m. s.	0,70 = 2,50 0/0 m. s.
	Glucose et mat. organiques diverses. . .	8,48	7,10
	Eau	72,20	73,00
		100,00	100,00

Pagnoul (3) a aussi obtenu des résultats du même ordre ; nous les résumons ci-après :

Dans une première expérience on a examiné des betteraves provenant d'un même champ et arrachées le 20 septembre.

On a fait l'analyse du jus obtenu par râpage et pression ; le marc a été dosé sur 10 gr. de pulpe fine soumise dans un double filtre à un lavage de plusieurs jours. Sur une partie de la pulpe desséchée on a dosé l'azote et, après calcination, les chlorures et les carbonates alcalins ; ces derniers ont été exprimés en sels potassiques.

La partie aérienne a été réduite en pulpe, une partie de celle-ci a été pressée pour donner du jus dans lequel on a dosé le sucre cristallisable.

Un second essai a été fait avec des betteraves prélevées sur une terre appartenant à une région différente de la première. Nous groupons les résultats obtenus dans un même tableau, afin de mieux montrer leur concordance :

(1) Analyses inédites.

(2) Alcalinité des cendres exprimée en NaOH : 0 k. 398, 0 k. 318.

(3) *Bl. suc. et dist.*, 8, p. 302, 1890.

	1 ^{re} Expérience		2 ^e Expérience	
	Ordinaires	Montées	Ordinaires	Montées
Poids de la racine.	450	510	805	620
Poids de la partie aérienne (1). .	375	595	570	735
Partie aérienne pour 100 de racines.	83	116	71	118
Densité du jus	7 ^o 2	6 ^o 5	6 ^o 5	6 ^o 3
Sucre au décilitre	15,52	16,36	14,06	14,17
Pureté	83	94	83	87
Non-sucre.	3,19	1,04	2,82	2,18
Insoluble pour 100 de racines. .	4,75	6,50	5,30	5,00
D'où : jus en poids.	95,25	93,50	94,70	95,00
Sucre pour 100 de racines. . .	13,79	14,36	12,50	12,66
Azote pour 100 de racines. . .	0,252	0,142	0,202	0,155
Carbonate de potassium pour 100 de racines	0,465	0,402	0,344	0,295
Chlorure de potassium pour 100 de racines	0,021	0,017	0,028	0,021
Sucre cristallisable pour 100 de la partie aérienne.	0,16	1,46	0,53	1,07
Azote pour 100 de la partie aérienne	0,287	0,346	0,295	0,438
Carbonate de potassium pour 100 de la partie aérienne	1,159	1,151	0,349	0,649
Chlorure de potassium pour 100 de la partie aérienne.	0,210	0,227	0,337	0,376
Azote total de la racine	1,134	0,724	1,626	0,961
Azote total de la partie aérienne.	1,076	2,059	1,681	3,219

Dans la première expérience la pureté était normale pour les betteraves ordinaires, tandis que dans les betteraves montées, le jus était plus riche, la densité plus faible et par suite, la pureté exceptionnellement élevée. La proportion de jus dans les betteraves montées était un peu inférieure au chiffre normal ; ce léger accroissement des matières insolubles, insuffisant pour diminuer la richesse de la racine, correspond néanmoins à une modification sensible de ses tissus qui deviennent de plus en plus durs et ligneux.

Les sels alcalins et surtout les matières azotées, sont en quantités plus grandes dans les racines normales que dans les racines montées et Pagnoul voit là l'explication des différences de pureté signalées plus haut.

La partie aérienne contenait, d'après l'observation saccharimétrique, une quantité de sucre très appréciable et même assez élevée dans les betteraves montées. Toutefois, étant donné la présence d'autres sucres, l'exactitude du dosage du sucre cristallisable dans les organes verts nous paraît douteuse.

(1) Non compris les collets qui ont été rejetés.

A l'inverse de ce qui a été constaté pour les racines, la partie aérienne des betteraves montées est plus riche en azote et en sels alcalins que celle des betteraves normales ; ce renversement est surtout sensible si on examine le poids total de l'azote dans les deux parties de la plante.

Dans la seconde expérience, le poids moyen de l'échantillon des racines montées se trouve être plus faible que celui des racines normales ; il y a moins de différences dans les densités et dans les richesses en sucre ; la pureté, dans les racines montées, ne dépasse plus les limites ordinaires ; enfin, l'insoluble est représenté par un chiffre normal et, en même temps, on trouve un peu moins de résistance au râpage que dans le cas précédent. Mais, à part ces petites différences, toutes les relations obtenues dans le premier essai sont les mêmes, de même sens et conduisent aux mêmes conclusions.

Il paraît donc résulter de ces analyses que les racines montées, tout en devenant parfois plus dures et plus ligneuses, possèdent une quantité de jus qui n'est pas très inférieure à celle des betteraves ordinaires, que leur richesse en sucre est au moins égale, et que leur pureté est beaucoup plus grande.

Ce dernier fait s'explique par le transport de l'azote et des sels alcalins dans les parties supérieures de la plante et il pouvait facilement se prévoir. On sait, en effet, qu'au moment de la floraison, les forces vitales de la plante paraissent se concentrer dans la fleur et dans le fruit dont la formation représente le but final auquel elle doit aboutir et que les matières salines et surtout azotées y sont abondamment entraînées. Ce fait a été établi depuis longtemps pour le blé, par Isidore Pierre ; Pagnoul l'a également constaté, pour l'œillette. C'est une loi générale à laquelle la betterave doit être également soumise.

Une observation paraît aussi pouvoir se déduire des proportions de sucre trouvées dans la partie aérienne. Elles ont été, p. 100, de 0,16 et de 0,53 dans les feuilles de betteraves normales, et de 1,46 et 1,07 dans la partie aérienne des betteraves montées.

Or, on sait que Aimé Girard a déjà constaté la présence du sucre cristallisable dans les organes foliacés de la plante, qu'il a établi que ce sucre, formé dans les feuilles sous l'influence de la lumière descend et s'accumule dans la racine et qu'il s'y maintient jusqu'à la récolte, quelles que soient les conditions météorologiques auxquelles la plante se trouve soumise. Ces conclusions, d'après ce qui précède, seraient encore vraies pour les betteraves montées prématurément en graines, et il est alors facile d'expliquer l'accroissement de richesse de leur partie aérienne. L'élaboration du sucre doit en effet persister dans les feuilles supérieures, tandis que son transport dans la racine doit se trouver entravé par la longueur et par la texture plus ligneuse des tiges dans lesquelles semblent

d'ailleurs dominer alors des courants ascendants destinés à entraîner vers la fleur les substances nécessaires à son développement. Les faits qui précèdent paraissent donc confirmer encore les idées émises par Girard.

109. Influence des maladies sur la teneur en cendres. — Certaines ou pour être plus catégorique, toutes les maladies influent sur la teneur en cendres des betteraves, soit que se déclarant dès le début de la végétation elles aient influé sur le processus général de la nutrition, soit que se développant tardivement elles aient entravé la formation de la matière organique ou entraîné sa décomposition ; cette matière organique a dès lors varié, par rapport à la quantité de matières minérales. Parfois même, ces diverses maladies influent sur la quantité de l'un ou de plusieurs des éléments constituant des cendres, au détriment des autres.

Stoklasa (1) a trouvé chez les betteraves nématodées, une diminution notable de la teneur en cendres et surtout de la teneur en potasse de ces cendres.

En 1893, Geschwind a examiné des feuilles de betteraves atteintes par la maladie appelée *Jaunisse de la betterave* ; il a constaté un accroissement considérable de la teneur en cendres (2).

Les betteraves rhizoctoniées paraissent aussi plus salines que les betteraves saines, cela résulte d'une étude sur la *Rhizoctonia violacea*, publiée par Vivien (3).

Nous pourrions citer beaucoup d'autres exemples de l'influence, toute naturelle d'ailleurs, des maladies des betteraves sur la teneur en cendres ; il nous paraît cependant que ceux qui précèdent suffisent pour montrer l'importance de cette cause de variation. Nous passerons maintenant à l'étude des éléments constituant des cendres.

§ 3.

ÉTUDE DES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DES CENDRES

110. Potasse. — Parmi les éléments qui constituent les cendres, nous devons d'abord, à plus d'un titre, arrêter notre attention sur la potasse. Elle constitue en effet la masse la plus importante des cendres et nous verrons par la suite qu'elle semble jouer un rôle physiologique très

(1) Stoklasa. *Recherches chimiques dans le domaine de la phytopathologie. Sucrerie indigène*, 46, 340, 1895.

(2) L. Geschwind. *Revue de Chimie analytique*, p. 263, 1895.

(3) *Sucrerie indigène*, 55, p. 33, 1900.

important. Nous avons déjà pu juger d'ailleurs, au cours de ce travail, de la place prise par la potasse dans la constitution des cendres. Nous avons vu, d'après le tableau tiré de Rümpler, que la betterave renferme dans sa matière sèche, au maximum 6,6 0/0 de cendres contenant 78,1 0/0 de K_2O , et au minimum 2,5 0/0 avec 26,9 0/0 K_2O . Même dans les feuilles, où sa teneur s'abaisse, elle occupe encore, quantitativement, le premier rang. En effet, d'après le même tableau, les feuilles renferment dans les matières sèches, au maximum 29,2 0/0 de cendres contenant 44,2 0/0 de K_2O et au minimum 8,3 0/0 avec 12,6 0/0, K_2O . Il est d'ailleurs à remarquer que la prédominance de la potasse dans les cendres n'est pas un fait isolé et spécial à la betterave, mais un fait presque général chez les végétaux terrestres (chez les végétaux marins, c'est la soude qui prédomine). Il est donc permis de conclure de là, que cet élément joue dans la vie des plantes un rôle très important. Nous ne connaissons pas encore bien exactement ce rôle. Mais *a priori*, on peut penser, que chez les betteraves à sucre au moins, les engrais potassiques doivent exercer une heureuse influence. Cependant, pratiquement, pour ce cas particulier, la question de la potasse est encore fort discutée et il suffit de lire le résumé si complet de Maercker (1) sur les fumures de potasse, pour se convaincre qu'il n'existe peut-être pas de question de chimie agricole sur laquelle l'accord soit si peu fait.

Pour se faire une opinion quelque peu précise de cette question, il est d'ailleurs indispensable de la voir sous toutes ses faces.

Nous avons mentionné que dans les essais déjà cités de Schneidewind et H. C. Müller, l'application d'une fumure de kaïnit avait eu pour premier effet de faire augmenter la teneur en cendres des betteraves ainsi que la potasse de ces cendres. Ce fait avait déjà été constaté par J. Hanamann (2) dans des essais parallèles avec des sels purs, phosphatiques, potassiques et ammoniacaux.

Il avait en effet trouvé :

Désignation des essais	Dans les racines :				Dans les feuilles :		
	Matières sèches 0/0	Cendres pures dans la matière sèche	Dans les cendres pures		Cendres pures dans la matière sèche	Dans les cendres pures	
			K_2O	Na_2O		K_2O	Na_2O
Moyenne des par- celles sans po- tasse	20.26	3.17	47.75	5.67	12.04	20.61	12.79
Moyenne des par- celles avec po- tasse.....	21.67	3.37	50.75	4.58	12.17	23.00	14.07

(1) *Die Kalisalze und ihre Anwendung in der Landwirtschaft.*

(2) Voir : Rümpler, d'après *Land. Jahrb.* 7, p. 795, 1878, et 8, p. 823, 1879.

Ou, en calculant pour la matière fraîche :

	Sans fumure de potasse 0/0	Avec fumure de potasse 0/0
Cendres pures de la betterave	0,642	0,730
Potasse de la betterave	0,3066	0,3605
Soude de la betterave.	0,0365	0,0336

L'influence des fumures potassiques sur l'augmentation de la teneur en potasse des betteraves est encore bien démontrée par d'autres essais de Schneidewind et H. C. Müller, dans lesquels ils ont étudié comparative-ment l'action des nitrates de potasse et de soude purs (1).

Les fumures potassiques ont eu pour effet, dans les racines, de faire augmenter la teneur en potasse et diminuer la teneur en soude. Les fumures de nitrate de soude ont eu une action inverse ; mais il est bon de faire remarquer que, pour les feuilles, un accroissement de la fumure potassique fait au contraire baisser la teneur en potasse et augmenter celle en soude.

L'influence de la fumure potassique se traduit donc par une augmentation de la teneur en cendres et de la richesse de ces cendres en potasse.

Voyons maintenant s'il existe un rapport entre la teneur en sucre et la teneur en potasse. Sur cette question il a été publié de très nombreux résultats, aboutissant à des conclusions très différentes. Aussi, pour ne pas développer inutilement ce sujet, ne citerons-nous que quelques travaux.

Champion et Pellet (2) contrairement à ce qu'avait trouvé Corenwinder en 1871 (3) semblaient constater en 1876 qu'il existe effectivement un rapport de ce genre. Ces expérimentateurs déduisaient de leurs analyses que 100 k. de sucre exigent pour leur formation, la présence dans le végétal entier de 5 k. 7 à 5 k. 3 de K²O et cela que les betteraves contiennent 10 ou 15 0/0 de sucre. Mais, Pellet (4) infirmait bientôt cette conclusion, et trouvait que 100 k. de sucre ne demandent que 3 k. à 5 k. de potasse.

Joulie (5) conclut dans son travail : *Influence des divers éléments des engrais sur le développement de la betterave et sa richesse saccharine*, que la potasse

(1) *Zeitsch. d. Ver. f. die Rubenzuckerind. d. Deuts. Reiches*, 1896, p. 374.

(2) *De la betterave à sucre*, 1876. Voir aussi : Hanamann. *Essais sur la nutrition de la betterave à sucre*. *Scheiblersches Neue Zeitsch.*, 8, p. 349, 1879.

(3) Corenwinder. *Recherches chimiques sur la betterave*. 5^e Mémoire *Répartition des matières minérales dans la racine de cette plante*. *C. R.* 10 juillet 1871 et *Monit. Scient.* 1871, p. 587.

(4) *V. Agenda du fabricant de sucre et du distillateur*, 1891-92, p. 431.

(5) *Monit. scient.* 1876, p. 281 et *C. R.* 24 janvier 1876.

augmente dans la betterave quand elle augmente dans les engrais, mais sans profit pour la richesse saccharine et en rendant au contraire les betteraves plus salines.

Pagnoul (1), lui, a constaté des chiffres allant très régulièrement en sens inverse de la richesse. Des betteraves : *globe jaune*, lui ont donné à l'état sec environ 3 fois plus de potasse que les betteraves à sucre.

J. Graftiau (2) arrive à une conclusion à peu près semblable en comparant les chiffres trouvés par Petermann (3) en 1885-1886 avec ceux qu'il a lui-même obtenus en 1898. Cette comparaison lui montre en effet, pour les betteraves considérées à l'état frais :

Sucre.	41,813	14,637	19,600
Potasse.	0,334	0,219	0,190

Cependant, Pagnoul, dans l'article précité, après avoir constaté que la teneur en potasse semblait être en raison inverse de la teneur en sucre, ajoute :

« *L'influence favorable ou défavorable de la potasse pour la production du sucre dans la betterave a été assez souvent discutée. Il est bien établi que les cendres alcalines sont plus abondantes dans les betteraves pauvres que dans les betteraves riches, mais il serait inexact d'en conclure que la potasse est nuisible à la production du sucre. De ce qu'une betterave pauvre absorbe plus de potasse qu'une betterave riche, il n'en résulte aucunement que cette plus grande faculté d'absorption soit la cause de son infériorité et les expériences faites antérieurement à la station paraissent au contraire démontrer l'utilité de la potasse dans la culture de la betterave riche* ».

Cette opinion de Pagnoul a été confirmée par différents auteurs, entre autres, par Schneidewind et Müller. Ces savants ont tiré de leurs essais, effectués avec de la kaïnît, cette conclusion : *que si les fumures à la kaïnît font augmenter la teneur en cendres des betteraves, la teneur en sucre ne décroît pas proportionnellement à cette augmentation* (4).

Au contraire, l'application de la kaïnît a fait monter la teneur en sucre dans la plupart des cas. Dans les expériences faites en 1892 et 1894 les mêmes expérimentateurs ont constaté que non seulement la teneur en sucre a été peu influencée par l'application de la kaïnît, ou l'a été favorablement, mais aussi que le rendement en sucre à l'hectare a augmenté considérablement, le rendement en poids ayant été aussi influencé d'une manière très favorable.

(1) *La Betterave*, 14 mai 1898, p. 192. Voir aussi : *Bl. St. Agr. P.-de-C.*, 1897, p. 231.

(2) *Comp. de bett. de la camp.*, 1898. *Sucrierie belge*, p. 355, 1899.

(3) *Rech. de chim. et de phys. appli. à l'agr.*, 2, 1895.

(4) Voir *Bl. suc. et dist.*, 14, 541, 1896 d'après : *Journ. de la soc. agr. du Brabant*.

Ces résultats sont en désaccord avec ceux qui avaient été trouvés précédemment par divers savants tels que P. P. Dehérain, Petermann, etc.

P. P. Dehérain (1) constata, en 1866 et 1867, que les sels de potasse de Stassfurt qu'il avait expérimentés sur des cultures de betteraves, n'avaient exercé aucune action ni sur la qualité, ni sur la quantité des betteraves récoltées. Ces résultats furent confirmés par d'autres agronomes.

Petermann (2), étudiant pendant 8 années l'action du chlorure de potassium dans diverses conditions constata que, s'il élève légèrement le poids de la récolte, il exerce par contre une dépression de la richesse, si sensible que le poids de sucre produit à l'hectare diminue au point de mettre la culture en perte.

D'autres essais, exécutés par la suite et ayant en vue l'étude de l'influence de l'époque d'application du chlorure de potassium, conduisirent à cette conclusion : que la dépression de l'élaboration du sucre s'accroît, au fur et à mesure que l'époque de l'application de ce sel se rapproche du moment du semis (3). En effet, Petermann obtint en 1888, les résultats suivants :

Sans engrais potassique.	14,31 0/0 de sucre	
Chlorure de potassium épandu sur la récolte précédente	14,26 0/0	» (4)
» » » avant l'hiver.	14,23 0/0	»
» » » après l'hiver.	13,96 0/0	»

Il est à remarquer, de plus, que dans tous les cas, la culture était en perte. D'après Stoklasa (5), le parenchyme des feuilles de betteraves fumées avec une forte quantité de chlorure de potassium, contient moins de grains d'amidon et ceux-ci sont plus petits que chez les feuilles de betteraves normales. Ces mêmes betteraves accusaient une teneur en sucre moindre que les betteraves n'ayant pas reçu de chlorure de potassium et une teneur en furfuroïdes (pentosanes, etc.) plus élevée. La formation de ces furfuroïdes, semble donc avoir eu lieu ici aux frais du saccharose et de l'amidon. Cependant nous ne pouvons incriminer la potasse et il est fort probable que le chlore a joué le principal rôle ; nous savons en effet, que d'autres sels de

(1) *Les plantes de grande culture*, 1898, p. 190.

(2) *Recherches de chim. et de phys. appl. à l'agr.*, p. 63.

(3) La dépression moindre de la richesse saccharine lorsque le chlorure de potassium est employé très tôt, peut s'expliquer par ce fait, que dans ce cas, le chlore se fixe sur différents corps, la chaux par exemple et que sous ce nouvel état il est entraîné par les eaux de drainage ; or, comme nous le verrons plus tard, le chlore exerce une action déprimante sur l'élaboration du saccharose.

(4) Faisons remarquer qu'il est sans inconvénient, au point de vue de la déperdition, de faire usage des fumures potassiques longtemps avant le semis de la betterave. On sait en effet que la potasse, même soluble, est retenue énergiquement par les sols, et qu'il n'y a aucune crainte de la voir s'éliminer dans les eaux de drainage.

(5) Stoklasa. *Ueber die physiologische Bedeutung der Furfuroïde, etc. Z. Zuckerindustrie in Böhmen*, 1899, p. 303.

potassium, le sulfate entre autres, produisent sur la végétation de la betterave des effets tout différents de ceux donnés par le chlorure. Des essais effectués avec ce sulfate de potassium conduisirent à une augmentation de la production saccharine, sans augmentation ni diminution du poids de betteraves récolté. Le sulfate potassique, employé au printemps, a fourni les résultats suivants :

	1888		1889
	0/0	0/0	0/0
Richesse saccharine des betteraves sans engrais.	14,29	13,49	14,15
Richesse saccharine des betteraves avec fumure phosphatée et azotée.	14,31	13,30	14,33
Richesse saccharine des betteraves avec fumure contenant de l'acide phosphorique, de l'azote et du sulfate de potasse.	14,65	13,87	14,47

Le nitrate potassique, comparé au chlorure, donna des richesses en sucre plus élevées mais néanmoins plus faibles que le sulfate.

L'emploi des fumures potassiques donne donc des résultats extrêmement variables selon les expérimentateurs et selon les conditions de l'expérience.

La nature du sel de potasse employé comme engrais joue un rôle considérable ainsi que l'époque de son application. Il est un point cependant dont on n'a pas assez tenu compte, en général, dans l'étude de la question de la potasse, et sur lequel nous désirons appeler l'attention. C'est l'influence de la nature du sol. En effet, si certaines terres de formation triasique, celles formées par le grès vosgien, par exemple, ne contiennent que de faibles quantités de potasse, parfois pas plus de 0,03 pour mille, si quelques terres appartenant à d'autres formations, à la formation crétacée, entre autres, sont aussi très pauvres, la grande généralité des terrains cultivés en betteraves en renferment une quantité plus que suffisante pour les besoins de nombreuses récoltes. Il faut en effet considérer que les racines de la betterave vont puiser la potasse qui leur est nécessaire jusqu'à une profondeur considérable dans le sous-sol. Les feuilles restituent une partie de la potasse exportée puisqu'elles sont laissées sur le sol. La pulpe donnée aux bestiaux contribue aussi, faiblement il est vrai, à cette restitution.

De plus, la betterave est essentiellement une *plante à potasse*. Elle s'assimile cette base avec une facilité extraordinaire. Nous n'en voulons pour exemple que cette expérience de Hellriegel, dans laquelle des betteraves ayant végété sur du sable lavé avec HCl, privé par conséquent de potasse soluble et n'en renfermant plus à l'état insoluble que de faibles quantités, contenaient cependant dans leurs cendres des quantités notables de cette base. La betterave, à défaut de potasse soluble, s'assimile donc la potasse insoluble contenue dans les sols à l'état de silicates divers,

de fragments détritiques, de feldspath, de gneiss, etc. Dans ces conditions l'emploi des engrais potassiques peut être, dans la plupart des cas, inutile et même désavantageux, en ce sens qu'il excite la betterave à en absorber une quantité anormale.

Dans les résultats d'essais de fumures potassiques, cités plus haut, on remarque que, en dehors de leur action sur l'augmentation de la teneur en cendres et de la teneur de ces cendres en potasse, elles ont pour effet de faire baisser leur teneur en chaux. Or, nous verrons plus loin que la chaux remplit un rôle physiologique important dans l'organisme des plantes; elle fixe l'acide oxalique, produit de déchet du chimisme de la cellule, probablement de l'assimilation des nitrates et de leur transformation en albuminoïdes, sous une forme insoluble, l'oxalate de chaux. Or nous connaissons l'acide oxalique comme un poison cellulaire très violent et O. Læw a montré l'action toxique de cette substance sur les noyaux des cellules. Une fumure exagérée de sels potassiques aura donc pour effet de faire passer dans l'organisme de la plante, un excès de potasse, qui, remplaçant une certaine quantité de chaux, formera une quantité équivalente d'oxalate de potasse, corps soluble, pouvant dès lors exercer son action toxique sur les noyaux cellulaires et les grains chlorophylliens.

On doit donc être très prudent dans l'emploi des fumures potassiques; néanmoins il est des terres où ces fumures donnent d'excellents résultats; dans leur application il faut connaître avant tout la nature du sol sur lequel on doit en faire usage.

Si on n'est pas d'accord sur l'emploi et l'action des diverses fumures potassiques, on est mieux fixé sur le rôle joué par la potasse dans l'intérieur des cellules, ou plutôt, sur le fait brutal résultant de son absence ou de sa présence, car on n'a pas encore pénétré le chimisme intime de son action.

Nobbe (1) a pu démontrer qu'en l'absence de la potasse les grains chlorophylliens sont incapables de former de l'amidon. La potasse aurait donc une action immédiate dans l'élaboration des hydrates de carbone. Ce fait d'ailleurs n'est pas pour nous surprendre. Nous savons que la plupart des plantes dites : *plantes à potasse*, élaborent en général une grande quantité de ces hydrates de carbone; telles sont la *vigne*, la *betterave*, la *pomme de terre*, les *lichens*, etc. Nous savons de plus, que la potasse se rencontre en abondance, dans tous les tissus où viennent s'accumuler ces hydrates de carbone, et Liebig dit que partout ces corps sont associés. Comme les hydrates de carbone concourent à la formation de la matière même des divers tissus, nous devons en conclure que la potasse est un élément essentiel de la vie des plantes.

(1) *Landwirthschaftl. Versuchsstationen*, 18, 1875.

Mais, si la présence de la potasse est nécessaire à la formation de l'amidon et des autres hydrates de carbone, elle doit aussi influencer sur l'élaboration du saccharose, que ce saccharose soit, comme c'est l'opinion de quelques-uns, un produit direct de l'activité chlorophyllienne, soit qu'il résulte, comme le pensent le plus grand nombre, de la polymérisation d'hydrocarbures plus simples, soit encore qu'il provienne de la transformation de l'amidon en glucose sur lequel viendrait agir une diastase saccharogénique. Petermann et Kohlrausch (1), ont constaté cette influence ; ils ont reconnu que, dans un sol artificiel et stérile, l'énergie de l'élaboration du saccharose augmente avec la proportion de potasse ajoutée. Cette conclusion a été plus tard confirmée par Strohmmer (2).

Plus récemment, Hellriegel (3) publia le résultat de ses travaux et formula des conclusions identiques. Il en résulte que non seulement la privation de potasse a fait diminuer fortement le poids total de la matière sèche ainsi que la teneur en sucre, mais aussi que, proportionnellement au poids total de la plante, le poids de la racine s'est abaissé d'une façon beaucoup plus considérable que le poids des feuilles. Le potassium paraît donc bien jouer un rôle dans la *production* des hydrates de carbone. Étant donné les poids des racines et des feuilles dans la série d'essais sans potasse on peut encore conclure que : Le peu d'amidon que les feuilles ont élaboré n'a pu émigrer dans la racine car le poids de celle-ci est resté très minime. La potasse semble donc avoir aussi une action sur la *migration* des hydrates de carbone. Hellriegel est d'accord avec Nobbe puisque celui-ci avait conclu de ses essais que la potasse est nécessaire à la formation des hydrates de carbone et qu'en combinaison avec le chlore elle est la cause de la migration de ces hydrates de carbone.

Ces conclusions d'Hellriegel ont d'ailleurs été confirmées un peu plus tard par Willfarth (4). Cet auteur dit même que dans ces dernières années, en cultivant des betteraves dans du sable en l'absence de la potasse, on a pu obtenir des racines ne contenant que 0,2 0/0 de sucre. Il a de nouveau confirmé cette conclusion en 1901 (5).

Le même auteur indique que les essais qui ont porté sur d'autres plantes ont permis de constater que le manque de potasse influe identiquement sur la *pomme de terre, le tabac, le froment, etc.*

Le rôle que joue la potasse dans la formation et la migration des hydrates de carbone peut aussi se déduire d'un autre genre d'observations. Dans la première période de son développement, les cendres de la

(1) *Organ des Vereins für Rübenzucker-Industrie*, 1872.

(2) *Oest. Ungarische Z.*, 1889.

(3) *Résult. des rech. sur les subst. nécess. à la bett. Dtsch Zuckerind.*, 1893, p. 946.

(4) *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 255, 1897.

(5) *Verein Dtsch. Zuckerind.*, 1901.

betterave contiennent relativement plus de potasse qu'à la fin (1). Or, c'est précisément dans cette première période que la betterave se constituant elle-même, l'activité des phénomènes d'assimilation est la plus active et la formation d'hydrate de carbone la plus grande, proportionnellement au poids même de la plante. Citons aussi ce fait que chez les betteraves nématodées qui fabriquent peu d'hydrates de carbone, la proportion de potasse dans les cendres diminue considérablement.

Mais, si nous connaissons, en partie du moins, le rôle joué par la potasse dans la vie des plantes, nous sommes moins avancé en ce qui concerne le mode d'action de cette potasse.

Sachs (2) se borne à analyser l'expérience de Nobbe, et au point de vue de ce mode d'action n'entre que dans de très vagues généralités.

Cauvet (3), se basant sur les expériences de Flückiger, pense que certains sels de potassium favorisent la transformation de l'amidon en amidon soluble et attribue aussi un rôle au chlorure de calcium. Il est possible que l'amidon se combine à la potasse dans la cellule. On a pu en effet obtenir le composé $C^{24}H^{39}O^{20}K$ ou amidon potassique et $C^{24}H^{39}O^{20}Na$ amidon sodique (4).

Timiriazev, Reinke et d'autres, sont d'avis que par l'action de l'hydrogène à l'état naissant provenant de la décomposition de l'eau, sur la chlorophylle, il se forme de la protophylline qui réduit l'acide carbonique contenu dans les grains chlorophylliens en carbonyle, lequel forme avec l'hydrogène la combinaison CH^2O , qui se polymérise en hydrocarbure sous l'action des sels potassiques contenus dans le protoplasma alcalin.

Willfarth (5) pense que la potasse n'agit pas directement dans la formation de l'amidon et il incline à croire qu'elle ne fait que neutraliser certains acides qui rendraient la plante malade.

Ce ne sont là que pures hypothèses, et la vérité est que nous ne savons rien sur les réactions qui se passent dans l'intérieur de la cellule.

Sous quelle forme la potasse entre-t-elle dans l'organisme de la betterave et quelles sont les combinaisons qu'elle y forme ? C'est une question qu'il est difficile de résoudre, et sur laquelle nous possédons peu de données. Nous savons seulement que la potasse peut être absorbée par la betterave sous des formes très diverses, chlorure, sulfate, nitrate, etc., et qu'elle peut par conséquent se trouver dans les tissus sous ces formes. On la rencontre encore dans la plante, combinée à des acides organiques tels que l'acide oxalique, l'acide malique, probablement à l'acide tar-

(1) X... *Sucrerie indigène*, 43, III, 1894, d'après *Sucrerie belge*.

(2) *Traité de botanique*, p. 816. Savy, 1874.

(3) *Anatomie et physiologie végétale*, p. 21 et 147. J. B. Bailliére, 1885.

(4) Tollens et Bourgeois. *Hydrates de carbone*, p. 177.

(5) *Bt. suc. et dist.*, 15, p. 255, 1897.

trique et à l'acide acétique (1). Peut-être s'y trouve-t-elle aussi, comme l'a admis Leplay, sous la forme de bicarbonate (2). Nous ne pouvons nous étendre davantage sur ces questions si nous ne voulons être entraîné à des développements exagérés pour le cadre de cet ouvrage.

111. Sodium. — La soude accompagne presque toujours la potasse dans les cendres des végétaux. Cependant Peligot (3) a montré qu'elle est moins répandue qu'on ne le croit généralement : en effet, en dosant la soude par différence, comme on le fait souvent, si quelque autre élément a été dosé trop bas, on fait profiter la soude de la différence et conclut à une teneur plus élevée qu'elle ne l'est réellement ou même à la présence de cet élément lorsqu'il n'y a qu'une simple erreur d'analyse. Déhérain (4) a également montré que certaines plantes, la pomme de terre par exemple, ne contiennent pas de sodium.

Dans tous les cas, un certain nombre de plantes appartenant à la famille des *Atriplicées* et des *Chénopodées* renferment des quantités notables de soude, et la betterave en renferme parfois une quantité assez considérable. Ce fait n'a rien que de très rationnel d'ailleurs et se comprend facilement si l'on veut bien se rappeler que notre betterave cultivée, était à l'origine un végétal spécial aux terrains salés des bords de la mer (5).

Fühling (6), donne d'après Way une analyse de cendres de betterave à l'état sauvage, où l'on peut voir que la soude y est renfermée en quantité supérieure à la potasse. Voici cette analyse.

Potasse	30,1
Soude	34,2
Chaux	3,1
Magnésie.	3,2
Chlore	18,5
Ac. sulfurique	3,8
Ac. phosphorique.	3,5
Ac. silicique.	3,0

En comparant avec le tableau que nous avons donné plus haut, on voit que si la teneur en soude des cendres, présente de très grandes oscillations, de 24,0 à 0,00 0/0 pour la racine et de 30,8 à 2,7 0/0 pour

(1) Voir Rümpler, *loc. cit.*

(2) Voir Leplay. *Et. chim. sur la form. du sucre. Bl. sucr. et dist.*, 6, 2, 1888.

(3) *C. R.* 65, 729, 1857.

(4) Voir *A. Agron.* 27, p. 153, 1901.

(5) La betterave est en effet un végétal dit *ubiquiste*, c'est-à-dire qui croît aussi bien dans des sols riches en une substance telle que le chlorure de sodium, ou qui en sont dépourvus.

(6) *Der praktische. Rübenbau.* 1877, p. 441.

les feuilles, cette teneur est toujours notablement inférieure à celle des cendres de la betterave sauvage. Il semble donc que la culture aurait eu pour effet de faire diminuer la teneur en soude des betteraves et de faire monter leur teneur en potasse.

On s'est demandé si, au point de vue de la qualité industrielle et du prix de revient, la soude ne pouvait pas remplacer, en partie, la potasse. Joulie (1) dit à ce sujet : La soude peut remplacer la potasse chez la betterave dans une assez large mesure lorsqu'elle est fournie à l'état de nitrate. Cette substitution qui peut aller jusqu'à 50 0/0 en poids, est favorable au rendement en quantité sans nuire à la qualité ; elle amène au contraire une réduction notable de la somme des alcalis contenus dans la betterave qui devient moins saline.

E. Demoussy (2) a montré que la présence du potassium dans un milieu nutritif peut amoindrir considérablement et même annuler l'absorption du sodium ; ces expériences ont été exécutées sur du seigle et du colza ; Dehérain avait déjà montré que des haricots, arrosés avec une solution de chlorure de sodium, se gorgeaient de chlorure de potassium dont le métal provenait du sol. Il peut, cependant, ne pas en être de même pour la betterave qui, comme nous l'avons dit, est une plante maritime ; mais, si cette substitution du sodium au potassium peut avoir lieu dans une certaine mesure, il faut reconnaître aussi que le résultat obtenu est souvent mauvais. Dubrunfaut, Pagnoul, Pellet, Vilmorin (3) ont établi que la betterave est plus riche et plus pure dans un milieu où domine la potasse que dans un milieu où domine la soude. D'après Rümpler (4) on a réussi à obtenir de très belles cultures dans des sols complètement privés de sodium.

D'un autre côté, d'après Costantin (5) l'action d'un terrain salé sur la vie des plantes se traduit par un épaissement des feuilles, des tiges et des fruits, un changement dans la nuance verte de ces plantes et, dans quelques cas, par une production abondante de poils sur tout l'individu.

Ces conclusions ont été vérifiées et étendues par Lesage (6) qui a montré que c'est bien le chlorure de sodium qui produit les modifications de structure observées : augmentation de l'épaisseur du mésophylle, développement plus parfait du tissu en palissade et réduction des lacunes, formation moins abondante de chlorophylle, qui détermine une coloration vert pâle ou jaune, caractéristique ; remarquons en outre que cette forma-

(1) Joulie. *Influence des divers éléments des engrais sur le développement de la betterave et sa richesse saccharine. Monit. Scient.*, 1866, p. 281 et *C. R.* 24 janvier 1876.

(2) E. Demoussy. *C. R.* 127, 972, 1898.

(3) *Bull. suc. et dist.* 9, p. 74, 1894.

(4) Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe der Rüben*, p. 21.

(5) Costantin. *La Flore du littoral. Journ. de Bot.*, 1887, n^o 3 et 4.

(6) Lesage. *Influence du bord de la mer sur la structure des feuilles*. Thèse de Doctorat. Paris, 1890.

tion moindre de chlorophylle a été constatée aussi chez la betterave par Stoklasa, dans les expériences que nous avons relatées plus haut.

E. Griffon (1) a étudié à ce point de vue, les feuilles de diverses plantes ubiquistes parmi lesquelles le *Beta maritima*. Il a trouvé, dans tous les cas, que les plantes venues sur sol salé, au bord de la mer, dégagèrent moins d'oxygène et par conséquent que leur pouvoir d'assimilation était plus faible. Le chlorure de sodium produit donc une diminution de l'activité chlorophyllienne, diminution qui n'est pas entièrement compensée par le développement plus marqué des tissus assimilateurs, résultant de l'épaississement de la feuille, et qui tend à atténuer le rôle nuisible du chlorure de sodium. Cependant, nous ne pouvons dire si cette action défavorable a été produite par la présence du sodium seul ; il peut certainement y avoir une certaine part, mais il est probable que le chlore a joué aussi un rôle ; ce rôle peut être prédominant si nous en jugeons par ce qui se passe avec le chlorure de potassium. Cette opinion nous paraît d'autant plus valable que le nitrate de sodium est loin d'avoir la même influence.

Dans tous les cas, la soude ne peut certainement pas remplir le rôle de la potasse dans la vie de la betterave à sucre. Quelle est sa fonction ? On ne le sait ! mais on considère généralement maintenant sa présence dans l'organisme de cette plante comme accidentelle et superflue. Par conséquent, si, quantitativement, la soude forme parfois un élément important des cendres, qualitativement, on est d'accord pour ne lui accorder aucune valeur et on juge inutile de l'introduire dans les engrais.

D'ailleurs, si sa présence était utile à la vie de la betterave, les quantités de nitrate de soude et de sels de potassium utilisés par la culture, en apportent une quantité plus que suffisante ; il n'est donc pas nécessaire de s'en préoccuper. Quant aux formes sous lesquelles la soude peut entrer dans l'organisme et s'y fixer, ce que nous avons dit à propos de la potasse peut lui être appliqué.

Champion et Pellet dans leur théorie de la substitution équivalente des alcalis, attribuent à la soude le même rôle qu'à la potasse ; d'après ces auteurs quand la potasse manque, la plante absorbe de la soude en son lieu et place. Cette absorption est possible, mais il n'en est pas moins vrai qu'alors la betterave n'est plus dans des conditions normales, et qu'elle ne donne jamais les mêmes résultats pratiques que si elle végète en présence d'une quantité convenable de potasse.

Tout récemment, W. H. Jourdan et G. G. Jenter (2) ont fait des expériences sur l'orge, les tomates et les pois ; ils ont constaté que l'absence de la soude n'exerce aucune influence sur la végétation ; mais qu'au contraire,

(1) E. Griffon. *C. R.* 127, 449, 1898.

(2) *New-York. Agric. Exper. Stat.*, Bulletin n° 192 et *Biedermanns Centralblatt*, 31, p. 68, 1902.

l'absence de la potasse, même en présence de soude, rend la croissance des plantes très pénible ; ces auteurs concluent aussi que la soude ne peut remplacer la potasse.

112. Calcium. — De même que la potasse, le calcium est un élément absolument essentiel à la vie des plantes (1). Pourtant les quantités de chaux que la betterave peut renfermer, toujours inférieures aux quantités de potasse, sont susceptibles de varier dans de très larges limites.

En effet, on peut tirer les chiffres suivants de la table déjà citée :

	Teneur en chaux des cendres	
	maximum	minimum
Racine.	17,8	1,6
Feuilles.	32,3	5,7

Ces oscillations sont sous la dépendance de causes diverses et encore mal étudiées. En première ligne nous devons citer la nature du sol. Il est évident, que si le sol ne contient pas de chaux en quantité suffisante, les plantes auxquelles il sert de support ne pourront non plus en contenir beaucoup (2). A ce sujet, faisons remarquer que la chaux est un des corps qui s'éliminent le plus rapidement du sol ; elle est entraînée par les eaux de drainage à l'état de nitrate, chlorure, bicarbonate, etc. D'après Stoklasa (3) 1 hect. de terre a fourni en 1 an dans les eaux de drainage la quantité énorme de 561 kilogs de carbonate de chaux. Cette terre, de formation primitive renfermait avant l'expérience 0,232 0/0 CaO.

Les fumures avec les sels de potasse, paraissent faire baisser la teneur en chaux des racines. Schneidewind et H. C. Müller, dans leur travail déjà cité, ont trouvé en moyenne (dans la mat. sèche) :

	Sans Kaïnit	Avec Kaïnit
1892.	0,51 0/0 CaO	0,34 0/0 CaO
1893.	0,33 »	0,26 »
1894.	0,17 »	0,16 »

et plus loin :

(1) Plus essentiel même d'après Stoklasa que l'azote, l'acide phosphorique et la potasse. Des plantes de betteraves élevées en l'absence de K_2O , P_2O_5 , Az, végètent parfois 2 ou 3 mois, tandis qu'en l'absence de la chaux elles périssent au bout de 20 à 30 jours. V. Stoklasa: *Ueber die physiologische Bedeutung der Furfuroide im organismus der Zuckerrübe*. Z. Zuckerindustrie in Böhmen. 1899, p. 305.

(2) Des plantes de même espèce absorbent en effet plus de chaux quand elles végètent dans un sol calcaire que quand elles vivent dans une terre pauvre en chaux. V. Sachs. *Traité de botanique*, p. 821.

(3) Stoklasa. *Wurzelbrand der Zuckerrübe*, C. B. *Bakteriolog. und Parasitenkunde*, 5, 691, 1898.

	Sans Kaïnit	Avec Kaïnit
Sol argileux.	0,47 0/0 CaO	0,41 0/0 CaO
Sol sablonneux.	0,61 »	0,42 »
Sol tourbeux.	0,49 »	0,26 »

Par contre, d'après les essais des mêmes auteurs, la fumure à la kaïnit semblerait faire augmenter la teneur en chaux des feuilles. En effet nous pouvons tirer des essais sur l'influence de la pluie, les moyennes suivantes :

	Sans Kaïnit		Avec Kaïnit	
	Racine	Feuilles	Racine	Feuilles
CaO dans la matière sèche.	0,37	2,14	0,28	2,35

Quelle est la raison de cette anomalie. Il est difficile de la donner et peut être n'est-elle qu'accidentelle.

Quel est le rôle joué par la chaux dans l'organisme de la betterave ? On lui a attribué une action directe dans la formation du sucre, dans la migration des hydrates de carbone, etc. ; si nous en sommes réduits à ce sujet à ne formuler que des hypothèses, nous devons faire remarquer que généralement les cendres de la betterave riche, contiennent plus de chaux que celles de la betterave pauvre. En groupant les chiffres de Petermann (1) nous arrivons au tableau suivant :

Sucre de la betterave.	10,75	10,91	12,73	12,79	14,18	14,51	14,71	15,07
Chaux 0/0 de cendres.	4,04	5,64	8,06	6,43	14,07	11,25	12,66	13,08

Pellet a donné un tableau qui conduit aux mêmes constatations.

Sucre de la betterave.	8,5	11,8	14,6	16,7.
Chaux de la betterave.	0,048	0,050	0,076	0,061.

L'action des sels de chaux paraît favoriser la production de l'amidon (2).

Cependant, pour nous, le rôle joué par la chaux est tout autre, et la formation du sucre et des autres hydrates de carbone ne serait influencée par cette base que d'une manière indirecte. Si nous examinons les analyses que nous avons données précédemment, nous voyons que la quantité de chaux contenue dans les feuilles est toujours plus considérable que celle contenue dans la racine. C'est donc surtout la feuille qui a besoin de cette base. Or c'est surtout dans cette partie du végétal que se forme, probablement comme produit de déchet de l'assimilation des nitrates (3), l'acide oxalique. L'acide oxalique ainsi produit est soluble ; à cet état il est très

(1) *Rech. de chim. et de phys. app. à l'agricult.*, p. 27.

(2) Caüvet. *Anat. et Phys. végét.*, p. 144.

(3) Dans les feuilles de betteraves la teneur en acide oxalique semble être en rapport avec la quantité de nitrate contenue dans le sol. Une augmentation de la quantité de nitrate occasionne une augmentation de la quantité d'acide oxalique. Voir Stoklasa : *Wurzelbrand der Zuckerrübe*, loc. cit.

toxique et peut agir en diminuant l'activité des grains chlorophylliens et en détruisant la vitalité du karyoplasma et des noyaux cellulaires. Il en est de même lorsque cet acide est combiné à de la potasse, car l'oxalate de potasse est aussi soluble. Il faut donc qu'il y ait en présence de cet acide, au fur et à mesure qu'il se produit, une base capable de former un sel insoluble, par conséquent non toxique, si l'on veut que la fonction chlorophyllienne s'accomplisse avec énergie et régularité. C'est à la chaux qu'est dévolu ce rôle. Elle forme en effet de l'oxalate de chaux insoluble et cristallin qui se concrète et s'immobilise dans les cellules, ainsi que l'on peut s'en assurer par un examen microscopique. Les feuilles de betteraves, surtout âgées, montrent dans leurs tissus une grande quantité de cristaux d'oxalate de chaux (1). La chaux favorise donc la production des hydrates de carbone, mais, comme on le voit, elle n'agit que d'une manière indirecte, en permettant à la fonction chlorophyllienne de s'accomplir normalement par suite de l'immobilisation d'un produit de déchet toxique, l'acide oxalique. Cette théorie est admise par Stoklasa et Briem.

Une fois combinée à l'acide oxalique, la chaux a terminé son rôle, elle est fixée définitivement et, contrairement aux autres éléments, elle ne peut émigrer vers d'autres parties du végétal lorsque la maturité se produit. La chaux doit donc s'accumuler de plus en plus dans les feuilles au fur et à mesure que la végétation s'avance. C'est bien ainsi que les phénomènes se poursuivent.

Stoklasa (2) analysant la graine séparée de son enveloppe protectrice, a trouvé qu'elle ne contenait que peu de chaux, 3,83 0/0 des cendres pures, ou, 0,13 0/0 de la matière sèche. Aussitôt après la germination la quantité de chaux s'accroît, cependant la quantité d'acide oxalique formé est encore faible car nous n'avons pu voir dans des coupes de cotylédons, examinées au microscope, que de très rares cristaux d'oxalate de chaux. A partir de ce moment la quantité de chaux s'accroît considérablement au fur et à mesure que le développement s'opère, ainsi qu'il résulte des essais de Bretschneider et Merzdorf (3). Ces expérimentateurs ont trouvé que la chaux s'immobilise dans les tissus de la feuille.

Stoklasa (4) dit que l'on rencontre toujours la chaux dans les organes végétaux dont les tissus présentent une tendance à s'incruster et à se lignifier. Il en est ainsi d'après ce savant pour le squelette de la betterave, qui, très

(1) Nous avons une confirmation indirecte de l'action de la chaux dans la fixation de l'acide oxalique en même temps que de la corrélation de production de cet acide sous l'influence des nitrates. En effet, si des plantes de betteraves élevées en l'absence de chaux périssent en 20 ou 30 jours, elles périssent d'autant plus rapidement que le milieu nutritif renferme plus de nitrate.

(2) Stoklasa et Nestler. *Anat. und. Phys. des Samens der Zuckerrübe, Bericht. der Versuchstation für Zuckerindustrie. Prague, 1896, p. 47.*

(3) *Mittheil. d. landw. Centralvereins f. Schlesien, 1860, p. 112.*

(4) *Loc. cit., p. 307.*

riche en pentosanes, renferme aussi beaucoup de chaux : 2,12 0/0 dans la matière sèche, quantité qui correspond à 78 0/0 des cendres pures.

Ce squelette de la betterave peut facilement s'obtenir, d'après Stoklasa, en laissant geler les racines et en les soumettant ensuite à une longue macération dans l'eau tiède. La chaux semble bien être en combinaison organique avec les parties constituantes de ce squelette, ou du moins avec l'une d'entre elles, encore mal connue. Si on fait agir sur le squelette de betterave de l'acide chlorhydrique faible (à 5,8 0/0), on n'arrive à dissoudre qu'une partie seulement de la chaux.

Stoklasa (1) fait jouer à la chaux un rôle important dans la résistance que présente la betterave à certaines maladies, la *brûlure de la racine* ou pied noir, entre autres. D'après lui, cette dernière serait très souvent provoquée par le manque de chaux au début de la végétation de la jeune betterave.

Quoi qu'il en soit, la chaux est donc un élément absolument indispensable à la vie de la betterave.

Sous quelle forme est-elle puisée dans le sol ? Il est probable que les racines l'absorbent pour la plus grande partie sous la forme de bicarbonate (2), de nitrate, un peu sous la forme de sulfate, phosphate, peut-être aussi de chlorure, mais alors en très minime quantité, ce sel étant un poison violent pour les végétaux (3).

113. Magnésium. — Le magnésium est également regardé comme un élément indispensable à la betterave. Dans la racine de cette plante on trouve la magnésie en quantité à peu près égale à la chaux et dans les feuilles en quantité moindre. On n'est pas bien fixé sur son rôle dans l'organisme.

Suivant Pellet et Vilmorin (4) l'utilité de la magnésie est incontestable pour l'obtention des racines riches et Vilmorin a pu reconnaître l'action favorable des sels magnésiens sur le sol de Verrières, où cet élément manque manifestement.

D'après Joulie (4), la chaux et la magnésie peuvent se substituer l'une à l'autre ; cette affirmation fut d'abord contredite puis confirmée par Pellet (5).

Cette opinion nous paraît douteuse étant donné le rôle physiologique joué par la chaux et que ne peut remplir la magnésie.

(1) *Wurzelbrand der Zuckerrübe, loc. cit.*, p. 690.

(2) Leplay. *Et. chim. sur la form. du sucre. Bl. suc. et dist.*, 6, 87, 1888.

(3) Au sujet du rôle de la chaux dans l'organisme de la betterave, voyez aussi : Briem. *Chaux et betterave à sucre. C. B. Zuckerind.*, 1900. N^{os} 19 et 20, p. 358 et 378 ; cet auteur aboutit sensiblement aux mêmes conclusions. D'après lui, sans chaux il n'y a pas de culture de betterave rationnelle possible.

(4) *Bl. suc. et dist.*, 8, p. 82, 1890 et 9, p. 72, 1891.

(5) *Bl. suc. et dist.*, 19, p. 89, 1901.

Dans tous les cas, la betterave manifeste pour la magnésie une certaine électivité. Il est à remarquer en effet que si, généralement, la teneur en magnésie des racines est équivalente à la teneur en chaux, les sols sur lesquels végètent ces racines, comparativement à leur richesse en chaux, sont généralement pauvres en magnésie.

Cependant, si nous en jugeons par les essais déjà cités de Schneidewind et Müller, la fumure des betteraves, avec un sel très magnésien, la kaïnit, n'a pas élevé la teneur en magnésie des cendres

Nous avons dit plus haut que l'on ne connaissait pas le rôle physiologique du magnésium dans l'organisme des plantes; cela est vrai dans une certaine mesure seulement, car, d'un autre côté, certaines présomptions nous portent à croire que cet élément agirait activement lors de la formation de la chlorophylle.

Hoppe-Seyler a trouvé dans sa *chlorophyllane*, chlorophylle extraite des monocotylédons, une certaine quantité de magnésie ($Mg = 0,340/0$) (1).

De plus, il est à remarquer que Rogalsky (2) et A. Gautier (3) ont aussi trouvé dans la chlorophylle des substances magnésiennes phosphorées, solubles dans le sulfure de carbone, mais provenant probablement cependant d'une lécithine, constituant une impureté de la chlorophylle (4).

D'après Pellet (5), la magnésie existe dans la betterave et est assimilée principalement sous la forme de phosphate ammoniaco-magnésien; cette opinion avait déjà été émise par Pélignot (6). Elle n'a plus aucun fondement de vérité car E. Sellier a reconnu que les méthodes employées pour le dosage de l'ammoniaque étaient inexactes. Or comme c'est l'ammoniaque qui est le principal pivot de cette théorie, celle-ci s'écroule d'elle-même. Du reste nous verrons plus loin qu'il y a dans la betterave des quantités importantes de phosphore engagées dans des combinaisons organiques.

114. Fer. — Le fer est contenu dans les cendres des feuilles et des racines de betterave en quantité toujours très minime. Il n'en est pas moins un élément indispensable à la vie de ce végétal. D'après Rümpler (1) on a essayé de cultiver des plantes en l'absence du fer. Au commencement, la végétation semblait normale mais bientôt son activité se ralentissait et les feuilles prenaient une coloration jaunâtre semblable à

(1) Voy. : *Dictionnaire de Wurtz*, 1^{er} suppl., 1^{re} partie, p. 477. *Chlorophylle* (d'après *D. Chem. G.*, 12, 1555).

(2) *C. R.*, 90, 881.

(3) *C. R.*, 90, 881.

(4) *Dict. de Wurtz*, 2^e Suppl. 1^{re} partie. A. Gautier. *Chlorophylle*, p. 1100 et suiv.

(5) *Bl. suc. et dist.*, 9, p. 72, 1891.

(6) Voy. : *Dict. de Wurtz*, 1^{er} Suppl., 2^e partie. *Industrie du sucre*, p. 1466.

(7) *Die Nichtzuckerstoffe der Rüben*, p. 30.

celle des plantes élevées en l'absence de la lumière. L'absence du fer dans le milieu nutritif amène donc la *chlorose* des feuilles, due à un développement incomplet de la chlorophylle (1). Le fer joue par conséquent un rôle indirect dans l'élaboration des hydrates de carbone.

D'après J. Sachs (2), le fer, souvent associé à une proportion variable de manganèse, est indispensable à la constitution de la matière colorante verte de la chlorophylle. Pourtant il n'entre pas dans la constitution de la chlorophylle, ainsi qu'il résulte des essais de A. Gautier (3) et de H. Molisch (4).

Sous quelle forme ce métal est-il contenu dans l'organisme des plantes ? C'est une question qui n'est pas encore résolue. Le fer semble faire partie intégrante du protoplasma. Hoppe-Seyler (5), analysant des globules de pus séparés du liquide qui les contient et dans lesquels domine le cytoplasma, y a trouvé du fer. Il semble également faire partie du noyau des cellules. Stoklasa (6) a reconnu par des observations chimiques et microscopiques que le fer, dont la plus grande partie est localisée dans l'embryon ou l'endosperme des graines, semble s'y trouver seulement sous une forme organique, et que pendant la germination il est employé à former le noyau des jeunes cellules. La forme sous laquelle le fer semble être renfermé dans l'organisme est une nucléine ferrugineuse analogue à celle que Bunge a désignée sous le nom d'*hématogène*. Ce savant l'a d'abord obtenue en traitant les jaunes d'œufs et, d'après lui, on rencontre chez la plupart des végétaux une combinaison analogue (7).

Stoklasa (6) a obtenu, en traitant diverses plantes par la méthode de Bunge, une substance presque identique.

Il n'y a de différence sensible que dans la teneur en fer. Néanmoins on ne peut considérer cette substance comme un composé chimique bien défini.

Quoi qu'il en soit, pour les besoins de tous les végétaux en général, et

(1) La présence du fer n'est cependant pas toujours synonyme de la présence de la chlorophylle, certaines plantes sans chlorophylle se comportent en effet de la même manière que les plantes vertes et réclament du fer pour le développement. Il en est ainsi par exemple pour le *Mucor mucedo*, le *Bacillus megaterium*, etc. Certains même de ces organismes inférieurs peuvent végéter en présence d'une quantité considérable de fer. Tel est, par exemple, le *Penicillium glaucum* qui se développe parfaitement bien sur une solution saturée de sulfate ferreux, ainsi que l'un de nous l'a montré (L. Geschwind. *Industries des aluns et sulfate de fer*. Encycl. Lechallas, 1899, p. 206).

(2) *Traité de Botanique*, p. 815.

(3) Voir : *Dict. de Wurtz*, 2^e suppl., 1^{re} partie. A. Gautier. *Chlorophylle*, p. 4100 et suiv.

(4) H. Molisch. *Die Pflanzen in ihren Beziehungen zum Eisen*. Iena, 1892.

(5) Voir L. F. Henneguy. *Leçons sur la cellule*, 1896, p. 27.

(6) *Actualités chimiques*, 3, p. 292, 1898.

(7) Voir à ce sujet : Encycl. Fremy. *Chim. des liq. et des tiss. de l'organ.*, 74, 444.

de la betterave en particulier, le fer contenu dans le sol suffit et il est inutile d'en ajouter dans les engrais.

115. Manganèse. — Le manganèse se trouve dans la betterave en quantité extrêmement faible. Il a été observé pour la première fois dans les cendres de cette plante par Dubrunfaut et depuis on l'a trouvé dans beaucoup d'autres végétaux. Balland (1) l'a rencontré dans les pommes de terre, Guérin (2) en a trouvé jusqu'à 0,4 0/0 dans les nucléines de certains bois, etc. Bertrand et Villiers (3) le considèrent même comme un élément régulier et nécessaire des enzymes végétaux, principalement des oxydases.

E. O von Lippmann (4), en essayant de raffiner, sur une petite échelle, des salins provenant des eaux-mères d'une sucraterie, obtint des résidus qui, à l'état sec, contenaient 0,243 0/0 de manganèse.

J. Weisberg (5) a également constaté plusieurs fois la présence de traces de cet élément dans les salins provenant du désucrage des mélasses par le procédé de la séparation.

116. Aluminium. — La présence de l'alumine dans les cendres pures des betteraves est douteuse. Il est probable que lorsqu'on y a dosé ce corps il provenait d'impuretés, de matières terreuses, qu'il est difficile d'enlever complètement, même par des lavages soigneux des racines. Stift en a pourtant trouvé des quantités notables dans les betteraves atteintes de bactériose.

Il nous reste encore à parler d'une série d'éléments rares, qui se rencontrent dans la betterave en quantité extrêmement faible. Nous le ferons succinctement.

D'abord vient le **lithium**. Des traces de ce corps se rencontrent dans une foule de plantes. Bunsen et Kirschoff (6) l'ont trouvé dans les cendres de beaucoup de végétaux, en particulier dans le tabac du Palatinat et dans les eaux-mères des fabriques d'acide tartrique.

D'après Truchot (7) le sol en contient quelquefois une certaine quantité. Cet auteur en a trouvé jusqu'à 0,44 0/0 dans les cendres de tabac et 0,01 0/0 dans celles de l'œillette et de la betterave.

(1) *C. R.*, 125, 429.

(2) *C. R.*, 125, 311.

(3) *C. R.*, 124, 1032, 1349, 1355.

(4) *Dtsch. Zuckerindustrie*, 1893, n° 3.

(5) *Dtsch. Zuckerindustrie*, 1898, n° 4.

(6) *Lieb. Ann.*, 118, 353.

(7) *C. R.*, 78, 1022.

Par contre, Focke (1) et Grandeau (2) prétendent que le lithium ne se rencontre jamais dans les betteraves.

D'après Lippmann (3) cette opinion est exagérée. Ce dernier savant a pu retirer des résidus cités plus haut, du carbonate de lithium dans sa forme caractéristique. Les recherches de Tschermak (4) confirment les dires de Lippmann.

Le **Rubidium** a été rencontré pour la première fois par Grandeau (5), dans les cendres de betteraves, et Pfeiffer (6) a calculé qu'une récolte de 45.000 kg. de betterave enlève au sol 253 gr. de chlorure de rubidium.

Le **Cæsium** et le **Vanadium** existent également dans la betterave, mais en traces à peine perceptibles avec nos moyens d'investigation les plus délicats.

Le **Titane** est très répandu dans le sol et F.-P. Dunnington (7) a même démontré qu'il existe en quantité assez sensible dans toutes les terres végétales. Il ne serait donc pas étonnant de le rencontrer dans les cendres des végétaux comme élément régulier.

E. O. von Lippmann (8) en a également trouvé dans les résidus dont nous avons déjà parlé, environ 0,12 0/0.

Le **Strontium** peut aussi être assimilé par la betterave. En effet, d'après Lippmann, des betteraves plantées dans des terrains amendés avec des écumes chargées de strontium, contenaient 0,206 0/0 de strontiane.

Haselhoff et Weiske vont jusqu'à dire que le strontium peut remplacer en partie la chaux. Ce fait a lieu de surprendre si l'on s'en rapporte à un travail de E. Demoussy (9) dans lequel il est démontré que le strontium, de même que le lithium et le baryum, exerce une action nocive sur certains végétaux, colza, sarrazin, seigle, ray grass, etc., et que même à l'état de nitrate, ne sont absorbés par eux qu'en quantité très faible.

Quel est le rôle physiologique que peuvent remplir dans l'organisme de la betterave des substances qui s'y rencontrent en si faibles quantités ? C'est là une question à laquelle il nous est impossible de répondre. Nous ne savons même pas exactement si ces corps se trouvent constamment dans notre végétal ; à plus forte raison ne pouvons-nous rien dire de leur action. Il est vraisemblable que ces éléments ne sont qu'accidentels

(1) *Dict. de Ladenburg*, 7, 511.

(2) *Bl. suc. et dist.* 3, 67, 216, 1885.

(3) *Dtsch. Zuckerind., loc. cit.*

(4) *A. Agron.*, 27, 150, 1901.

(5) *A. Ch.*, 67, 1863.

(6) Voir Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 31.

(7) *Ch. N.*, 76, p. 221.

(8) *Dtsch. Zuckerind., loc. cit.*

(9) E. Demoussy. *C. R.* 127, p. 971, 1898.

et ne sont absorbés par la plante que parce que le sol sur lequel elle végète en renferme. Il en est également ainsi pour certains métaux que les végétaux peuvent s'assimiler en faible quantité lorsque le sol en contient. Tels sont par exemple le cuivre, le zinc, etc.

Nous en avons terminé avec l'étude des éléments *métalliques* des cendres de betterave ; il nous reste à examiner les éléments de nature *métalloïde* : le phosphore, le soufre, le silicium, le bore, etc.

117. Phosphore. — Le phosphore est un des éléments les plus importants pour la vie des plantes et en particulier pour le développement de la betterave riche.

Champion et Pellet dans leur ouvrage déjà cité, et Pellet (1) dans une note ultérieure résumant les analyses faites sur de nombreuses betteraves, feuilles comprises, ont trouvé que, quelle que soit la richesse de la racine, pour former 100 k. de sucre, la betterave prélève au sol 1 k. 149 à 1,19 d'acide phosphorique. En 1901 Pellet (2) a confirmé cette conclusion pour des betteraves cultivées en Egypte. Hannamann (3) n'a pas constaté un rapport constant entre la quantité de sucre formé et la quantité d'acide phosphorique exporté ; il a trouvé par 100 k. de sucre 0 k. 310, 0,416, 0,670 d'acide phosphorique et il ajoute que la proportion d'acide phosphorique enlevée au sol est variable suivant que l'on emploie des engrais plus ou moins phosphatés.

Graftiau (4) comparant ses analyses avec celles de Petermann (5) trouve que la teneur des racines en acide phosphorique est en raison inverse de la teneur en sucre. Cependant, les feuilles n'ayant pas été analysées, et l'acide phosphorique pouvant s'y localiser, nous ne pouvons mettre ces analyses en opposition avec les précédentes.

Dans ses expériences, Hellriegel, s'est aussi occupé de l'assimilation de l'acide phosphorique, ses résultats n'ont pas beaucoup de signification.

Les variations qui peuvent affecter les teneurs en acide phosphorique des feuilles et des racines sont d'ailleurs considérables. D'après le tableau déjà cité, la teneur en P_2O_3 des cendres pures peut osciller :

pour la racine	entre	27,1 0/0	et	3,4 0/0
pour les feuilles	»	15,5 0/0	et	1,0 0/0

Les teneurs en cendres de la matière sèche oscillant respectivement :

pour la racine	entre	6,6	et	2,5 0/0
pour les feuilles	»	29,2	et	8,3 0/0

(1) *Rev. des Ind. et des Sciences chim. et agric.*, 1879.

(2) *Bl. suc. et dist.*, 19, p. 88, 1901.

(3) *Scheiblersche Neue Zeisch.*, 1879.

(4) *Sucrierie belge*, p. 335, 1899.

(5) *Rech. de Chim. et de Phys. appl. à l'agric.*, 2, 1895.

Il est bien évident que l'appareil foliacé absorbe plus d'acide phosphorique que la racine.

La connaissance de la quantité d'acide phosphorique renfermée dans les cendres n'est d'ailleurs d'aucune valeur au point de vue des besoins de la betterave. Ce qu'il importe surtout de savoir c'est l'état dans lequel se trouve cet acide phosphorique dans l'organisme. De même que pour d'autres substances, il n'y a de réellement valable, pour les comparaisons, que la quantité de P^2O^5 réellement assimilée par la cellule. L'excédent, contenu dans la plante sous la forme de sels phosphatiques inactifs, semble ne jouer aucun rôle dans la formation du saccharose. Quoique la question de l'acide phosphorique ou plutôt du phosphore assimilé par la plante ne soit pas encore complètement élucidée, nous possédons cependant sur cette importante question quelques documents, dans lesquels nous apprendrons à connaître le rôle joué par cet élément.

Le phosphore se rencontre partout où se trouvent les matières albuminoïdes, de même que la potasse accompagne les hydrates de carbone. Mais les relations qui existent entre les matières albuminoïdes et le phosphore semblent bien plus étroites que celles qui existent entre la potasse et les hydrates de carbone.

Les matières albuminoïdes végétales, de même que les matières albuminoïdes animales contiennent toujours du phosphore. Les caséines végétales entre autres, d'après Ritthausen, renferment le phosphore comme partie constituante de leur molécule. Des dissolutions et des précipitations successives amoindrissent la teneur en phosphore sans amener une élimination complète.

Ce fait a été confirmé pour la caséine du lait extraite par la méthode de Hammarsten.

Le phosphore semble aussi entrer dans la constitution des nucléines qui constituent la matière fondamentale du noyau des cellules animales et végétales.

Pour l'histoire de ces nucléines nous renvoyons à l'excellent ouvrage de Henneguy (*Leçons sur la cellule*).

Le phosphore fait aussi partie intégrante des lécithines sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir plus tard. C'est Scheibler qui a soupçonné l'existence des lécithines dans la betterave, mais c'est E. O. v. Lippmann (1) qui les a isolées des betteraves mûres. Or, les lécithines semblent jouer dans la fonction chlorophyllienne chez la betterave, un rôle considérable. Nous verrons plus loin en analysant les travaux de Stoklasa qu'elles sont surtout localisées dans les feuilles et que leur quantité diminue quand la chlorophylle disparaît et réciproquement.

(1) B. 1887, p. 3201.

A. Gauthier a trouvé du phosphore dans une chlorophylle d'épinards purifiée.

Le phosphore joue donc un grand rôle dans le développement des végétaux puisqu'il fait partie constituante des matières essentiellement vivantes de la cellule telles que les albuminoïdes, les lécithines, etc. Il se trouve dans la betterave pour la plus grande partie sous la forme de combinaisons organiques.

Les plantes puisent leurs besoins d'acide phosphorique dans les réserves de phosphates minéraux du sol. Ces derniers sont solubilisés au fur et à mesure, soit par les sucs acides sécrétés par les racines, soit par l'eau chargée d'acide carbonique, de sels et de matières humiques. Leur ténuité est une condition très favorable à leur assimilation rapide.

La richesse du sol en composés phosphatés est une condition indispensable à la production de la betterave riche et pure ; elle assure la maturité dans de bonnes conditions et par suite une bonne conservation ultérieure dans les silos.

D'après Rümpfer, les fumures phosphatées n'ont pas d'action directe sur la composition des cendres.

Pourtant, d'après Stoklasa (1) les feuilles de betteraves riches contiennent plus d'acide phosphorique.

L'acide phosphorique n'est pas entraîné en grande quantité par les eaux.

118. Soufre. — De même que le phosphore, le soufre se trouve pour la plus grande partie en combinaison organique. Il entre dans la constitution de la molécule des matières albuminoïdes.

Le soufre est absorbé sous forme de sulfate, probablement, de sulfate de chaux ou de potasse. On ne sait encore rien sur la manière dont s'effectue la réduction de l'acide sulfurique de ces sulfates et par quel mécanisme le soufre entre dans la molécule des substances protéiques. Cette réduction d'ailleurs, n'est sans doute pas complète et il est probable que dans la betterave, à côté du soufre organique, se trouve de l'acide sulfurique à l'état de combinaison saline.

Il n'est généralement pas besoin d'ajouter de sulfate aux fumures car elles sont le plus souvent, par elles mêmes, suffisamment riches en acide sulfurique. Parfois cependant, l'adjonction d'une certaine quantité de plâtre peut être utile, elle a surtout pour but de faciliter l'assimilation de la potasse.

119. Chlore. — Le chlore semble être aussi un élément utile à la vie des plantes et Nobbe a montré qu'il devait jouer un rôle dans la migra-

(1) *Z. Zuckerindustrie in Böhmen*, 1900, p. 557 et *Bl. suc. et dist.*, 18, 236, 1900.

tion de l'amidon. Du sarrazin qu'il avait cultivé en l'absence du chlore montrait tous ses organes verts abondamment gonflés d'amidon et pourtant n'arrivait pas à produire de graines.

Nobbe a conclu de son expérience que le chlore, en combinaison avec le potassium, cause la migration de l'amidon des feuilles dans les autres organes et oblige ainsi les matières organiques à l'entretien de la floraison et de la fructification.

Pour la betterave riche en sucre on le considère néanmoins comme superflu et même comme nuisible.

Nous avons vu qu'une forte fumure de chlorure de potassium diminue le nombre et le volume des grains chlorophylliens de la feuille, et augmente la teneur en pentosanes de la racine au détriment de la teneur en sucre (1) et, comme nous l'avons dit, nous ne pouvons attribuer cette action nuisible à la potasse, puisque d'autres sels potassiques, le sulfate en particulier, ne produisent pas le même effet.

Il en est de même avec le chlorure de sodium. E. Griffon (2) a nettement constaté chez diverses plantes que ce sel occasionnait un affaiblissement de la fonction chlorophyllienne, quoique occasionnant un développement plus complet du mésophylle qui ne peut compenser la formation moindre de chlorophylle. Or ici encore, nous ne pouvons attribuer l'influence nuisible à la soude, puisque d'autres sels, tels que le nitrate, ont au contraire une heureuse influence.

Le chlore exerce donc une influence pernicieuse sur le développement de la betterave et surtout sur la formation du sucre.

Nous en avons encore un exemple indirect dans les essais de Petermann (3) sur l'influence de l'époque de l'application du chlorure de potassium. D'après ces essais, l'influence nuisible de ce sel diminue au fur et à mesure que l'époque de son application est plus éloignée de l'époque du semis. Or, que se passe-t-il ici ? Le chlore du chlorure est fixé sur le calcium contenu dans le sol et éliminé par les pluies dans les eaux de drainage ; plus l'époque de l'emploi est éloignée de l'époque du semis, moins, par conséquent, il y aura de chlore dans le sol sur lequel la betterave devra végéter.

Les essais de Heidepriem (4) nous confirment encore dans cette opinion. On sait que les fumures au chlorure de potassium, à la kaïnit, ou autres sels de potasse chlorurés, ont pour résultat de faire monter la teneur en chlore de la betterave ; Schneidewind et Müller ont trouvé dans la matière sèche :

(1) Voir Stoklasa. *Ueber die phys. Bed. der furfur.*, etc., loc. cit.

(2) *C. R.*, 127, p. 449, 1898.

(3) *Rech. de chim. et de phys. app. à l'agr.*, 2, p. 63 et suiv.

(4) Voir Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 24.

	Fumure kaïnit	Sans kaïnit
Chlore.	0,369 0/0	0,193

Or Heidepriem avait déjà démontré en 1868 que l'époque de l'application de ces fumures faisait varier la teneur en chlore de la betterave, ainsi qu'il en résulte du tableau suivant (1).

Chlore renfermé dans les cendres pures :

Betteraves sans fumure	7,16 0/0
Betteraves avec fumure de sels potassiques chlorés à l'automne. . .	9,82 —
Betteraves avec fumure de sels potassiques chlorés au printemps. .	18,39 —

Les plantes s'assimilent les chlorures avec une grande facilité, aussi bien que les nitrates, lorsque ces corps leur sont présentés séparément. Quand ils existent ensemble, les nitrates sont assimilés de préférence (2). D'après Demoussy (2) les chlorures seraient retenus par le protoplasma vivant et ne le quitteraient que lorsqu'il est contracté par la mort.

Vivien (3) a cité un exemple curieux de l'absorption des chlorures par la betterave ; il a analysé un sucre de bas produits contenant 14,403 0/0 de chlorure de potassium ; les chlorures n'étant pas éliminés par le travail des jus, passent en entier dans les arrières produits.

Peligot a constaté que les chlorures sont plus abondants vers le collet et d'après Violette (4) ils suivent une progression arithmétique décroissante depuis le collet jusqu'à l'extrémité de la racine ; le tissu cellulosique contient beaucoup plus de chlorures que le tissu saccharifère.

120. Silicium. — L'utilité du silicium, si bien admise un moment, pour certaines plantes, les céréales par exemple, est considérée maintenant comme tout à fait inutile. Pour la betterave la silice qu'on trouve dans les cendres à l'état soluble dans les alcalis et que l'on nomme silice physiologique, en opposition à la silice insoluble qui est apporté par les impuretés terreuses, n'existe jamais qu'en très minime quantité ; on ne lui reconnaît aucun rôle.

121. Bore. — La présence du bore dans la betterave a été démontrée par E. O. v. Lippmann ; il est considéré comme un élément accidentel.

Pour terminer cette partie de notre ouvrage, nous croyons devoir résumer les théories lancées tout récemment par Stoklasa (5) sur la nutrition des plantes en général et de la betterave en particulier.

(1) Voir Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 24.

(2) E. Demoussy. *C. R.*, 127, p. 771, 970, 1898.

(3) *Traité de la fab. du sucre*, p. 215.

(4) *C. R.* du 19 octobre 1874. *Monit. scient.*, 1874, p. 1076.

(5) *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1900, p. 537 et *Bl. suc. et dist.*, 18, 236, 1900.

Si on compare les quantités respectives d'éléments minéraux de la betterave et d'une céréale quelconque, on constate que les cendres de la betterave contiennent une plus grande quantité d'alcalis que celles des céréales, tandis que pour ces dernières la richesse en acides est plus grande. Si on prend l'orge comme terme de comparaison on voit que les cendres pures contiennent environ 24 0/0 d'oxydes alcalins contre 68 0,0 dans la betterave ; les cendres d'orge contiennent 61 0/0 d'acides phosphorique et silicique contre 12,7 0/0 dans la betterave. Rapproche-t-on cette observation de la théorie de la dissociation électrolytique des sels dans leurs solutions fortement étendues, on peut supposer que le travail fait par la racine de betterave à sucre a un caractère nettement électronégatif, tandis que celui des céréales, l'orge dans notre exemple, possède plutôt un caractère électropositif. La racine de betterave absorbe surtout des ions électropositifs (métaux) et à moins d'électivité pour les électronégatifs.

L'orge présente les propriétés inverses.

On peut, d'après Stoklasa, vérifier ces hypothèses par une expérience très simple. Un tube en U est rempli d'une solution fertilisante neutralisée colorée par la teinture de tournesol très sensible. Si dans l'une des branches on plonge une betterave dont la racine soit bien développée et le chevelu bien intact et que l'on recouvre cette partie d'un papier noir pour soustraire la racine à l'action de la lumière, les feuilles restant exposées aux rayons solaires, on voit après quelque temps, 6 à 14 heures selon l'énergie d'assimilation, que le liquide de la seconde branche se colore en rouge, il a pris une réaction acide.

Avec l'orge c'est l'inverse qui se produit, le liquide prend une réaction alcaline.

Ces phénomènes pourraient expliquer les bons résultats constatés en pratique, en faisant succéder l'orge à la betterave dans les assolements.

CHAPITRE IV

L'AZOTE DE LA BETTERAVE

§ 1.

VARIATIONS DE LA TENEUR EN AZOTE TOTAL DES BETTERAVES

122. Ordre de grandeur de ces variations. — Avant de parler de l'azote inorganique de la betterave, il nous paraît nécessaire de dire d'abord quelques mots de l'azote total. De même que la potasse, l'acide phosphorique, l'azote est un des éléments les plus indispensables à tous les végétaux. Cela a été montré par différents expérimentateurs et notamment par Hellriegel qui a étudié spécialement, à ce point de vue, la betterave. En opérant comme nous l'avons vu à propos de la potasse, Hellriegel (1) a obtenu les résultats suivants :

Azote nitrique fourni	Poids de la récolte fraîche	Matières sèches 0/0	Sucre 0/0	Rapport des feuilles à la matière sèche	Proportion d'azote dans la récolte
2 ^{sr} 940	813 ^{sr}	20.2	13.9	25 0/0	81 0/0
2 520	781	19.5	13.2	23 »	78 »
2 100	527	20.8	13.7	28 »	78 »
1 680	479	20.6	13.6	28 »	70 »
1 260	360	22.6	15.6	28 »	69 »
0 840	267	23.5	16.2	24 »	68 »
0 420	103	22.4	14.8	28 »	36 »
0 000	23	24.1	?	27 »	11 »

Si par conséquent la richesse en sucre n'a pas subi de grandes variations, le poids de la récolte a diminué très fortement et est devenu presque nul en l'absence de l'azote.

La betterave peut renfermer des quantités d'azote très variables.

(1) *Résult. des rech. sur les subst. nécess. à la better. Dtsch. Zuckerind.*, 1893, p. 946. Voir aussi Frémy et Dehérain : *Recherches sur les betteraves à sucre. Encycl. Frémy*, 9, 2^e section, p. 94.

D'après Vivien (1) la racine contient 0,275 0/0 d'azote et les feuilles 0,390, soit 0,321 0,0 pour le végétal complet.

Champion et Pellet (2) trouvent dans la racine 0,40 à 0,25 0/0 et 0,38 à 0,33 dans les feuilles soit 0,393 à 0,266 d'azote pour le végétal complet.

Dehérain (3) a trouvé, en 1892, 0,14 0/0 dans les racines de diverses betteraves fourragères et 0,23 0/0 dans celle de la *Vilmorin* ; en 1894 le même expérimentateur a trouvé pour diverses betteraves fourragères, soumises à des conditions de fumures différentes, 0,179 0/0 d'Az. et 0,217 pour des *Vilmorin*.

Champion et Pellet constatèrent que 100 k. de sucre demandent 3 k. 38 d'azote.

Barbet, sur des betteraves de la Somme, a trouvé 2 k. ; Pellet, sur des betteraves allemandes, a trouvé 0 k. 86.

L'azote de la betterave peut donc varier dans des limites assez larges. Nous pourrions encore citer de nombreux exemples, mais nous nous contenterons d'indiquer pour finir les nombres moyens trouvés par Herzfeld et Bode (4). Ces expérimentateurs constatèrent :

Teneur en Azote	Mat. fraîche	Mat. sèche
Maximum.	0,1799	1,26
Minimum.	0,0879	0,47
Moyenne.	0,1264	0,735

123. Relation entre la teneur en azote et la teneur en sucre.

— Existe-t-il une relation entre la teneur en sucre des betteraves et leur teneur en azote ? Cette question a été très controversée et a suscité de nombreux travaux.

Frémy et Dehérain (*loc. cit.*) ont conclu de leurs essais que les betteraves riches en sucre sont pauvres en matière albuminoïde tandis que les betteraves qui contiennent une forte proportion de substances azotées renferment peu de sucre.

Pagnoul (5) a constaté que l'appauvrissement des betteraves résulte de l'abus des engrais et surtout des engrais azotés.

G. Ville (6) estime également que l'abus des matières azotées peut avoir les inconvénients les plus graves au point de vue de la richesse des betteraves. Schneidewind et Müller (7) ont aussi conclu de leurs essais que la

(1) *Trait. compl. de la fabr. du sucre*, p. 203, 1876.

(2) *De la betterave à sucre*, p. 43 et suiv.

(3) *Rech. sur la cult. des bett. fourr. A. Agronom.*, 1893.

(4) *Zeitsch. d. Ver. f. die Rübenzuckerind. d. Deutsch. Reich.*, 1884, p. 55.

(5) *C. R. des trav. de la stat. agron. du P.-de-C.*, 1873, p. 5.

(6) *Les engrais chim.*, t. III, p. 27, 1869.

(7) Schneidewind et Müller. *Journ. f. Landwirthsch.* 1896, p. 1 et *Neue Zeitsch.*, 1895.

teneur en azote des racines est en raison inverse de la teneur en sucre.

Par contre Champion et Pellet dans leur travail déjà cité, prétendent que, d'une manière générale, la proportion de l'azote contenu dans les betteraves, augmente avec la richesse saccharine.

Graftiau (1) rapprochant ses résultats de ceux obtenus par Petermann (2) conclut aussi que les matières azotées semblent diminuer au fur et à mesure qu'augmente la richesse saccharine ; cependant, en reprenant les chiffres donnés par Graftiau on arrive à la conclusion opposée. Disons de suite que les essais dont il s'agit ne sont pas comparables, car ils n'ont pas été faits dans des conditions identiques, ni dans une même terre, ni pendant la même année.

Si Champion et Pellet (3) ont conclu de leurs essais que *la teneur en azote augmente avec la teneur en sucre*, ils ont ajouté cette restriction : *pour un même terrain et une même dose d'azote dans les engrais*. Dureau (4) a fait observer que cela n'est vrai qu'autant que les betteraves sont cultivées dans des conditions normales et qu'elles sont arrivées à maturité ; lorsque la betterave est cultivée avec excès d'azote on trouve que sa teneur en sucre est d'autant plus faible que la racine contient plus d'azote.

Champion et Pellet ajoutent encore : *Pour une même richesse saccharine les betteraves contiennent d'autant plus d'azote que l'engrais était plus azoté*. Cela est d'accord avec Joulie et a été confirmé indirectement par Maercker et Herzfeld.

Essais de Joulie (5).

	Richesse saccharine des betteraves	Azote 0/0 de betterave
Parcelle sans fumure azotée	12,53	0,264
	13,58	0,308
	15,24	0,515
Parcelles ayant reçu 65 k. d'azote à l'hectare.	11,06	0,332
	11,59	0,387
	12,97	0,429
	14,98	0,472

(1) *Sucrierie Belge*, 1899, n. 15, p. 355.

(2) *Rech. de chim. et de phys.*, etc., T. 2, 1895.

(3) *C. R.* 27 septembre 1875.

(4) *Culture de la betterave à sucre*, p. 220.

(5) *Ibid.*, p. 219.

Essais de Maercker (1).*Résultats à la récolte (par 25 ares)*

1 ^{re} EXPÉRIENCE	Rendem.	Richesse p. c.	Quotient de pureté	Sucre prod. gr.	Cendres p. c.	Azote dans la better.
Sans fumure. . .	10,280	15.0	88.3	1,542	2.34	0.83
Nitrate de potas- se aux semail- les.	11,250	15.4	88.8	1,732	2.42	0.99
Nitrate de potas- se moitié en couverture. . .	12,465	15.5	86.9	1,932	2.54	1.21
2 ^e EXPÉRIENCE						
Sans fumure. . .	10,280	15.0	88,3	1,542	2.34	0.83
Nitrate de soude aux semailles.	11,830	15.9	87.8	1,881	2.46	0.92
Nitrate de soude moitié en cou- verture. . . .	13,960	15.8	88.4	2,206	2.52	1.04

De ces chiffres il résulte que :

1^o La richesse en sucre n'a été défavorablement influencée ni par le nitrate de potasse ni par le nitrate de soude ;

2^o Le quotient de pureté n'a pas été davantage atteint d'une façon appréciable ;

3^o La teneur en cendres s'est élevée, dans le cas de fumure en couverture : de 0,12 0/0 pour nitrate de potasse et de 0,05 pour nitrate de soude ;

4^o La teneur des racines en azote s'est élevée de 0,22 0/0 pour nitrate de potasse et de 0,12 0/0 pour le nitrate de soude.

Essais de Herzfeld (2).

Localités et dates des essais	Fumure par arpent (Morgen)	Sucre	Azote total Matière fraîche	Azote total Matières sèches
Warmsdorff- 7/10 1887	Pas de fumure.	15.15	0.10	0.44
	Fortement fumé (3)	15.70	0.17	0.70

(1) *Lu betterave*, 1896, p. 345.

(2) *Zeit. d. Ver. f. die Rubenzuckerind d. deutschen. Reiches*, 1888, p. 121.

(3) Pas d'indication plus détaillée.

Essais de Herzfeld (1) (suite).

Localités et dates des essais	Fumure par argent (morgen)	Sucre	Azote total matière fraîche	Azote total matière sèche
Atzendorff 18/10 1887	76.5 livres d'ac. phosphor. soluble. 35.5 livres d'azote.	18.95	0.20	0.715
	70.2 livres d'ac. phosphor. soluble. 75 livres d'azote sous forme de nitrates et de sels ammoniacaux.	17.0	0.26	0.99
Bernburg 18/10 1887	60 livres d'acide phosphor. soluble.	13.1	0.16	0.78
	800 k. nitrate de soude.	14.5	0.31	1.35
	Pas de fumure.	14.25	0.25	1.08

D'après Schneidewind et Müller, dans certaines circonstances, les racines actuelles restent pauvres en azote, quoique riches en sucre, malgré une forte fumure azotée; dans ce cas l'azote s'accumule de préférence dans les feuilles.

Dans cette question des rapports entre l'azote et le sucre, il est un point sur lequel nous devons insister, car il peut expliquer en partie les divergences qui existent entre les divers expérimentateurs. C'est la maturité. L'azote de la betterave diminue au fur et à mesure que la maturité s'avance.

Les auteurs s'accordent sur les avantages que présente la culture de la betterave riche au point de vue de l'épuisement des sols en azote. Nous avons déjà cité à ce propos le tableau de Pagnoul. La betterave riche peut, tout en étant plus riche en azote, en prélever pour la récolte entière une quantité moindre puisque le poids de cette récolte est généralement moins élevé. Pellet (2) a donné à ce sujet le tableau reproduit page 340 :

Certains savants ont cru remarquer dans la betterave un rapport assez remarquable entre les teneurs en acide phosphorique et en azote.

Les chiffres suivants sont empruntés à Pellet.

Acide phosphorique.	0,069	0,104	0,082	0,098
Azote.	0,123	0,174	0,153	0,194
Az.	1,8	1,7	1,8	2,0
P ² O ⁵	1	1	1	1

(1) *Zeit. d. Ver. f. die Rubenzuckerind d. deutschen. Reiches*, 1888, p. 121.

(2) *Bl. sucr. et dist.*, 7, p. 90, 1889.

Richesse des Betteraves 0/0 kil.	MATIÈRES MINÉRALES			MATIÈRES AZOTÉES			VALEUR TOTALE des éléments enlevés au sol
	Poids 0/0 kil. Sucre	Prix 0/0 kil. Mat. min.	Valeur des Mat. min. 0/0 kil. Sucre	Poids d'az. 0/0 kil. Sucre	Prix de l'azote p. kil.	Valeur mat. azot. 0/0 kil. Sucre	
	kil.	fr.	fr.	kil.	fr.	fr.	
8	10 »	20 »	2 »	1 70	1 50	2 55	4 55
9	8 8	22 »	1 93	1 60	»	2 40	4 33
10	7 7	23 50	1 80	1 50	»	2 25	4 05
11	6 6	25 »	1 65	1 40	»	2 10	3 75
12	5 6	26 »	1 45	1 32	»	1 98	3 49
13	4 8	27 »	1 30	1 24	»	1 86	3 16
14	4 2	28 »	1 17	1 16	»	1 74	2 91
15	3 8	29 »	1 10	1 12	»	1 68	2 78
16	3 5	30 »	1 05	1 05	»	1 57	2 62
17	3 2	31 »	1 »	1 »	»	1 50	2 50

C'est-à-dire que la proportion d'azote absorbée est toujours environ le double de la proportion d'acide phosphorique. A notre avis ce résultat ne peut être généralisé. Nous savons avec quelle facilité la valeur de l'un ou de l'autre des éléments peut subir des variations, suivant la nature des engrais, l'époque de l'application, etc. Nous devons donc nous attendre à trouver dans d'autres analyses des chiffres différents. Ainsi les chiffres de Petermann et de Graftiau donnent :

Acide phosphorique.	0,104	0,082	0,061
Azote.	0,16	0,14	0,19
Az	1,55	1,75	3,1
<u>P²O⁵</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>

Pagnoul (1) donne des chiffres dont on peut tirer :

	Betteraves à sucre			Globe jaune	
	1	2	3	4	—
Sucre.	12,55	14,55	15,15	16,70	5,15
Azote	0,184	0,176	0,199	0,153	0,138
Acide phosphorique. .	0,062	0,082	0,067	0,072	0,051
Az. <u>P²O⁵</u> , P ² O ⁵ = 1, Az =	2,96	2,14	2,97	2,15	2,70
Az. 0/0 de sucre. . .	1,46	1,21	1,31	0,92	2,68

(1) Bull. stat. agr. du P.-de-C. 1897, p. 23.

Néanmoins, en pratique, on admet généralement que la betterave à sucre demande 2 d'azote pour 1 d'acide phosphorique.

L'action des engrais azotés se manifeste par un grand développement des parties vertes de la plante. Elle augmente donc indirectement l'activité de la fonction chlorophyllienne et favorise par suite la production du sucre. Toutefois, dans l'emploi de ces fumures il est nécessaire d'observer certaines règles. Il faut qu'à la fin de sa période de végétation la betterave ne trouve plus d'azote assimilable à absorber, si on veut qu'elle mûrisse convenablement. Nous avons encore pu observer ce phénomène en 1900 dans une sucrerie du département de l'Aisne ; les betteraves avaient reçu assez tard un complément de fumure contenant beaucoup d'azote organique. La récolte avait été faite peut-être un peu hâtivement pour alimenter l'usine ; dans tous les cas le travail du jus était excessivement pénible, par suite du défaut de maturité de la matière première.

Il faut donc que les engrais azotés agissent surtout dès le début, pour constituer rapidement un appareil chlorophyllien très développé et qu'ils cessent ensuite leur action.

124. Assimilation de l'azote. — Dans la plante, l'azote se trouve sous la forme de diverses matières organiques, albumines, caséines, chlorophylle, amides, acides amidés, etc. Nous apprendrons par la suite à connaître ces corps. Il peut aussi s'y trouver sous la forme de nitrates, peut-être même de sels ammoniacaux ainsi que nous allons le voir.

La forme sous laquelle l'azote est absorbé est surtout l'acide nitrique en combinaison avec des bases et les sels ammoniacaux.

Comment les sels ainsi puisés par les racines et introduits dans la cellule par suite de phénomènes d'osmose et de diffusion sont-ils assimilés ? Comment leur azote entre-t-il dans la constitution des molécules complexes qui forment la matière vivante de la cellule, le protoplasma, la chlorophylle, etc. ? Nous n'en savons rien ! Le mécanisme chimique de ces transformations nous échappe et on n'en a donné que des théories peu satisfaisantes. Il y a certainement corrélation entre la formation des hydrates de carbone et l'assimilation de l'acide phosphorique, de l'azote, etc. Nous savons en effet que tant que les nitrates ne sont pas assimilés par les cellules de la betterave, tant qu'ils s'y trouvent en nature et que, selon l'expression de Sachs, il n'y a pas eu *assimilation* et *transsubstantiation*, la formation de saccharose est faible. Pourtant sous l'influence de cette assimilation de l'azote, l'appareil chlorophyllien se développe et travaille avec une très grande énergie. Il doit donc se former une grande quantité d'hydrates de carbone. Ils se forment en effet puisque le poids de la plante augmente rapidement, mais comme ce sont des corps réducteurs au lieu d'aller s'emmagasiner dans la racine sous la forme

saccharose, se trouvant en présence des nitrates, ils s'oxydent et détruisent la molécule de ces derniers, assimilent l'azote, forment des corps très complexes, des albuminoïdes, substances fondamentales du protoplasma, et donnent naissance à des produits secondaires, des acides, que les bases ont pour rôle de saturer.

§ 2.

L'AZOTE INORGANIQUE DE LA BETTERAVE

125. Azote nitrique. — La betterave absorbe surtout son azote sous forme de nitrates et de sels ammoniacaux. Cependant, normalement ces corps ne s'y trouvent qu'en faible quantité. Leur disparition est due à la destruction de leur molécule au cours du processus vital qui se déroule dans les feuilles.

Les plantes peuvent cependant conserver pendant un certain temps, les nitrates non modifiés dans leurs cellules ; E. Demoussy (1) a montré qu'ils sont alors retenus très énergiquement par le protoplasma vivant, de même que les chlorures. D'après le même auteur, lorsqu'il y a des nitrates et des chlorures en présence, les premiers sont absorbés de préférence par les plantes, sauf paraît-il les nitrates de lithium, de strontium et de baryum qui semblent agir toxiquement.

Grouven et Fühling (2) ont trouvé que les plantes sont généralement pauvres en azote nitrique, exception faite pour les maïs, les pommes de terre et les feuilles de betterave.

E. Schulze et Hugo-Schultz (2) ont dosé de 0,655 à 3,428 0/0 d'acide nitrique dans la matière sèche des betteraves fourragères, soit de 0,426 à 1,519 0/0 de la matière fraîche.

Vivien (3) signale la forte richesse en nitrates des betteraves de la récolte de 1876 ; l'année suivante la proportion s'était fortement abaissée.

Pellet (4) a trouvé :

Dans les pétioles	8,46 0/0 de nitrate de potassium,	soit	0,846 0/0 de matière fraîche.
Dans les limbes	4,10	»	»
		»	0,148 0/0
		»	»

Pour les feuilles entières le même auteur a dosé de 0,54 à 0,76 de nitrate de potassium 0/0 de matière normale. Les feuilles doivent contenir plus de nitrates que la racine, car il a trouvé en 1875 :

(1) *C. R.*, 127, p. 773, 1898.

(2) Cité d'après Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 37.

(3) *Traité complet de la fab. du sucre*, p. 212, 1876.

(4) *Répartition du nitrate de potasse dans une betterave*, *Rev. Ind. Sciences Chim. et Agric.*, 2, 1879, p. 81.

Nitrate de potasse 0/0 de matière fraîche	}	racines	0,47
		feuilles	0,76

Pagnoul avait déjà constaté le même fait ; pour des feuilles contenant de 0,006 à 0,292 de nitrate de potassium, on n'a trouvé dans la racine que 0,008 à 0,193.

En 1878 Pellet a trouvé pour des betteraves à 11,58 de sucre pour 100^{cc} de jus.

Nitrate de potasse dans la betterave, partie moyenne .	0,23
» » » le collet.	0,80
» » » l'extrémité pointue	0,178

En 1885 Leplay (1) a indiqué que la betterave contient de 0,43 à 0,342 0/0 de salpêtre, en moyenne 0,127.

En 1886 Faucher (2) chercha à démontrer que la quantité de nitrates contenue dans les eaux d'osmose des sucreries était capable de couvrir la consommation des manufactures de l'armée française. Corenwinder (3) trouva dans 100 k. de betteraves ayant reçu une fumure de nitrate 0 k. 113 de salpêtre ; avec une fumure d'engrais flamand il trouva 0,305.

Ladureau (4) en a dosé avec une fumure de nitrate, 0,197 ; avec une fumure de déchets de laine 0,210, 0,291 et 0,343 0/0 de betterave, soit en moyenne 0,3 0/0 correspondant à 0,164 d'acide nitrique.

En 1896, Pagnoul (5) a trouvé 0,550 d'azote nitrique 0/0 de matières sèches dans les feuilles de betterave.

Divers auteurs, Schulze, Urich, Barbieri, entre autres, ont trouvé que la betterave renferme en moyenne 0,063 0/0 d'azote nitrique représentant 32,7 0/0 de l'azote total, tandis que Pellet, Langlois et Bierer (6) n'ont dosé que 0,005 d'azote nitrique représentant 3,3 0/0 de l'azote total. Ce sont ces derniers chiffres que nous avons également trouvés.

Actuellement les betteraves sont moins riches en nitrates, conséquence des perfectionnements apportés aux méthodes culturales.

Dehérain (7) analysant des betteraves à sucre poussées dans diverses conditions de fumures, a trouvé des résultats peu différents de ceux de Pellet, Langlois et Bierer. Nous ne pouvons les reproduire ici en entier bien qu'ils soient très intéressants ; disons seulement que pour des teneurs en

(1) Cité d'après Rümpler (*loc. cit.*).

(2) *Id.*

(3) *Id.*

(4) *Id.*

(5) *Bt. Stat. Agrom. P.-d.-C.*, 1896, p. 11.

(6) *Rl. sucr. et dist.*, 13, p. 173, 1895. *Sucrerie Indigène, Sur la quantité d'ammoniaque et d'azote nitrique contenue dans les betteraves*, 46, p. 564, 1895.

(7) *La Betterave*, 1898, p. 266.

sucres variant de 16,0 à 19,5 on a trouvé de 0,027 à 0,034 d'azote nitrique 0/0 de matière sèche correspondant à 0,045 à 0,058 de nitrate de potasse 0/0 de betteraves.

Les betteraves fourragères sont généralement plus riches en nitrates que les racines sucrières. Cela résulte surtout des conditions différentes dans lesquelles ces variétés sont cultivées. Pour la betterave sucrière on recherche surtout les hautes teneurs saccharines tandis que pour les fourragères on s'efforce d'obtenir le maximum de rendement en poids.

Dans un travail dû également à Dehérain (1), on trouve un tableau donnant la composition d'un grand nombre de racines fourragères cultivées dans différentes conditions de fumure et de terrain. La richesse saccharine varie de 8,2 (Globe jaune) à 16,9 (Vilmorin améliorée), les teneurs en nitrate de potasse de 0,030 (Vilmorin améliorée) à 0,111 (Collet rose) 0/0 de betteraves (2).

En 1878 Barral a donné des analyses de betteraves monstrueuses venant d'Angleterre et qui montraient des richesses en nitrate absolument remarquables ; nous donnons ci-dessous un résumé des résultats.

	Poids de la racine	Sucres 0/0	Matières sèches 0/0	Matières albuminoïdes 0/0	Nitrate de potasse 0/0
Betterave Mammoth. . .	14,150	1	5,81	1,4	0,8
— Berkshire . . .	10,600	2	7,95	1,5	0,4
— Corne de bœuf . . .	11,390	2	6,35	1,4	0,6
— Taukand . . .	8,920	1	7,88	1,5	0,9

Pagnoul (3) attribue cette richesse en nitrate, non à une fumure au nitrate, mais à une trop grande abondance de matières organiques azotées, particulièrement de fumier.

Des betteraves semées sur un sol ayant reçu une assez forte quantité de nitrate de soude, étaient chargées de nitrate peu de temps après la levée, mais n'en conservaient plus que des traces au moment de la récolte.

Des betteraves semées sur un sol fortement fumé, mais n'ayant jamais reçu de nitrate, ont donné des racines contenant en octobre 0,7 0/0 de nitrate.

Ceci est dû à la lente nitrification du fumier.

L'accumulation des nitrates dans la betterave est soumise à beaucoup de causes. Cette plante les absorbe avec une grande facilité si elle en trouve en quantité suffisante pendant le cours de sa végétation ; elle les

(1) *La Betterave*, 1898, p. 491.

(2) *Revue des Ind. et Sc. chim. et agric.*, 1, 368, 1878.

(3) *Rev. Ind. et Sc. chim. et agric.*, 1, 420, 1878.

accumule dans ses cellules et la végétation devient très florissante. Par contre, la production du saccharose diminue. Mais cela n'est pas dû à un affaiblissement du travail chlorophyllien ; la formation des hydrates de carbone est au contraire très énergique, mais au lieu d'aller s'emmagasiner dans la racine, ces hydrates de carbone attaquent la molécule du nitrate, et forment des corps à molécules très complexes, des matières albuminoïdes qui constituent le protoplasma des cellules, la substance fondamentale des grains chlorophylliens, du noyau, et même du pigment chlorophyllien. Pour la production de la betterave riche, il faut donc que les nitrates soient absorbés dès le début de la végétation de manière à pouvoir constituer très rapidement un appareil chlorophyllien très développé et une réserve suffisante de matières albuminoïdes. Dès que cela est accompli, la présence du nitrate devient nuisible puisqu'elle retarde la migration ou l'emmagasinement du saccharose dans la racine et qu'elle ne fait qu'augmenter le poids de la récolte sans faire augmenter le poids du saccharose. Il faut donc que cet engrais soit employé très tôt, et cela est conforme aux constatations faites en pratique ; on ne fait d'épandage de nitrate qu'au moment du semis ou peu après la levée, tandis qu'on le proscrit durant le cours ultérieur de la végétation. Les engrais organiques azotés, les engrais animaux entre autres, les fumiers même, font dans certaines conditions, monter fortement la teneur en nitrate.

En effet, si le moment de l'application de ces engrais est trop rapproché de l'époque des semis, l'azote se nitrifiera encore pendant tout le cours de la végétation et les plantes trouveront toujours des nitrates à absorber. On arrive ainsi au même résultat, que si l'on appliquait du nitrate de soude à petites doses, à intervalles rapprochés, pendant toute la durée de la végétation.

Les engrais à décomposition lente doivent être appliqués soit à la récolte précédente, soit avant l'hiver.

126. Azote ammoniacal. — Jusqu'ici on a admis que la betterave renferme un peu d'azote sous la forme ammoniacale. E. Sellier a étudié cette question d'assez près et, pour donner de suite sa conclusion, il a constaté qu'*aucun* des procédés analytiques jusqu'ici utilisés pour le dosage ou même la recherche de l'ammoniaque dans la betterave ne peut donner de résultats exacts. Avec ces procédés *on doit toujours trouver de l'ammoniaque quand bien même il n'y en aurait pas du tout* ; ainsi s'explique le mot de certains auteurs : *Il y a toujours de l'ammoniaque dans la betterave.*

Il sortirait du cadre de cet ouvrage d'entrer ici dans une discussion des procédés analytiques mis en question, disons seulement que la difficulté réside en ce que la betterave contient des produits azotés — des amides acides — que nous apprendrons à connaître dans la suite, qui ont la pro-

priété de se décomposer sous l'influence des alcalis et des acides, même étendus et froids, en donnant l'amide correspondant et de l'ammoniaque.

Une seule réaction pourrait peut-être échapper à cette objection, c'est la coloration rouge que donnent les sels ammoniacaux par le réactif de Nessler, mais E. Sellier fait encore les restrictions suivantes : La spécificité du Nessler pour l'ammoniaque n'est pas démontrée, et le serait-elle, qu'il faudrait que la coloration rouge apparût très rapidement pour que l'on pût l'attribuer sûrement à l'ammoniaque ; le réactif de Nessler est très alcalin par de l'hydrate de sodium et on retombe alors dans l'erreur signalée plus haut. La coloration produite instantanément dans le jus déféqué n'a pas l'apparence bien nette des composés ammoniacaux ; elle est plutôt jaune-verdâtre que rouge.

Il faut noter que Battut (1) avait déjà, dès 1886, dénoncé l'inexactitude de certains procédés ; que Rümpler (2) a condamné les procédés de déplacement direct et recommandé une méthode de séparation préalable, qui, du reste, tombe aussi sous la critique générale.

Ce qui précède nous dispense d'analyser les travaux publiés à ce sujet ; nous n'en donnerons, à titre documentaire, que l'indication bibliographique.

Michaelis, *Zeitsch. d. Ver. f. d. Rubenzuckerindustrie d. D. R.*, 1832, cité par Rümpler (*loc. cit.*).

E. Schulze et Hugo Schultz. *Ibid.*, 1868, p. 536, cité par Rümpler.

Renard, cité par Pellet.

Pellet, *Sucrerie indigène*, 46, 364, 1893.

Champion et Pellet, *De la betterave à sucre*, 1896.

Pellet, *Rev. Ind. et Sc. chim. et agric.*, 3, 339, 1880.

Pellet, *Etudes nouvelles sur les jus et pulpes de diffusion*, 1880.

Battut (*loc. cit.*).

Pellet, Langlois et Bierer. *Sucrerie indigène*, 1880.

Schulze, Urich et Barbieri. Cités par Pellet ; voir ci-après.

Pellet et Marchais. *Sucrerie indigène*, 46, 565, 1895.

Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe* (*loc. cit.*), 1898.

Pellet, *Bull. suc. et dist.*, 19, 90, 1901.

Peut-il exister de l'ammoniaque dans la betterave ?

Un jus de betterave déféqué donne une coloration au Nessler, mais comme nous l'avons déjà dit la teinte n'est pas nettement rouge comme celle que produisent les sels ammoniacaux et c'est ce qui a amené E. Sellier à mettre en doute la spécificité de ce réactif.

Dans tous les cas ce n'est, comme on va le voir bientôt, que depuis les

(1) *Journal des fabricants de sucre*, 19 mai 1886.

(2) *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 364.

expériences de Mazé que l'on peut admettre la présence possible de l'ammoniaque dans les végétaux.

On a été longtemps à se demander et à discuter si l'azote ammoniacal est assimilé en nature par les plantes. Les travaux de Schloësing et Müntz avaient en effet montré que l'ammoniaque du sol se transforme en acide nitrique sous l'action des ferments nitrifiants, dont l'étude physiologique a été faite par Winogradsky ; on considérait donc l'azote nitrique comme l'aliment par excellence des plantes et l'ammoniaque comme ayant une valeur moindre. D'aucuns le prétendaient même inassimilable.

Müntz a montré en 1889 que cette opinion était trop exclusive. De nouvelles expériences ont été exécutées depuis et ont confirmé les résultats de Müntz. Ces dernières ne sont pourtant pas exemptes de toute critique, une terre additionnée d'ammoniaque constitue un très bon terrain pour le développement du ferment nitrifiant et l'absence de nitrate dans cette terre, à la fin de l'expérience ne démontre pas qu'il n'a pas pu s'en former aux alentours des radicules ; celles-ci l'auraient absorbé au fur et à mesure, de préférence à l'ammoniaque.

En 1896, Pagnoul (1) a montré que des betteraves fumées à l'azote ammoniacal seul, donnaient de superbes récoltes. Mais dans cette expérience il paraît certain que cet azote s'est nutritifé avant d'être absorbé.

Mazé (2), a repris la question en 1898 et a prouvé, indiscutablement cette fois, que l'ammoniaque est absorbée et assimilée en nature.

Ce savant a fait usage, dans ses expériences, de solutions nutritives stérilisées et a employé un procédé de culture spécial (3), lui permettant un contrôle facile de ses essais.

Nous arrivons aux corps qui se forment pendant le cours de la végétation. Si au point de vue cultural beaucoup n'ont que peu d'intérêt, il n'en est pas de même pour l'utilisation industrielle de la plante que nous étudions.

(1) *Bul. Stat. agr. P.-de-G.*, 1896, p. 1.

(2) *C. R.*, 127, 1032, 1898.

(3) Voir : *Annales de l'Institut Pasteur*. Janvier 1898 et 1900, p. 26.

CHAPITRE V

LES ACIDES ORGANIQUES NON AZOTÉS DE LA BETTERAVE

127. Généralités. — La betterave renferme divers acides organiques, qui s'y trouvent soit à l'état libre, soit à l'état combiné, sous la forme de sels neutres ou acides. C'est à ces corps que le jus de betterave frais doit sa réaction acide.

Il faut remarquer avec Briem (1) que la teneur en acides du jus de betteraves varie avec l'âge de celles-ci, et qu'il se produit aussi de faibles variations de cette teneur pendant les diverses phases de la journée ; l'acidité du jus, par exemple, est plus forte la nuit que le jour.

D'après Berthelot et André (2), la formation des acides végétaux dans les plantes est un phénomène complexe dépendant à la fois de la réduction de l'acide carbonique par les parties vertes (fonction chlorophyllienne) et de l'oxydation des hydrates de carbone qui en résultent par l'oxygène libre (fonction respiratoire) réagissant au sein des feuilles, de la tige et des fleurs. Il n'existe aucune relation entre la dose totale des acides végétaux contenus dans une plante à l'état libre ou combiné et le titre acidimétrique des jus extraits de ses différentes parties. En réalité les liquides végétaux tendent à être généralement acides mais le degré de cette acidité est loin d'offrir la même importance que la proportion totale des acides parce que les acides contenus dans un végétal s'y trouvent en majorité à l'état salin c'est-à-dire combinés avec des bases, en formant des sels solubles avec la potasse et des sels solubles ou insolubles, suivant les acides, avec la chaux.

Rappelons aussi que l'apparition de certains d'entre eux, semble liée avec l'assimilation des nitrates, l'acide oxalique est dans ce cas.

Dans ce qui suit nous ne donnerons des propriétés des corps que nous étudions, que ce qui se rapporte directement à la culture de la betterave ou à son utilisation industrielle.

§ 1.

ACIDES MONOBASIQUES

128. Acide glycolique. — *Syn.* $C^2H^3O^3$. Ac. oxacétique, homolactique, oxonique, etc.

(1) *Sucrierie Belge*, 1899, n° 13, p. 301.

(2) Berthelot et André, *C. R.* 133, p. 502, 1901.

Isolé du jus de betteraves par E. O. v. Lippmann (1).

L'acide glycolique forme avec la chaux un sel cristallisable le *glycolate de calcium* $(C^2H^3O^3)^2Ca + 4H^2O$ qui, d'après v. Lippmann, forme avec l'oxalate d'ammoniaque des sels doubles insolubles.

Le glycolate de calcium est soluble dans 82 fois son poids d'eau à 15° et seulement dans 19 fois son poids d'eau chaude (2).

D'après H. Bresler (3) les chiffres de solubilité sont les suivants :

Pour l'eau à 15°C.	1.2195	}	Substance hydratée
à 40°C.	5.2631		
Pour une solution sucrée à 10 0/0 à 25°C.		1.639	
		à 82°C. 3.508	

Une fois pour toutes, disons que dans les citations de Bresler, le chiffre de solubilité représente le poids de sel anhydre qui forme une solution saturée avec 100^{cc} de dissolvant.

Des solutions concentrées chaudes, il se sépare du glycolate de calcium avec 3 molécules d'eau, plus difficilement soluble.

129. Acide glyoxylique. — $COH\ CO^2H$ aq. *Syn.* Ac. glycoxylique, oxyglycollique.

E. O. v. Lippmann (4) pense l'avoir isolé du jus de très jeunes betteraves ; les opérations nécessaires à cette séparation sont si compliquées que l'auteur n'est pas très affirmatif dans ses conclusions.

Le sel de calcium $(C^2H^3O^4)^2Ca + H^2O$ est cristallisé ; il donne des sels doubles avec le glycolate ou le lactate de la même base. Le *glyoxalate de calcium* est soluble dans 177 p. d'eau froide à 8°C (5).

Par l'ébullition avec un excès d'eau de chaux, l'acide glycoxylique est transformé quantitativement en glycolate et oxalate de calcium (6).

§ 2.

ACIDES BIBASIQUES

130. Acide oxalique. $C^2O^4H^2 + 2H^2O$. — C'est l'acide le plus important et le mieux connu du jus de betterave.

Il y a été découvert par Pelouze, en 1831, et ce résultat fut confirmé plus tard par Michaëlis. Scheibler, Cunze, Herzfeld et surtout Stoklasa

(1) *Dtsch. Zuckerind.*, 1891, p. 4551.

(2) Rümpler (*loc. cit.*).

(3) *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 155, 1900.

(4) *Dtsch. Zuckerind.*, 1891, p. 4552, cité d'après Rümpler.

(5) Rümpler (*loc. cit.*).

(6) Bresler (*loc. cit.*).

ont étudié la betterave à ce point de vue ; ce dernier savant fit remarquer l'action toxique des oxalates solubles sur la végétation. D'après Schmidt (1), pendant la période de la végétation la plus active, l'acide oxalique se trouve combiné à des bases et dissous dans les cellules par l'albumine ; il cristallise à la fin de cette période, à l'état de sel de chaux. En effet, au microscope, on trouve dans les feuilles de très belles cristallisations d'oxalate de chaux, mais on en observe aussi bien au début qu'à la fin de la végétation.

Dans la plupart des plantes, à côté d'acide oxalique soluble dans l'eau, on trouve de l'acide oxalique soluble seulement dans l'acide chlorhydrique ; c'est ce qu'on constate aussi dans la betterave.

Esbach (2) a dosé 0,39 d'acide oxalique par kilogramme de betterave fraîche.

Dans les feuilles, comme aussi du reste, dans les racines, il y a des quantités très variables d'acide oxalique ; en 1873, Herzfeld (3) trouva dans les feuilles :

0/0 de la matière sèche	Au minimum	Au maximum
Acide oxalique total.	4,20	12,10
Acide oxalique combiné à la chaux.	2,20	4,00
0/0 de la matière fraîche		
Matière sèche.	14,60	11,20
Acide oxalique total.	0,613	1,355

Weisberg (4) trouva dans deux essais sur des racines de betteraves :

Poids de la betterave	Acide oxalique soluble dans l'eau	Acide oxalique soluble dans l'acide chlorhydrique
400 gr.	0,0634 0/0	0,0620 0/0
500 gr.	0,0461 0/0	0,0472 0/0

Stoklasa (5) a constaté des teneurs en acide oxalique, différentes, suivant qu'il examinait les feuilles et les racines de betteraves saines ou les feuilles et les racines de betteraves malades ; il donne les valeurs suivantes :

- (1) *Ann. d. chim.*, 61, 297.
 (2) Cité d'après A. Gautier, *Chimie biologique*, 1890, p. 630.
 (3) *Ztschr. d. Ver. f. d. Rüb. Zuck. Ind. des Deutsch. Reich.*, 1894, p. 645 (cité d'après Rümpler).
 (4) *Bl. sucr. et dist.* 11, p. 99, 1893.
 (5) Stoklasa, *Recherches chimiques dans le domaine de la phytopathologie. Sucrierie indigène*, 16, 341, 1895.

0/0 de matières sèches (Feuilles)	Betteraves saines	Betteraves nématodées
Acide oxalique soluble dans l'eau.	2,04	6,03
» » insoluble » »	3,92	0,89
(Racines)		
Acide oxalique soluble dans l'eau.	0,07	0,11
» » insoluble » »	0,04	0,09

La quantité d'acide oxalique soluble paraît donc beaucoup plus forte chez les betteraves nématodées ; ce fait a été confirmé par Hellriegel.

Stoklasa (1) a aussi constaté que les feuilles albicantes renferment une plus grande quantité d'acide oxalique soluble dans l'eau, que les feuilles vertes ; de plus, il a remarqué que quand cette augmentation se produisait, il y avait une diminution corrélative de la teneur en chaux et de la formation du saccharose. Cet auteur a conclu de ses recherches que cet acide oxalique avait une influence nocive très marquée sur le protoplasma vivant, sur les noyaux cellulaires, et en général sur la fonction chlorophyllienne. Le rôle de la chaux serait de l'insolubiliser et de le mettre sous une forme inactive.

L'acide oxalique paraît se former comme produit secondaire de l'élaboration de la nucléine, de la lecithine, etc. Ce serait donc un produit de déchet de l'assimilation de l'acide phosphorique et des nitrates, ce terme d'assimilation s'entendant dans le sens réel du mot, c'est à-dire, transformation des substances minérales absorbées par la plante, en matériaux vivants concourant à l'élaboration de la substance du protoplasma des cellules et plus tard, des réserves alimentaires ; il pourrait aussi provenir de l'oxydation incomplète des divers hydrates de carbone, mais, ici encore, le nitrate emmagasiné par la betterave, pourrait logiquement jouer un rôle actif. Cette formation d'acide oxalique sous l'influence d'une oxydation incomplète de corps non azotés, peut d'ailleurs s'observer autre part que dans le règne végétal. Dans l'organisme animal, Garnier, W. Mills et Bunge (2) ont observé des faits du même genre.

L'acide oxalique ne se rencontre à l'état libre que chez de rares végétaux ; normalement, il est à l'état combiné. Pour la betterave en particulier, le fait a été constaté tout récemment par H. Bulow (3) ; cet auteur a conclu de ses essais que les feuilles de betteraves ne contiennent pas d'acide oxalique libre.

Le sel de calcium, l'oxalate de calcium $C^2O^4Ca + 1,2$ ou $3H^2O$, est insolu-

(1) Z. Zuckerind. in Böhmen, 1897.

(2) Voyez : Garnier : *Chimie des liquides et tissus de l'organisme. Encyclopédie Fremy*, 4, p. 874.

(3) H. Bulow. *Sur la détermination de l'acide oxalique dans les feuilles de betteraves. J. f. Landwirtschaftl.*, 47, 359, 1899 et *Bl. sucr. et dist.*, 17, 933, 1900 et 18, 603, 1901.

ble dans l'eau, ou à peu près. Dans la sève des végétaux, il se trouve néanmoins à l'état dissous et on a indiqué comme agent de solubilisation, l'albumine de la cellule. En réalité, il ne paraît pas en être ainsi et Rümpler (1) dit que, dans ce cas, ce sont les sels à réaction acide accompagnant le sucre dans le jus de betteraves qui agissent.

Dans l'eau pure, l'oxalate de calcium est moins soluble que dans l'eau légèrement sucrée ; mais, chose curieuse, cette solubilité décroît au fur et à mesure que la teneur en sucre s'élève. C'est ce qu'a montré Jacobsthal (2) qui a donné les chiffres suivants :

A 17%, il se dissout:		$\text{C}^2\text{O}^4\text{Ca}$	$\text{C}^2\text{O}^4\text{Ca} + \text{H}^2\text{O}$
Dans 1000 ^{cc}	d'eau pure	0 ^{sr} 03189	0 ^{sr} 03756
»	» d'une solution à 5 0/0 de sucre.	0 04705	0 05364
»	» » » 10 »	0 02870	0 03272
»	» » » 15 »	0 01225	0 01397
»	» » » 20 »	0 00800	0 00912
»	» » » 30 »	0 00095	0 00108

Lorsque dans la solution, en présence du sucre, il existe de la chaux, la solubilité de l'oxalate de calcium paraît être influencée, fait soupçonné par Dehn (3) en 1868. Rümpler (4) a étudié la solubilité de l'oxalate de calcium dans les solutions sucrées de différentes concentrations et en présence de différentes quantités de chaux ; ses résultats sont résumés dans les tableaux suivants.

Teneur constante en sucre.

	Sucre 0/0 dans la liqueur	CaO 0/0 dans la liqueur	$\text{C}^2\text{O}^4\text{Ca}, \text{H}^2\text{O}$ 0/0 dissous par la liqueur
1	25,95	0,773	0,0000
2	25,85	1,156	0,0042
3	25,80	1,790	0,0225
4	25,80	2,312	0,0349
5	25,80	2,993	0,0520

Teneur constante en chaux.

1	7,10	1,960	0,0392
2	20,10	2,058	0,0463
3	32,20	2,170	0,0262
4	43,20	2,054	0,0059
5	50,00	2,000	0,0000

(1) Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 66.

(2) *Ztschr. d. Ver. für die Rüb. Zuck. Ind. d. Deutsch. R.* 1868, p. 649 (cité d'ap. Rümpler).

(3) D'après Rümpler (*loc. cit.*), p. 68.

(4) *Dtsch. Zuckerind.*, 1897, 677 et *die Nichtzuckerstoffe*, p. 68.

Les essais de Rümpler avaient été exécutés à la température de la chambre ; Bresler (1) les répéta pour celle de 75°C. qui correspond mieux aux conditions industrielles ; il a trouvé les chiffres de solubilité suivants :

Richesse					
25,85 0/0 de sucre	2,993 0/0 CaO	0,0471	=	0,0537	(C ² O ² Ca + H ² O)
25,85	—	2,312	—	0,0393	0,0448
25,85	—	1,790	—	0,0237	0,0270
25,85	—	1,156	—	0,0150	0,0171
25,85	—	0,773	—	0,0011	0,0013

Avec une teneur constante de 2 0/0 de chaux.

14,2 0/0 de sucre	0,0249	=	0,0284	(C ² O ² Ca + H ² O)
21,3	—	0,0544	0,0620	
28,4	—	0,0449	0,0512	
35,5	—	0,0303	0,0346	
42,6	—	0,0223	0,0254	
49,7	—	0,0147	0,0156	

L'alcalinité due à la potasse et à la soude se comporte comme l'alcalinité calcique :

0,056 0/0 KOH correspondant à	0,028 0/0 CaO	Traces
0,112 0/0 — —	0,056 —	0,0040
0,168 0/0 — —	0,084 —	0,0054
0,040 0/0 NaOH correspondant à	0,028 —	0,0036
0,080 — —	0,056 —	0,0067
0,120 — —	0,084 —	0,0078

Il ressort de ces essais que la solubilité de l'oxalate de calcium augmente lorsque la teneur en sucre reste constante et que l'alcalinité devient plus forte ; elle diminue dans le cas contraire.

131. Acide malonique. — CH²(CO²H)².

Isolé par v. Lippmann (2) des incrustations d'un appareil d'évaporation. La présence de l'acide malonique dans ces dépôts peut être due aussi bien à l'oxydation de l'acide malique, produit normal du jus de betteraves, qu'à sa préexistence dans le jus.

D'après Rümpler le malonate de calcium (C³H²O²Ca + H²O) est peu soluble

(1) *Dtsch. Zuckerind.*, 1899, 439. — *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 156, 1900. — *Bl. suc.* et *dist.*, 18, 116, 1901.

(2) *Bl.*, 36, 372 et *B.* 1881, p. 1183 (cité d'après Rümpler).

dans l'eau. Myczinski (1) a étudié cette solubilité et nous empruntons à Bresler le tableau suivant calculé par 10° de température :

Température	Solubilité	Augmentation de solubilité par 1° c.
0,0	0,2897	—
10,0	0,3297	0,00400
20,0	0,3651	0,00354
30,0	0,3957	0,00306
40,0	0,4218	0,00261
50,0	0,4431	0,00213
60,0	0,4598	0,00167
70,0	0,4718	0,00120
80,0	0,4791	0,00073

Toujours d'après Bresler, voici les solubilités du malonate de calcium dans les solutions sucrées à différentes températures :

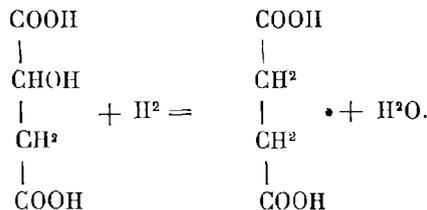
Solution sucrée à 10 0/0 à 27° C.		0,3816	= 0,4057	$C^2H^2O^4Ca + H^2O$
—	25	20,2	0,3491	0,3934 —
—	50	18,3	0,3519	0,3986 —
—	10	77,2	1,3799	1,5548 —
—	20	95,1	1,6388	1,8606 —
—	25	91,0	1,7144	1,9319 —

132. Acide succinique. — *Syn.* Ac. ethylenodicarboxylique, ethylenodicarbonique ($CO^2H. CH^2$)².

Isolé par v. Lippmann (2) dans des écumes de défécation provenant du procédé Siegert, en travaillant des betteraves non mûres.

Notons aussi que l'acide succinique est un des produits constants de la fermentation alcoolique.

Par quel mécanisme se forme-t-il dans la plante ? Il est difficile de répondre à cette question. Néanmoins, on peut penser qu'il se forme aux dépens de certains acides, les acides malique, tartrique, etc. par exemple, par un mécanisme de réduction traduit par l'équation suivante :



Ac. Malique.

(1) Cité d'après Bresler (*loc. cit.*).

(2) *Dtsch. Zuckerind.*, 1891, p. 1550 (cité d'après Rümpler).

Il peut aussi provenir de l'oxydation des matières grasses ou de la décomposition des matières albuminoïdes, dont un des produits de dédoublement, l'acide aspartique ou amido-succinique amidé, peut se trouver dans certains jus de betterave.

Le *succinate de calcium* ($C^4H^4O^4Ca + H^2O$) se forme en décomposant le succinate de sodium par le chlorure de calcium ; quand on ne précipite pas à l'ébullition c'est le sel à 3 molécules d'eau qui se forme. Pour le sel normal Bresler a trouvé comme chiffre de solubilité dans l'eau à $19^{\circ}5$: $0,2415 = 0,2722 C^4H^4O^4Ca + H^2O$.

Dans une solution sucrée à 10 0/0 à $27^{\circ}3$ C. : $0,3482 = 0,4490 C^4H^4O^4Ca + H^2O$

—	25	27,1	0,3009	0,3355	»
—	50	27,0	0,2730	0,3045	»
—	10	81,0	0,6523	0,7276	»
—	25	81,0	0,4764	0,5315	»
—	50	82,0	0,3912	0,4327	»

133. Acide glutarique. — *Syn.* Ac. pyrotartreux, methylsuccinique, pyrotartrique, $C^5H^8O^4$.

L'acide glutarique doit être assez rare dans les végétaux ; sa présence dans la betterave est soupçonnée, depuis que v. Lippmann a trouvé du glutarate de calcium dans les incrustations d'appareils d'évaporation lors de la mise en œuvre de betteraves non mûres (1).

Le *glutarate de calcium* $C^5H^8O^4Ca + 4H^2O$ est plus soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude de sorte que ses solutions saturées à froid se troublent par le chauffage. C'est le sel à 4 mol. d'eau qui se précipite dans ces conditions ; quand on dessèche celui-ci à 100° , il perd 2 mol. d'eau, à 140° , 3 mol. ; à 170° il est anhydre. 1 partie de sel normal se dissout dans 1,7 partie d'eau (Rümpler).

Dans une solution sucrée à 10 0/0 le chiffre de solubilité (2) à 81° C. est $2,249 = 3,201$ sel à $4H^2O$.

Dans une solution sucrée à 50 0/0 le chiffre de solubilité à 81° C. est $2,013 = 2,864$ sel à $4H^2O$.

134. Acide adipique $C^4H^8 (CO^2H)^2$. — Cet acide a été rencontré par v. Lippmann dans le même précipité provenant du réchauffage des jus chaulés, dans lequel il avait trouvé également de l'acide succinique.

L'*adipate de calcium* $C^6H^8O^4Ca + H^2O$ se précipite par l'ébullition d'un mélange des solutions de chlorure de calcium et d'adipate d'ammonium. D'après Dieterle et Hell (3) :

(1) *Dtsch. Zuckerind.*, 1891, p. 1550 cité d'ap. Rümpler, p. 87.

(2) D'après Bresler (*loc. cit.*), p. 240.

(3) *B.* 17, 2222, cité d'après Bresler.

100 parties d'eau à 13° dissolvent 4,02 g. de sel anhydre.

—	17°	—	4,09	—
—	100°	—	1,20	—

D'après Bresler les chiffres de solubilité pour les solutions sucrées sont à :

10 0/0 et 89°2 C.	: 1,4214
24 0/0 » 87°5	1,1037
50 0/0 » 91°4	0,8731

135. Acide malique $\text{CO}^2\text{H} \cdot \text{CH}^2 \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CO}^2\text{H}$. — L'acide malique existe dans beaucoup de végétaux, soit à l'état libre, soit en combinaison avec la potasse, la chaux ou la magnésie ou avec les bases organiques.

Dans la betterave sa présence fut affirmée mais non démontrée par Dubrunfaut, Braconnot, Payen ; Buchner (1) l'a recherché dans les betteraves rouges mais il n'en a pas démontré l'existence d'une manière certaine. Ce n'est que v. Lippmann (2) qui l'a identifié nettement par l'analyse élémentaire ; il l'a retrouvé dans les incrustations des appareils d'évaporation de sucrerie. Bien que ces incrustations paraissent être la seule source d'où on ait obtenu l'acide malique d'une manière certaine, il est plus que probable, étant donné sa grande dissémination dans tout le règne végétal, qu'il existe aussi dans le jus de betteraves.

D'après P. Horsin Deon (3) la betterave en contient des proportions variables suivant son âge ; il faut avoir soin de n'arracher que des betteraves bien mûres, car l'acide malique entrave le travail des sucreries. Cet auteur n'indique pas sur quelles expériences il base son opinion.

L'acide malique donne avec le calcium différents sels. Bresler (4) en a donné une monographie très claire que nous reproduisons en la complétant d'après d'autres documents.

a. *Malate acide de calcium* $\text{Ca}(\text{C}^+\text{H}^3\text{O}^5)^2 + 6\text{H}^2\text{O}$. — C'est v. Lippmann qui a indiqué cette formule ; dans la littérature elle est généralement donnée avec 8 mol. H^2O . Ce sel prend naissance du malate neutre lorsqu'on dissout celui-ci dans une dissolution chaude, concentrée, d'acide malique ou dans l'acide azotique dilué, moyennement chaud. Quand on traite à la température ordinaire 1 molécule de CaCO^3 avec une solution de 2 mol. d'acide malique, pas trop concentrée, on obtient d'abord une solution claire de laquelle le sel acide se sépare après quelque temps ; la séparation est favorisée

(1) *Repert. für die Pharmacie*, 95, 184, cité d'après Rümpler.

(2) *Deutsch. Zuckerind.*, 1891, p. 1549.

(3) *Traité de fabrication du sucre*, t. 1, p. 93, Paris, 1900.

(4) Bresler (*loc. cit.*), p. 241.

par l'agitation ou le chauffage. D'après Iwig et Hecht 100 parties d'eau

à 15° dissolvent	4,287 parties $\text{Ca}(\text{C}^+\text{H}^-\text{O}^{\text{S}})^2$
17° »	4,386 »
45° »	8,514 »
57° »	32,236 »
68° »	43,127 »
78° »	7,437 »

La solubilité du malate acide de calcium augmente rapidement avec la température, jusqu'à 60°, et diminue ensuite très fortement ; cette diminution est causée par la décomposition du sel acide en sel neutre et acide malique libre. Le résidu resté insoluble à 78° était constitué partiellement par du malate de calcium deshydraté normal.

La solution du malate acide a une saveur acide agréable ; le sel perd son eau de cristallisation à 180° environ ; pourtant d'après v. Lippmann il est difficile d'arriver à un poids constant.

En solution, le malate acide de calcium est décomposé par l'ébullition, par le chauffage avec l'alcool, par un courant d'acide carbonique ; c'est le sel neutre qui se forme ; la décomposition est incomplète avec les alcalis purs.

b. *Malate neutre de calcium* $\text{CaC}^+\text{H}^-\text{O}^{\text{S}}$. — Ce sel existe avec des quantités différentes d'eau de cristallisation, sa solubilité augmente avec la quantité d'eau.

On obtient le sel à 3 mol. d'eau quand on sature l'acide malique en solution aqueuse avec un excès de carbonate de calcium.

Quand on neutralise du lait de chaux avec la quantité calculée d'acide malique, lorsqu'on a employé la moitié de l'acide, il se forme une masse épaisse visqueuse de sel basique qui se redissout en ajoutant le reste de l'acide malique. Après repos, la plus grande partie du malate de calcium se sépare en gros grains ayant 3 mol. d'eau. Si on évapore la solution filtrée, le sel à 1 mol. d'eau se sépare. Le même sel se forme aussi lorsqu'on abandonne au repos un mélange de malate de sodium et de chlorure de calcium.

L'évaporation lente d'une solution de malate acide, neutralisée par l'ammoniaque ou le carbonate de sodium donne des cristaux de malate à 3 mol. H^2O .

On voit qu'à basse température c'est le sel à 3 mol. d'eau qui se forme tandis qu'en solution chaude c'est le sel à 1 mol. qui se sépare ; on pouvait donc prévoir que la solubilité du malate neutre de calcium diminuerait par l'élévation de la température ; c'est ce que confirment les chiffres suivants donnés par Bresler.

Température	100 parties d'eau dissolvant Ca.C ⁴ H ⁴ O ⁵	Température	100 parties d'eau dissolvant Ca.C ⁴ H ⁴ O ⁵
—	—	—	—
43°	0.839	69°	0.628
45°	0.711	72°	0.663
58°	0.566	75°	0.643
63°	0.600	80°	0.724
67°	0.612	86°	0.737

La plus grande solubilité du malate de calcium s'observe donc à la température ordinaire, elle diminue graduellement jusqu'à 60° pour remonter ensuite lentement.

Les malates de calcium montrent cette particularité de se dissoudre dans l'eau en quantité notable lors de leur préparation et de ne se séparer qu'après un long repos ou par l'ébullition, le sel ainsi obtenu ayant une plus faible solubilité. L'hypothèse la plus admissible de ces séparations serait, d'après Bresler, une polymérisation se produisant en solution aqueuse, les modifications polymères se différenciant des sels plus simples par une solubilité plus faible.

D'après Dessaignes une solution de sel ammoniacal neutre additionnée de CaCl² donne par cristallisation le sel à 3 mol. H²O, tandis que par l'ébullition d'une solution d'acide malique neutralisée par la chaux, c'est le sel neutre qui se précipite. La combinaison à 2 mol. d'eau prend naissance par évaporation dans le vide d'une solution de l'acide neutralisée par l'eau de chaux.

c. *Malate basique de calcium* Ca²OH²C⁴H⁴O⁵ + 9H²O. — Comme nous l'avons déjà dit, on obtient ce sel quand on traite 1 mol. de CaO sous forme de lait par 1/2 mol. d'acide malique en solution aqueuse. Le liquide reste d'abord assez clair, mais après quelques minutes il se sépare une masse visqueuse en quantité telle que l'agitateur y reste immobilisé. C'est peut-être ce phénomène qu'envisage Horsin-Déon (1) lorsqu'il dit que le malate de calcium abandonné au repos donne de l'acide succinique et une matière mucilagineuse fort incommode et même de l'acide butyrique ; dans tous les cas l'auteur ne donne pas à ce sujet de renseignements assez précis pour qu'on puisse admettre qu'il s'agit sûrement de la fermentation du malate de calcium.

136. Acide tartrique CO²H.CH(OH).CH(OH).CO²H.

L'acide tartrique existe dans les végétaux, comme l'acide malique, à l'état libre ou sous forme de sels calciques et potassiques. v. Lippmann

(1) Horsin-Déon, *loc. cit.*, p. 93.

en a trouvé dans des incrustations d'appareils évaporatoires de sucrerie.

Tartrate neutre de calcium $C^2H^2O^6Ca + 4H^2O$. — Plus soluble à chaud qu'à froid ; les indications (1) divergent notablement. D'après Schmidt et Hepe 1 partie est soluble dans 2800 parties d'eau ; d'après Mohr 1 partie de sel pour 352 parties d'eau bouillante et 6265 d'eau à 15° ; d'après Cassemann 1 partie pour 350 d'eau bouillante et 1210 d'eau froide. Bresler a trouvé comme chiffre de solubilité à 24° : 0,0385 ou 1 partie de sel anhydre pour 2603 p. d'eau à 24° ; pour les solutions sucrées à

10 0/0	—	19,7 C.	= 0,0453	correspondant à	0,0626	$C^2H^2O^6Ca, 4aq.$
25	20,1	0,0282	—	0,0390	—	
50	24,0	0,0235	—	0,0325	—	
10	81,0	0,1895	—	0,2620	—	
29	80,0	0,1230	—	0,1701	—	
50	81,0	0,0863	—	0,1193	—	

Le tartrate neutre de calcium est soluble dans les tartrates alcalins, dans les sels ammoniacaux, dans les lessives potassique et sodique froides.

D'après Rümpler (2) le tartrate neutre de calcium donne avec le malate une combinaison $C^2H^2O^6Ca + C^2H^2O^3Ca + 6H^2O$ qui se dissout dans 80 fois son poids d'eau à 17°.

Tartrate acide de calcium $(C^2H^5O^6)^2Ca$. — Se forme par dissolution du tartrate neutre dans une solution d'acide tartrique.

§ 3.

ACIDES TRIBASIQUES

137. Acide tricarballylique $C^3H^5(CO^2H)^2$; d'après Rümpler : $C^3H^5O^6$.

E. O. von Lippmann (3) a rencontré accidentellement l'acide tricarballylique à l'état de sel calcaire, dans les incrustations des appareils évaporatoires de sucrerie, lors du traitement de betteraves, arrachées prématurément et ayant séjourné en silos pendant une série de jours chauds.

Weyr (4) confirma les essais de Lippmann ; mais, ni l'un ni l'autre de

(1) Citées d'après Bresler, *loc. cit.*, p. 260.

(2) *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 121.

(3) *Ztschr. d. Ver. f. d. Rüb. des Deutsch. Reiches*, 1878 et 1879, cité d'après Rümpler.

(4) *Ztschr. d. Ver. f. d. Rüb. des Deutsch. Reiches*, 1879, p. 379, cité d'après Rümpler.

ces expérimentateurs ne purent affirmer que cet acide était bien contenu dans le jus même de la betterave ; néanmoins, Rümpler (1) considère sa présence dans cette plante comme vraisemblable.

Andrlick (2) pense l'avoir isolé des écumes de saturation ; il ne donne pas d'indications sur la nature des betteraves ayant fourni ces écumes. Il se peut qu'on ne rencontre l'acide tricarballoylique que dans des racines altérées.

Tricarballoylate de calcium $(C^6H^5O^6)^2Ca^3 + 3H^2O$. — Se sépare par évaporation d'une solution de l'acide neutralisée par l'eau de chaux. Le chiffre de solubilité pour l'eau à 8°6 C. est, d'après Bresler (3), 0,2893, soit une partie de sel anhydre pour 346 parties d'eau. Pour les solutions sucrées, il a trouvé :

10	0/0	à 26°0 C.	: 0,2607	correspondant à	0,2909	de sel à 3H ² O
25	26,0	0,2524	—	0,2816	—	
50	24,0	0,2108	—	0,2352	—	
10	71,0	0,7506	—	0,8370	—	
29	72,0	0,3972	—	0,4433	—	
50	65,0	0,3217	—	0,3590	—	

Il existe aussi un *sel acide* $(C^6H^5O^6)Ca + H^2O$.

138. Acide aconitique. — *Syn. Ac. equisetique, citridique, etc.*
 $C^3H^3(CO^2H)^3$.

Isolé par v. Lippmann (4) des dépôts des appareils évaporatoires de sucrerie, lors du travail de betteraves très altérées ; jusque maintenant sa présence n'a pas encore été démontrée dans le jus de betteraves lui-même ; il est possible qu'il n'en existe que dans les betteraves altérées.

L'aconitate de calcium $(C^6H^3O^6)^2Ca^3 + 6H^2O$ ne se sépare de ses solutions que par une longue ébullition. D'après Baup (5) 99 parties d'eau à 15° en dissolvent une partie. Bresler (6) a trouvé comme chiffre de solubilité à 9°6 : 0,7564 soit 132 parties d'eau pour 1 de sel anhydre ou 1,0138 soit 98,6 parties d'eau pour 1 de sel à 6H²O. Pour les solutions sucrées :

(1) *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 122.

(2) *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1900, p. 645 et *Bl. sucr. et dist.*, 18, 363, 1900.

(3) *Loc. cit.*, p. 260.

(4) *B.* 10, 351.

(5) Bresler, *loc. cit.*, p. 260.

(6) *Id.*

10 0/0 à 29°2 C. :	0,6339	correspondant à	0,7817	de sel à	6H ² O
25	25,0	0,3696	—	0,4357	—
50	27,0	0,1732	—	0,2135	—
10	81,0	1,3602	—	1,6771	—
29	76,0	1,1976	—	1,4765	—
50	79,0	0,9358	—	1,1538	—

Il existe encore un aconitate de calcium C⁶H⁴O⁶Ca.H²O, masse amorphe gommeuse, très soluble ; un aconitate (C⁶H³O⁶)²Ca³ + 3H²O, prismes clinorhombiques peu solubles dans l'eau ; un sel acide C⁶H³O⁶ CaH.H²O, masse gommeuse très soluble.

139. Acide citrique. — *Syn.* Ac. oxycarballylique C³H⁴(OH). (CO²H)³, aq.

Sa présence fut constatée dans la betterave par Michaelis en 1831 ; C. Schrader le retrouva plus tard dans les dépôts des appareils de sucrerie, pendant le travail des betteraves non mûres. Plus récemment Andrick (1) en a dosé de 0,16 à 1,21, en moyenne 0,70 0/0 dans les écumes sèches de carbonatation.

L'acide citrique existe dans beaucoup de végétaux, accompagné ou non des acides tartrique et malique.

Citrate de calcium (C⁶H³O⁷)²Ca³ + 2H²O (d'après Rümpler et Andrick, 4H²O). Précipité cristallin, sableux, moins soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide, de sorte que les solutions saturées à froid se troublent par le chauffage. D'après Jacobsthal 100^{cc} d'eau à 17° dissolvent 0,18127 de sel anhydre = 2,0737 de sel à 4 mol. H²O ou 1 partie de sel anhydre pour 551 parties d'eau. D'après Warrington 100^{cc} d'eau à 40° en dissolvent 0,0831 et à 94° 0,05581, soit pour 1 partie 1180 d'eau à 40° et 1730 d'eau à 90°.

Bresler (2) a trouvé les chiffres suivants :

100 ^{cc} H ² O à 9°6	dissolvent	0,1526	de sel anhydre,	1	partie pour	655	d'eau.
100 ^{cc} H ² O à 24°0	—	0,1140	—	1	—	874	

En présence du saccharose la solubilité du citrate de calcium présente des variations intéressantes. Jacobsthal (3) a trouvé dans

1000 ^{cc} de sol. sucrée à	0 0/0 :	1,8127	sel anhydre =	2,0737	de sel à	4H ² O
	5	—	1,5784	—	=	1,8057
	10	—	1,3843	—	=	1,5836

(1) *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1900, p. 645 et *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 363, 1900.

(2) Bresler, *loc. cit.*, p. 260.

(3) Rümpler, p. 140.

1000 cc sol. sucrée à 15 0/0	1,5051	sel anhydre	—	1,7218	de sel à 4H ² O
20 —	1,4535	—	—	= 1,6628	—
30 —	1,4538	—	—	= 1,6631	—

Bresler (1) indique les chiffres de solubilité suivants :

10 0/0 de sucre	0,1427	correspondant à	0,1632	(C ⁶ H ⁵ O ⁷) ² Ca ³ + 4H ² O
25 —	0,1528	—	0,1748	—
50 —	0,1473	—	0,1685	—
10 —	0,1134	—	0,1297	—
29 —	0,1243	—	0,1422	—
50 —	0,1184	—	0,1354	—

Dans certaines conditions on peut obtenir un citrate de calcium à 7H²O. Il existe aussi un citrate acide C⁶H⁵O⁷HCa + H²O, sel décomposable par l'eau.

140. Acide oxycitrique C⁶H⁸O⁸ (Rümpler).

Isolé par v. Lippmann des incrustations des appareils évaporatoires de sucrerie. Le sel de calcium (C⁶H⁵O⁸)²Ca³ + 9H²O se forme par saturation de l'acide par le lait de chaux, sous forme d'un précipité volumineux et gélatineux devenant cristallin par ébullition avec l'eau. D'après Bresler (2) 1 partie de sel anhydre se dissout dans 3716 parties d'eau à 15°.

(1) Bresler, *loc. cit.*, p. 260.

(2) *Id.*

CHAPITRE VI

LES HYDRATES DE CARBONE DE LA BETTERAVE

§. 1.

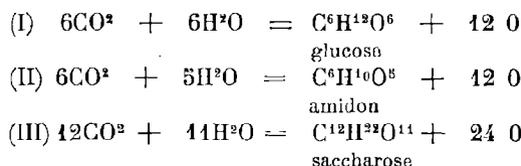
GÉNÉRALITÉS

141. Nature des hydrates de carbone de la betterave. — Les hydrates de carbone contenus dans la betterave sont très nombreux et leurs proportions relatives varient beaucoup suivant les cas. Ce sont des sucres : dextrose, lévulose, saccharose, maltose, raffinose, etc., des pentosanes, des celluloses, des matières pectiques, gommeuses, ligneuses, de l'amidon, etc. L'étude de ces corps constitue encore aujourd'hui l'un des chapitres les plus intéressants, mais aussi les plus obscurs sur certains points, de la chimie ; aussi ne nous étendrons-nous que sur les principaux et leurs propriétés qu'il importe de bien connaître au point de vue de la fabrication du sucre et de l'alcool. Nous renvoyons pour les détails aux traités de Tollens et Bourgeois, de E. O. v. Lippmann et de Maquenne.

142. Origine et formation des hydrates de carbone. — On a peu de données exactes sur la formation des hydrates de carbone dans les plantes.

Il est certain cependant, qu'ils résultent de la décomposition de l'acide carbonique de l'air, sous l'influence de la lumière, avec assimilation d'eau et élimination d'oxygène.

Vraisemblablement, ces réactions peuvent s'exprimer par les équations suivantes (1) :



(1) Voy. : Tollens et Bourgeois. *Hydrates de carbone*, p. 7.

Il est possible, en outre, que dans ces diverses réactions, l'anhydride carbonique commence par passer à l'état d'acide carbonique $\text{CO}(\text{OH})_2$, lequel se désoxyde ensuite.

Von Baeyer et plus tard Wurtz ont émis l'hypothèse que l'acide carbonique et l'eau, engendrent d'abord de l'aldéhyde méthylique ou aldéhyde formique CH_2O , et que celle-ci subit ensuite une polymérisation qui l'amène à l'état de divers hydrates de carbone. Cette hypothèse a reçu une certaine confirmation de la part de Reinke qui a extrait des feuilles de plantes les plus diverses, par distillation en présence de l'eau, des corps réducteurs, à fonction aldéhydique, parmi lesquels peut se rencontrer l'aldéhyde formique. D'autre part, le Dr Gino Pollacci, qui a fait de l'assimilation chlorophyllienne une étude toute particulière, a effectué les constatations suivantes :

Les organes verts des plantes qui végètent sous la lumière solaire, plongés dans le réactif de Schiff, donnent la réaction aldéhydique ; dans les mêmes conditions les champignons ne donnent pas cette réaction.

Quand on maintient les feuilles pendant quelques jours à l'obscurité, elles ne donnent plus la réaction aldéhydique ; les résultats sont identiques pour des plantes qu'on laisse végéter dans une atmosphère privée de CO_2 .

Il conclut de ses recherches que :

1° Dans les organes verts de plantes qui végètent à la lumière solaire, il y a de l'aldéhyde formique ;

2° Il n'y a pas d'aldéhyde formique chez les champignons ;

3° Il ne s'en forme pas non plus chez les plantes vivant à l'obscurité ou dans un milieu privé d'acide carbonique.

Néanmoins, il faut mentionner ce fait, que des feuilles qu'on place dans une solution d'aldéhyde méthylique exempte de CO_2 ne se sont pas chargées d'amidon, comme c'est le cas avec des solutions d'autres hydrates de carbone ou encore de la glycérine. Cependant, d'après Bokorny les cellules de spirogyras se remplissent d'amidon lorsqu'on les place dans des solutions de méthylal et d'alcool méthylique.

Nous devons aussi noter les recherches de Bach qui, ayant exposé au soleil de l'eau tenant en dissolution de l'acide carbonique et de l'acétate d'urane, a constaté la formation d'ozone et d'aldéhyde méthylique ; cette dernière, d'après Stohmann, engendrée transitoirement, s'unit avec les substances protoplasmiques pour donner des molécules très complexes qui, par dédoublement, engendreraient, entre autres produits, de l'amidon.

Nous n'insisterons pas davantage sur ces questions, nous réservant d'y revenir, s'il y a lieu, à propos des divers hydrates de carbone que nous allons étudier.

§ 2.

LES SUCRES. — HEXOSES

143. Sucres réducteurs $C^6H^{12}O^6$.

Les sucres réducteurs de la betterave sont encore mal connus mais on y a trouvé un mélange équimoléculaire de d-glucose (dextrose) et de d-fructose (lévulose), c'est-à-dire du sucre inverti. Ce sucre inverti, qui fut obtenu pour la première fois en 1830, par Dubrunfaut, dans l'hydrolyse du sucre de canne, est très répandu dans la Nature et particulièrement dans le règne végétal ; beaucoup de fleurs, de feuilles, presque tous les fruits sucrés, le miel, etc. en renferment, mais le plus souvent à l'état impur, accompagné d'un excès plus ou moins grand de d-glucose ou de d-fructose, ainsi que de certains autres sucres.

On ne sait pas encore si la racine de betterave renferme du sucre inverti, lorsqu'elle est fraîche, saine et normale. C'est là une question sur laquelle les chimistes n'ont pas encore pu se mettre d'accord (1) ; dans tous les cas, les betteraves travaillées en sucrerie en contiennent toujours.

Claassen (2), examinant au cours des campagnes 1889-90, 1890-91, le jus extrait des cossettes fraîches, a constaté en effet des teneurs variables en sucres réducteurs ; nous en donnons les moyennes ci-après :

1889-90		1890-91	
Semaines	Sucre inverti dans le jus de pression des cossettes	Semaines	Sucre inverti dans le jus de pression des cossettes
	0/0		0/0
Du 29 sept. au 3 oct...	0.21	Du 29 sept. au 4 oct...	0.28
» 13 oct. » 19 » ...	0.35	» 12 oct. » 18 » ...	0.35
» 27 » » 2 nov ..	0.28	» 26 » » 1 ^{er} nov ..	0.41
» 10 nov. » 16 » ..	0.32	» 2 nov. » 8 » ..	0.45
» 17 » » 23 » ..	0.32	» 9 » » 15 » ..	0.44
» 24 » » 30 » ..	0.31	» 16 » » 22 » ..	0.43
» 8 déc. » 14 déc...	0.36	» 23 » » 30 » ..	0.43
» 15 » » 20 » ...	0.36	» 7 déc. » 13 déc...	0.47
		» 14 » » 24 » ...	0.49
		1 ^{er} janv. » 12 janv ..	0.45

(1) D'après les indications officielles fournies aux laboratoires du Ministère des finances les corps réducteurs contenus dans la betterave ne sont pas du sucre inverti ; ce n'est pas comme tels qu'ils figurent sur les bulletins d'analyse mais seulement avec la rubrique *Réducteurs*.

(2) Claassen. *Zeitsch. des Vereins für die Rüben.*, etc., 1891, p. 232 cité d'après Rümpler.

D'après le même auteur, ces sucres réducteurs, évidemment constitués pour la majeure partie par du d-glucose et du d-fructose, proviennent de l'altération du saccharose.

En 1893, Herzfeld (1) en trouva seulement 0,05 0/0 à 0,06 0/0 dans le jus de diffusion ; beaucoup d'autres auteurs, Pellet entre autres, en constatèrent des quantités extrêmement variables et parfois très abondantes.

La teneur en sucres réducteurs des racines conservées en silos s'élève très rapidement, par suite de l'action des diastases secrétées au moment de la repousse ou sous l'influence du développement de micro-organismes saprophytes ou spécifiques.

Dans des betteraves ayant 8 ou 10 jours de conservation, par temps sec mais chaud, nous avons trouvé les teneurs suivantes :

0,45 ; 0,24 ; 0,28 ; 0,37 ; 0,28 ; 0,28 ; 0,31 ; 0,33 Moyenne = 0,33 0/0

Par contre, dans des sujets prélevés lors de la réception, c'est-à-dire dans un état de fraîcheur relative, nous ne constatons, à la même époque, que 0,16 0/0 en moyenne, c'est-à-dire moitié moins.

Aimé Girard (2) n'a constaté qu'une seule fois, au début de la végétation, la présence de matières réductrices dans la racine de betterave.

Enfin, Hugo de Vries (3), par voie microchimique, n'en a trouvé que dans le collet et pas dans la souche.

Il nous paraît assez difficile d'admettre qu'il y ait des matières réductrices dans le collet et point dans la souche ; les réactions physiologiques ne sont généralement pas aussi absolues. Les divergences d'opinion à ce sujet tiennent probablement à la méthode de recherche. Pellet a démontré qu'il convient d'opérer sur le jus de râpage et pression pour avoir des résultats assez rapprochés de la vérité.

Il n'en est plus de même pour les feuilles, car chez celles-ci les réducteurs forment une partie constituante essentielle. Mehay (4) en 1868, dosait dans cette partie du végétal 1,45 0/0 de glucose et A. Girard (*loc. cit.*), dans son admirable travail, publié en 1887, annonce qu'il en a trouvé 0,53 à 3,30 0/0 dans les limbes et 0,64 à 2,09 0/0 dans les pétioles.

Néanmoins, il faut arriver à des expériences plus récentes pour trouver quelques travaux sur la nature exacte de ces sucres réducteurs.

(1) Herzfeld. *Zeitsch. des Vereins etc.*, 1893, p. 173 et 1894, p. 278, cité d'après Rümpler.

(2) A. Girard. *Recherches sur le développement de la betterave à sucre*, p. 57.

(3) Hugo de Vries. *Histoire de la croissance de la betterave*, *Rev. des Ind. et des Sc. ch. et agr.* 2, p. 257, 1879.

(4) *C. Il.* 4 oct. 1869.

D'après Claassen (1), qui l'un des premiers s'est occupé de cette question, les jeunes pousses de betteraves conservées renferment une notable quantité de *sucre inverti* avec excès de *glucose* (d-glucose) et de saccharose. Ce résultat a été confirmé tout récemment par Lindet (2) au cours d'une importante série de recherches, intéressantes à plus d'un titre, et que nous allons résumer. Dans les feuilles de repousse de betteraves laissées en terre, Lindet a dosé :

			Dans 100 ^{cc} de jus			Lévulose
			Saccharose	Dextrose	Levulose	0/0 de dextrose
			gr.	gr.	gr.	
Feuilles de repousse de betteraves laissées en terre	{ 25 oct. 1898. { 3 nov. 1898. { 9 nov. 1898.	Feuilles entières	0,11	0,57	0,20	35
		»	0,18	0,39	0,10	25
		{ Pétioles. { Limbes.	»	0,64	0,06	9
Feuilles de repousse de betteraves réempoîtées (1 ^{er} mai 1899)	{ Pétioles. { Limbes.		0,18	0,85	0,10	12
			0,00	0,35	0,06	17
Porte-graines (12 oct. 1898)	{ Tiges et Pétioles. { Limbes.		2,17	0,11	Traces	0
			0,00	0,28	0,03	10

Dans d'autres expériences dans lesquelles on prit des betteraves décollétées, qu'on laissait repousser soit en silos, soit en cave, soit dans une chambre noire, les chiffres suivants ont été constatés :

			Dans 100 ^{cc} de jus			Lévulose
			Saccharose	Dextrose	Levulose	0/0 de dextrose
			gr.	gr.	gr.	
Pétioles garnis de très petites feuilles provenant de betteraves en silos (20 déc. 1898).	{ Tiges. { Pétioles. { Limbes.		2,85	0,29	0,03	10
			0,96	0,40	0,15	37
			0,39	2,02	0,54	27
Feuilles poussées dans une cave (Mai 1899)	{ Pétioles. { Limbes.		0,04	0,35	0,14	40
			0,10	0,39	0,17	43
Feuilles de betteraves réempoîtées, et poussant dans une chambre noire (végétation très lente) 26 juin 1899.	{ Pétioles. { Limbes.		0,00	0,89	0,30	34
			0,00	0,36	0,17	47

En analysant des feuilles normales et entières, on constate des faits analogues ; mais si on envisage séparément les pétioles et les limbes de ces feuilles, on remarque que dans tous les cas le jus des pétioles renferme une proportion beaucoup plus grande de dextrose ; c'est ce qui résulte du tableau suivant :

(1) Claassen. *Z. des Ver.*, 1892, p. 383. Voy. aussi : Tollens et Bourgeois, *Hydrates de carbone*, p. 400.
 (2) *Bl. sucr. et dist.*, 17, p. 691, 1900.

Date des analyses	Limbes				Pétioles			
	Dans 100 ^{cc} de jus			Lévulose 0/0 de dextrose	Dans 100 ^{cc} de jus			Lévulose 0/0 de dextrose
	Saccharose	Dextrose	Lévulose		Saccharose	Dextrose	Lévulose	
gr. c.	gr. c.	gr. c.	gr. c.	gr. c.	gr. c.	gr. c.		
3 juillet. . .	0,18	0,16	0,24	131	0,22	0,89	0,13	16
10 » . . .	0,49	0,96	1,27	132	»	»	»	»
12 » . . .	0,20	1,20	1,50	125	0,17	2,42	0,53	22
17 » . . .	0,13	1,15	0,98	85	»	»	»	»
19 » . . .	0,18	0,54	0,33	61	0,52	0,87	0,31	35
20 » . . .	0,13	0,69	0,46	66	0,40	2,80	0,53	19
24 » . . .	0,11	0,42	0,46	110	0,25	1,59	0,45	28
9 août. . .	0,37	0,71	0,54	76	0,60	1,71	0,11	6
7 septembre	0,44	1,27	0,92	72	0,60	1,75	0,17	9
8 octobre. .	0,32	0,78	0,88	113	0,57	1,24	0,37	30

Il est à noter que, relativement à cette dernière série d'essais, la période du 10 au 20 juillet a été des plus chaudes et que les feuilles fanaient et se desséchaient ; le 24, la pluie survint et les feuilles flétries se redressèrent. Ces particularités climatiques sont remarquables ainsi que nous le verrons bientôt parce qu'elles coïncidèrent avec une diminution, puis avec une augmentation dans le limbe, de la proportion de lévulose p. 100 de dextrose.

Enfin, dans d'autres recherches, Lindet a étudié l'influence de l'âge des feuilles, des semis tardifs, etc., sur les proportions relatives du dextrose et du lévulose dans les feuilles ainsi que la répartition de ces deux sucres dans les différentes parties du pétiole. Les chiffres relatifs à ces diverses expériences sont résumés ci-après :

Examen de feuilles plus ou moins âgées.

		Dans 100 cc. de jus			Lévulose 0/0 de dextrose
		Saccharose	Dextrose	Lévulose	
		gr. c.	gr. c.	gr. c.	
17 juillet. <i>Limbes.</i>	du cœur	0,08	1,07	0,84	72
	adultes	0,02	0,94	0,80	85
19 juillet. <i>Limbes.</i>	du cœur	0,08	0,90	0,37	41
	adultes	0,18	0,54	0,33	61
20 juillet. <i>Limbes.</i>	du cœur	0,19	0,73	0,39	53
	adultes	0,13	0,68	0,47	69
26 juillet. <i>Pétioles</i>	du cœur	0,33	0,73	0,17	23
	adultes	0,17	0,66	0,21	32

Influence des semis tardifs.

		Dans 100 cc. de jus			Lévulose 0/0 de dextrose
		Saccharose	Dextrose	Lévulose	
		gr. c.	gr. c.	gr. c.	
Limbes.	<i>Semis normal</i>	0,18	0,14	0,22	157
	<i>Semis tardif.</i>	0,25	0,12	0,16	133
Pétioles	<i>Semis normal</i>	0,22	0,74	0,29	39
	<i>Semis tardif.</i>	0,19	0,98	0,15	15

Répartition des deux sucres dans les diverses parties du pétiole.

		Dans 100 cc. de jus			Lévulose 0 0 de dextrose
		Saccharose	Dextrose	Lévulose	
		gr. c.	gr. c.	gr. c.	
12 juillet	Partie basse	0,12	2,59	0,42	16
	Partie haute	0,21	2,28	0,61	26
20 juillet	Partie basse	0,26	0,75	0,15	20
	Partie haute	0,30	0,72	0,18	25
26 juillet	Partie basse	0,20	0,65	0,18	27
	Partie haute	0,14	0,67	0,24	35

La proportion de lévulose, par rapport au dextrose, est donc moindre dans les feuilles les moins âgées, c'est-à dire dans celles du cœur ou provenant de betteraves d'un semis tardif ; elle est également moindre dans la partie basse que dans la partie haute du pétiole.

H. Pellet (1) a confirmé entièrement les essais de Lindet ; il a obtenu des chiffres tout à fait comparables à ceux que nous venons de citer. Pourtant, d'après ce dernier, il serait téméraire, devant ces expériences, si nombreuses qu'elles soient, d'émettre aujourd'hui une conclusion ferme.

Brown et Morris (2) admettent, ce qui d'ailleurs est rendu vraisemblable par la présence de la sucrase à côté du saccharose dans les tiges étiolées de la betterave, que le sucre inverti provient du dédoublement de ce saccharose. Mais il ne faut pas oublier que certains physiologistes, frappés de ce fait que la molécule du saccharose est plus complexe que celle du dextrose et du lévulose, se demandent comment dans l'assimilation chlorophyllienne celui-là précéderait les sucres réducteurs.

Il faut aussi prendre en considération que les sucres peuvent, dans la cellule même et sous des influences que nous ne connaissons pas, se trans-

(1) H. Pellet. *Bull. suc. et dist.*, 17, p. 770, 1900. Voyez aussi : même publication, 17, p. 630, 1900.

(2) *Soc.* 1893, p. 604 et *A. agronom.*, 1894, p. 484.

former les uns dans les autres. Lobry de Bruyn et van Ekenstein ont montré les métamorphoses que subissent les sucres en présence de liqueurs alcalines, la transformation, par exemple, du glucose en mannose et lévulose.

Enfin, si on admet que le saccharose, tout formé, est transporté par le pétiole vers la souche — opinion qui, il est vrai, ne rallie pas les suffrages de tous les savants — et que les sucres réducteurs, moins complexes, doivent subvenir aux besoins de la plante, ceux-ci ont fort à faire ; ils doivent en effet servir d'aliment à la respiration, former des celluloses, des pentosanes, des gommés, des matières pectiques, etc. Devant des phénomènes aussi mal définis, il est difficile de conclure d'une manière ferme.

Pendant, lorsqu'on étudie les tableaux précédents, on ne peut se défendre d'y rencontrer des coïncidences curieuses ; dans tous les cas où l'on est en droit de supposer dans la feuille ou dans l'une de ses parties, une formation active de tissus, on voit le dextrose dominer par rapport au lévulose, comme si celui-ci était spécialement utilisé à cette formation. Quand elle semble, au contraire, se ralentir, ou quand il y a lieu de supposer que la respiration devient plus énergique, on voit inversement le dextrose disparaître plus rapidement que le lévulose.

Quand, par exemple, une betterave reconstitue ses feuilles dans l'obscurité, la respiration des organes aériens est faible, la formation de cellulose est active et on constate que la quantité de lévulose est inférieure à la quantité de dextrose.

Des résultats analogues s'observent encore dans les analyses des jeunes feuilles repoussant à la lumière, d'une betterave effeuillée, ainsi que dans l'analyse des petites feuilles qui garnissent la hampe d'un porte-graines. Là encore le lévulose semble partiellement utilisé.

La différence que l'on constate dans la teneur en dextrose et lévulose, des limbes et des pétioles, pris à toutes les périodes de leur végétation, coïncide avec ce fait que l'activité respiratoire des limbes est plus grande que celle des pétioles (1). Cette différence se retrouve dans les feuilles qui repoussent soit à la lumière soit à l'obscurité ; elle vérifie l'observation de Brown et Morris (*loc. cit.*) qui ont constaté que, dans la respiration de la plante le dextrose disparaît plus vite que le lévulose, et permet d'admettre que le premier de ces sucres est celui que la plante détruit de préférence par sa respiration. L'abaissement de la proportion du dextrose dans les limbes du 24 juillet, abaissement sur lequel nous avons insisté

(1) M. Lindet a tiré cette conclusion en comparant les quantités d'oxygène dégagées pendant le même temps par un poids déterminé de ces parties. Elle s'imposait d'ailleurs à l'esprit à la suite d'un simple examen microscopique de l'épiderme de ces organes. Par rapport au poids, le nombre des stomates est beaucoup plus grand chez les limbes que chez les pétioles.

tout d'abord, coïncide également avec une reprise de la respiration ; la feuille fanée avait repris sa vigueur, l'air était humide et l'on sait d'après les travaux de Bonnier et Mangin que la respiration est plus active dans une atmosphère humide que dans une atmosphère sèche.

Les limbes des feuilles du cœur renferment, par rapport au dextrose, moins de lévulose que les limbes des feuilles de la couronne ; les pétioles jeunes, moins de lévulose également que les pétioles plus développées ; les limbes et pétioles d'un semis tardif, moins que les limbes et pétioles d'un semis normal, la partie basse enfin, moins que la partie haute du pétiole (1) et il faut ainsi se demander si, dans tous les cas, la meilleure utilisation que la plante semble faire du lévulose, n'est pas corrélative de la formation des tissus végétaux (2).

Il semblerait donc que la cellule végétale appelle chacun des deux sucres à des fonctions différentes ; il n'y a là rien d'in vraisemblable ; cette cellule peut être considérée comme une véritable entité morphologique, au même titre que les microorganismes auxquels on a donné le nom générique de microbes et qui, eux, évoluant sur des milieux nutritifs divers, attaquent certaines substances de préférence à d'autres (3).

144. Quelques propriétés du d-glucose et du d-fructose. — Ces corps sont rapidement décomposés à chaud par les alcalis, plus lentement à froid, et la liqueur se colore en même temps en jaune ou en brun ; il se dégage beaucoup de chaleur dans cette réaction.

L'hydrate de calcium agit énergiquement sur les solutions de dextrose

(1) On admet que la végétation des pétioles est plus active dans la partie basse que dans la partie haute ; mais, dans cet ordre d'idées, M. Lindet n'ayant aucun fait précis à rapporter, a tenu à vérifier cette assertion en piquant trois aiguilles fines à des distances égales, sur des pétioles vigoureux, ou encore en traçant des points de repère au nitrate d'argent ; il a obtenu les résultats suivants :

Distance entre 2 aiguilles		Distance entre 2 aiguilles		
		Du côté de la souche	Du côté des limbes	
	—	—	—	
	c.	c.	c.	
Le 15 juillet. . .	6,0	Le 23 juillet. . .	8,2	7,3
— . . .	7,5	— . . .	9,2	9,0
— . . .	7,5	— . . .	10,0	8,8
— . . .	10,0	— . . .	10,8	10,4
— . . .	12,5	— . . .	13,0	12,5
Le 23 juillet. . .	6,0	Le 27 juillet. . .	7,6	7,0
— . . .	6,0	— . . .	6,7	6,6
— . . .	6,0	— . . .	7,9	7,3

(2) M. Durin a le premier montré que la cellulose se forme dans les végétaux au détriment du saccharose, considéré en nature et probablement aussi dans ses produits de dédoublement.

(3) Pour une bibliographie détaillée de la question, voyez : E. Fischer. *La Stéréochimie et la physiologie. Physiolog. Ch.*, 26, p. 60 et *Monit. Scient.*, 13, 4^e série, p. 690, 1899.

et de fructose (1) ; la chaux se dissout en partie, la liqueur brunit peu à peu ainsi que le précipité et il se fait en même temps que les acides glucique, apoglucique, mélassique, etc., trouvés par Pélégot, de la saccharine ou plutôt du saccharinate de calcium dont l'apparition est sans doute précédée de celle du lévulose ordinaire (la saccharine se forme plutôt à froid), des acides énergiques parmi lesquels domine l'acide lactique de fermentation. Les solutions brunes formées, absorbent directement l'oxygène de l'air.

L'ammoniaque donne avec les solutions bouillantes la même coloration brune que l'on observe avec les alcalis fixes, mais il y a en même temps condensation des corps réagissants et production de matières azotées complexes, très oxydables, qui n'abandonnent leur azote que quand on les chauffe au rouge avec la chaux sodée.

§ 3.

DISACCHARIDES OU SACCHAROSES

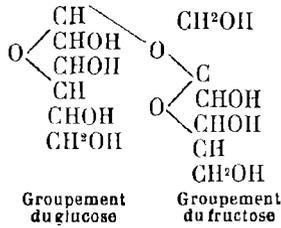
145. Sucre de canne ou saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$. Généralités.
— Le saccharose constitue la partie la plus intéressante et la plus importante de la betterave ; c'est celle que l'on cherche à obtenir industriellement par le traitement de cette plante. Son pourcentage est extrêmement variable et dépend d'une foule de facteurs qui, pour la plupart, ne sont pas encore élucidés d'une manière suffisante ; il peut osciller dans de très larges limites soit de 2 à 3 0/0, chez les races fourragères jusqu'à 20 et même 22 0/0, comme nous l'avons constaté sur des sujets d'élite pesant 1 kg à 2 kg.

Le saccharose a été trouvé chez un grand nombre de végétaux ; plusieurs de ceux-ci ont été proposés ou sont utilisés pour son extraction ; nous ne citerons à ce propos que les palmiers, le sorgho, et surtout la canne à sucre, renvoyant pour l'étude plus complète de cette question au mémoire de Geschwind sur les plantes sucrières (2).

La composition du sucre de canne est représentée par $C^{12}H^{22}O^{11}$ et sa formule de constitution, indiquée par E. Fischer, peut être figurée comme suit :

(1) Voyez à ce sujet L. Beaudet. *Bl. sucr. et dist.*, 10, p. 510, 1893. — L. Jesser. *Oest. Ungarische Z.*, 22, p. 239, 1893 et *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 279, 1893. — Pellet. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 236, 1897.

(2) L. Geschwind. *Les plantes sucrières*, A. agron., 26, 383, 1900.



146. Genèse du saccharose dans la Nature. — Nous avons parlé incidemment déjà, dans le cours de cet ouvrage, des relations qui semblent exister entre la teneur en sucre de la betterave et le pourcentage des différentes matières constituantes de ses cendres ou des autres non-sucre : Potasse, acide phosphorique, azote, etc. Les proportions respectives de ces matières influent, c'est évident, sur la genèse du saccharose à l'intérieur des organes de la plante ; mais dans quel sens leur variation peut-elle agir, leur mode d'action est-il direct ou indirect, quel est le chimisme des réactions qui interviennent ? Ce sont là encore autant de questions auxquelles il est actuellement difficile, pour ne pas dire impossible, de répondre. Nous avons vu que les opinions émises à ce sujet sont extrêmement variables et très contradictoires ; cela tient à la complexité et à l'obscurité de la matière étudiée, et à l'insuffisance de nos connaissances en chimie physiologique. On sait cependant maintenant dans quelle partie du végétal le saccharose prend naissance et comment il s'accumule à l'intérieur de la racine. Plusieurs théories, dont quelques-unes reposant sur des faits très bien établis, et par conséquent très vraisemblables, ont été émises à ce propos ; nous allons les examiner en détail.

Le saccharose prend naissance en nature ou sous la forme de sucre inverti — on ne le sait pas encore d'une manière certaine — dans la feuille de la betterave, par suite de l'assimilation de l'acide carbonique et des éléments de l'eau sous l'influence des radiations solaires.

C'est depuis longtemps d'ailleurs, une opinion presque généralement admise, que la feuille est le laboratoire où s'effectue cette synthèse du saccharose ; déjà, en 1839, Péligré (1) avait reconnu la présence du sucre de canne, mais sans pouvoir en préciser l'origine, dans les organes verts de la plante. C'était là un fait important que Mehay (2) en 1869 ne put confirmer, à cause de la déféctuosité des méthodes de recherche qu'il employa, mais dont Sotsman (3) fit définitivement accepter la réalité.

(1) Péligré. *Recherches sur la betterave*. Librairie Mathias, 1839.

(2) Mehay. *C. R.*, 4 octobre 1869.

(3) Sotsman. *Zeitsch. des Vereins für die Rübenzuckerindustrie*, 1872. — *Organ des Centralvereins für Rübenzuckerindustrie*, 1877.

De là à admettre que ce sucre naissait dans la feuille, sous l'influence des radiations solaires, il n'y avait qu'un pas. Une première confirmation, très concluante, en fut donnée par Violette (1) qui expérimenta sur des betteraves effeuillées et non effeuillées et montra que la richesse saccharine des premières était inférieure de 2 à 3 0/0 à celle des secondes ; néanmoins, il fallut à ce savant l'appui de Duchartre (2) et les résultats nouveaux et de même sens obtenus par Corenwinder (3), Dehérain (4), Champion et Pellet (5), etc., pour triompher des objections qu'un autre savant, illustre entre tous, Cl. Bernard (6), formulait contre la théorie qui plaçait dans l'appareil chlorophyllien le siège de la formation du saccharose.

Les doutes de Cl. Bernard n'étaient pas sans reposer sur une base valable et une certaine incertitude pouvait encore régner dans les esprits. C'est à A. Girard (7), dont les essais furent confirmés plus tard par Strohmor (8) et par Pellet (9), que revient l'honneur d'avoir élucidé le problème d'une manière vraiment scientifique.

Ce savant a soumis la betterave à une étude méthodique et a examiné successivement les feuilles, la souche, le pivotet les radicelles. Les résultats d'A. Girard, au point de vue de l'analyse de la souche, sont les suivants :

	1885	8 juin	19 juin	2 juil.	15 juil.	29 juil.	10 août	24 août	5 sept.	18 sept.	1 ^{er} oct.
Eau	89,09	88,81	88,58	85,11	84,26	82,87	82,74	84,57	83,34	82,40	
Matières solubles.											
Saccharose . . .	4,45	4,49	5,40	8,98	9,96	11,17	11,30	9,41	10,46	12,19	
Sucres réducteurs	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
Mat. org. autres.	3,17	1,68	1,16	0,93	1,13	0,83	1,10	1,60	1,46	1,01	
Mat. minérales...	1,81	1,30	1,25	1,13	0,98	1,20	0,95	0,91	1,06	0,99	
Total	6,43	7,47	7,81	11,04	12,07	13,20	13,35	11,92	12,98	14,23	
Matières insolubles.											
Ligneux	4,10	3,40	3,37	3,58	3,44	3,70	3,98	3,30	3,49	3,17	
Mat. minérales.	0,38	0,26	0,25	0,27	0,23	0,23	0,22	0,21	0,19	0,20	
	4,48	3,66	3,62	3,85	3,67	3,93	4,15	3,51	3,68	3,37	

(1) Violette. *C. R.*, 81, p. 598.

(2) Duchartre. *C. R.*, 56, p. 915.

(3) Corenwinder. *A. Agronom.*, 2, p. 27.

(4) Dehérain. *A. Agron.*, 2, p. 75.

(5) Champion et Pellet. *C. R.*, 81, p. 1212.

(6) Cl. Bernard. *C. R.*, 81, p. 694.

(7) A. Girard. *Recherches sur le développement de la betterave à sucre*. Libr. Gauthier-Villars, 1887.

(8) E. Strohmor. *N. Zeitschrift f. Rub. Zuck. Ind.*, 37, 137, 1896 et *Bl. suc. et dist.*, 1897.

(9) H. Pellet. *Bl. suc. et dist.*, 17, p. 656, 1900.

Des données fournies par l'analyse de la souche de betterave aux diverses époques de la végétation résultent diverses conséquences sur une partie desquelles nous nous sommes déjà étendus (Voir : Eau et matières sèches, p. 278 et les cendres de la betterave, p. 287) ; il en résulte de plus que le sucre une fois emmagasiné dans la racine y subsiste en totalité à partir de ce moment, quelles que soient les conditions météorologiques auxquelles la plante est soumise. Même à la suite de pluies, lorsque cette quantité semble diminuer par rapport au poids total de la racine elle augmente en fait et cela régulièrement d'une façon continue.

Si on établit par le calcul quelle est, en poids réel, la quantité de sucre que chaque souche contient à chaque récolte, pour la campagne de 1885, on trouve les chiffres suivants :

Dates	Poids de sucre	Dates	Poids de sucre
8 juin.	0 gr. 01	10 août.	44 gr. 72
19 »	0 53	24 »	58 76
9 juillet.	5 07	5 septembre.	62 40
15 »	15 53	18 »	83 26
29 »	30 07	1 ^{er} octobre	116 86

D'où résulte pour chacune des périodes de 12 à 14 jours qui séparent une récolte de l'autre, un gain absolu en sucre équivalant aux chiffres suivants, en regard desquels nous avons fait figurer les chutes de pluies en mm. .

	Gain en sucre	Pluie en mm.
Du 8 au 19 juin	0 gr. 5	41,8
Du 19 juin au 2 juillet.	4 5	27,0
Du 2 au 15 juillet	10 5	14,1
Du 15 au 29 juillet	14 5	0,0
Du 29 juillet au 10 août.	14 6	14,0
Du 10 août au 24 août	14 00	0,9
Du 24 août au 5 septembre.	3 00	67,6
Du 5 au 18 septembre.	21 20	41,2
Du 18 au 1 ^{er} octobre	33 60	12,9

Les chiffres d'Aimé Girard vont à l'encontre des idées généralement admises en pratique ; on croit en effet, que sous l'influence des pluies la betterave perd du sucre qui est consommé par les feuilles qui repoussent. Ces chiffres ont cependant été confirmés par d'autres auteurs.

Durot (1) a publié une observation dans laquelle il mentionne.

(1) *Sucrierie indigène*, 46, p. 439, 1895.

	Arrachage avant les pluies	Arrachage après les pluies
Poids moyen.	512	600
Densité moyenne.	8,08	7,46

L'auteur précité n'en a tiré aucune conclusion, mais nous pouvons admettre une teneur en sucre correspondant au double de la densité qui nous donnera dans le 1^{er} cas 16,16 et dans le second 14,92 0/0, soit pour la totalité de la racine 82,74 et 89,52 de sucre. Au lieu d'une diminution, il y a une augmentation.

Vivien (1) a suivi, par les dosages du sucre et les déterminations des poids, l'influence des pluies sur les fluctuations de la richesse des betteraves; ses constatations sont absolument d'accord avec celles d'A. Girard.

Nous avons pu également vérifier cette loi d'accroissement d'après les chiffres publiés par Kimtze (2).

Une autre conséquence qui, au point de vue cultural et industriel, ressort encore des données numériques fournies à A. Girard par l'étude du développement de la souche, est la possibilité de voir la richesse saccharine de cette souche et son poids s'accroître jusqu'à la limite extrême de la végétation. Ce fait avait d'ailleurs déjà été reconnu par Briem, qui en 1878 et 1879 avait constaté les chiffres suivants :

	Poids des racines	Richesse en sucre
1878 } 30 septembre . . .	409 gr.	11,46
1878 } 31 octobre	423 gr.	12,08
1879 } 30 septembre	460 gr.	11,05
1879 } 31 octobre	500 gr.	13,30

De son côté, A. Girard a trouvé :

Nature des Betteraves	Poids des racines		Sucre pour cent		Sucre au mètre carré		Gain en sucre au m. e.
	20 oct.	21 déc.	20 oct.	21 déc.	20 oct.	21 déc.	
Desprez	213	287	13,97	13,42	0,243	0,322	79
Fouquier d'Hérouel.	200	267	11,57	12,73	0,214	0,298	84
S. Legrand	173	237	11,85	10,39	0,162	0,248	86
Vilmorin	150	200	11,76	11,96	0,175	0,241	76

La constatation de ces faits peut être considérée comme une condamnation des arrachages hâtifs, arrachages qui ne peuvent se justifier que par les exigences du travail de la sucrerie, l'apparition des gelées, etc.

Après l'étude de la souche que nous venons de résumer, A. Girard a examiné de la même manière le pivot et les racelles, et ses constatations sont résumées dans le tableau suivant :

(1) Observations inédites.

(2) L. Kimtze, *Bull. sucr. et dist.* 19, p. 441, 1901, d'après *Verens Dtsch. Zeits.* 1901. trad. E. Sellier.

1885	8 juin	19 juin	2 juil.	15 juil.	29 juil.	10 août	24 août	5 sept.	18 sept.	1 ^{er} oct.
Eau	90,20	92,01	91,60	90,95	90,95	89,60	88,45	86,50	85,00	87,08

Matières solubles :

Saccharose . . .	0,05	0,44	perdu	0,86	0,71	1,46	0,78	1,26	0,24	0,56
Sucres reducteurs.	0,24	"	id	"	"	"	"	"	"	"
Mat. org. autres .	3,06	0,78	id	0,29	0,32	0,56	1,02	0,46	2,16	1,92
Mat. minérales .	1,67	0,82	0,26	0,87	1,01	1,10	1,34	1,07	1,25	0,88
Total :	<u>5,02</u>	<u>2,04</u>	<u>1,75</u>	<u>2,02</u>	<u>2,04</u>	<u>3,12</u>	<u>3,14</u>	<u>2,89</u>	<u>3,65</u>	<u>3,36</u>

Matières insolubles.

Ligneux	4,02	4,85	5,62	5,83	6,05	6,49	7,27	8,96	9,93	7,27
Matières minérales.	0,76	1,10	1,19	1,11	1,15	1,01	1,22	1,65	1,67	1,82
Total :	<u>4,78</u>	<u>5,95</u>	<u>6,81</u>	<u>6,94</u>	<u>7,20</u>	<u>7,50</u>	<u>8,49</u>	<u>10,61</u>	<u>11,60</u>	<u>9,09</u>

Lorsqu'on rapproche les nombres indiquant les matières solubles autres que le sucre et la teneur des tissus végétaux en saccharose, on ne peut s'empêcher d'être frappé de ce fait que leur somme va croissant peu à peu sans jamais s'élever beaucoup, au fur et à mesure que les radicales s'allongent, s'éloignent davantage de la souche ; d'un autre côté il est remarquable aussi de voir la quantité du saccharose varier entre des limites très étendues, mais en formant avec les autres matières une somme relativement constante pour chaque période. On est naturellement porté à considérer celles-ci comme dérivant de celui-là ; à considérer par conséquent le saccharose comme la matière génératrice du tissu organisé des radicales et les matières autres comme les produits intermédiaires à l'aide desquels ce tissu est élaboré.

A un autre point de vue, si on considère le saccharose seul on s'aperçoit que la quantité qui est contenue dans le pivot et les radicales est toujours extrêmement faible, tellement faible même qu'il semble impossible de voir dans l'ensemble de ces parties du végétal le lieu de formation du saccharose que la souche emmagasine.

Nous arrivons maintenant à la partie la plus importante du sujet, à l'étude des feuilles ; celles-ci ont pour composition :

Limbes :

	8 juin	19 juin	2 juil.	15 juil.	29 juil.	10 août	24 août	5 sept.	18 sept.	1 ^{er} oct.
Eau	90,14	89,48	89,61	87,82	86,26	86,49	85,66	85,90	87,58	85,26

Matières solubles ou en suspension dans le jus.

Saccharose . . .	0,05	0,36	0,68	0,36	0,54	0,55	0,47	0,41	0,18	0,57
Sucres réducteurs.	0,34	0,25	0,30	0,36	0,47	0,32	0,32	0,36	0,27	0,46
Mat. org. autres .	4,47	4,46	3,39	4,53	5,95	5,96	6,39	5,45	5,33	5,93
Matières minérales	2,36	2,30	2,81	2,86	2,51	2,47	2,74	2,73	2,53	2,47
Total :	<u>7,22</u>	<u>7,37</u>	<u>7,18</u>	<u>8,11</u>	<u>9,47</u>	<u>9,30</u>	<u>9,92</u>	<u>8,95</u>	<u>8,31</u>	<u>9,43</u>

Matières insolubles.

Ligneux	2,09	2,28	2,72	3,40	3,69	3,59	3,70	4,44	3,58	4,63
Mat. minérales . . .	0,55	0,58	0,49	0,67	0,58	0,61	0,63	0,71	0,53	0,68
Total :	<u>2,64</u>	<u>2,86</u>	<u>3,21</u>	<u>4,07</u>	<u>4,27</u>	<u>4,20</u>	<u>4,42</u>	<u>5,15</u>	<u>4,11</u>	<u>5,31</u>

Pétioles :

Eau	93,47	92,14	94,08	92,23	90,60	91,85	90,41	91,12	91,39	90,75
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Matières solubles ou en suspension dans le jus.

Saccharose	0,10	0,56	0,17	0,44	0,60	0,31	0,07	0,30	0,37	0,40
Sucres réducteurs.	0,32	0,43	0,78	1,29	1,98	1,53	2,29	1,88	1,67	1,81
Mat. org. autres.	0,75	1,38	1,37	1,37	2,38	2,00	2,68	1,81	1,42	1,61
Mat. minérales . . .	2,22	2,05	1,56	1,57	1,58	1,74	1,67	1,51	1,83	1,56
Total :	<u>3,39</u>	<u>4,42</u>	<u>3,88</u>	<u>4,67</u>	<u>6,54</u>	<u>5,59</u>	<u>6,66</u>	<u>5,50</u>	<u>5,29</u>	<u>5,38</u>

Matières insolubles.

Ligneux	2,69	2,63	1,86	2,52	2,53	2,37	2,56	3,08	3,08	3,47
Mat. minérales . . .	0,45	0,49	0,18	0,27	0,22	0,19	0,19	0,30	0,24	0,40
Total :	<u>3,14</u>	<u>3,12</u>	<u>2,04</u>	<u>2,79</u>	<u>2,75</u>	<u>2,56</u>	<u>2,75</u>	<u>3,38</u>	<u>3,32</u>	<u>3,87</u>

La première particularité frappante est l'indépendance inattendue des divers groupes de substances renfermés dans les limbes et les pétioles, vis-à-vis des quantités excessives d'eau que le sol peut recevoir à certains moments et qui sont figurées par période, p. 375.

A partir du 15 juillet (si l'on en excepte un nombre discordant relatif aux limbes du 18 septembre), la teneur en eau des limbes et des pétioles reste pour chaque série, sensiblement constante ; ce fait établit immédiatement, par rapport à la souche, une différenciation bien remarquable, qu'il convenait de faire ressortir.

D'un autre côté, si on examine les teneurs respectives en saccharose et en sucres réducteurs, on voit celles-ci varier dans des limites très étendues, surtout en ce qui concerne le saccharose ; c'est l'étude de ces variations qui, au point de vue du lieu de formation du saccharose, devait conduire A. Girard à des conclusions fort importantes. A la suite de ses observations, ce savant s'est en effet proposé de déterminer, sur une même race de betteraves, cultivée dans des conditions spéciales pour rendre l'expérimentation facile et précise, la composition complète des limbes et des pétioles, d'un côté à la fin du jour, d'un autre à la fin de la nuit.

C'est à 4 heures du soir que les premières de ces déterminations ont été faites ; c'est surtout à 3 heures, parfois à 4 heures du matin, que les secondes ont eu lieu.

Les résultats fournis, en 1883, par cette détermination de la composition diurne et nocturne des limbes et des pétioles, ont été (Voir p. 380).

De cette première série d'expériences A. Girard a pu conclure :

1° Que les quantités de sucres réducteurs contenues dans les limbes et les pétioles sont, à une date donnée, sensiblement les mêmes au déclin du jour ou à la fin de la nuit.

2° Que les quantités de saccharose contenues dans les limbes se montrent, au contraire, intimement dépendantes de la quantité de lumière que la plante a récemment reçue. Si la journée a été lumineuse, ces quantités sont considérables ; si la journée a été sombre elles sont moindres. Mais, qu'elles soient abondantes ou faibles on voit, dans tous les cas, la plus grande partie du saccharose formé pendant le jour disparaître pendant la nuit.

Ces faits importants exigeaient une vérification : A. Girard l'a poursuivie en 1884, et de l'examen des nouveaux résultats, résulte d'une manière certaine le fait essentiel de la formation diurne du saccharose dans les limbes et de l'émigration consécutive de ce saccharose vers la souche.

De plus, en consultant les registres de l'Observatoire de St-Maur, A. Girard a reconnu que les variations diurnes du saccharose, malgré leur peu d'étendue, ont été presque toujours, pendant la période considérée, en rapport avec les variations de lumière que la nébulosité d'un ciel souvent couvert a déterminées.

Ce fait important de la formation diurne du saccharose dans les feuilles et de son émigration nocturne dans la souche, se vérifie d'ailleurs d'une manière tout à fait saisissante, lorsqu'on cherche à relier entre eux les divers nombres résultant des belles recherches de A. Girard. Si on accorde au bouquet un poids moyen de 500 gr., et si on considère ce bouquet comme formé de 66 p. cent de pétioles et de 33 p. cent de limbes (nombres moyens de 1885), on voit qu'en s'adressant aux bonnes journées de travail foliacé chaque bouquet peut, à la fin du jour, renfermer jusqu'à 2 grammes de saccharose ; comme environ la moitié de ce sucre disparaît pendant la nuit, il s'ensuit qu'en bonnes conditions de végétation le bouquet de la betterave peut, chaque jour, envoyer à la souche environ un gramme de sucre tout formé. Pour une période de cent jours (15 juillet au 25 octobre) c'est un emmagasinage de 100 grammes de sucre ; c'est, par conséquent, pour une betterave de 750 grammes, une richesse de 13 à 13,5 0/0 environ.

A. Girard s'est borné à rechercher si le saccharose se formait dans la feuille, sans vouloir pénétrer les réactions mises en œuvre pour cette synthèse ; à vrai dire, ce dernier point de l'histoire de la betterave est encore très obscur.

D'après Corenwinder (1) il faut se garder de considérer le sucre con-

(1) Corenwinder. *C. R.*, 83.

Composition diurne et nocturne

Limbes avec

Substances dosées	19 juin		3 juillet		8 août	
	Temps froid et pluvieux		Temps brumeux et pluie		Temps chaud et lumineux	
	jour 4 h. soir	nuit 3 h. matin	jour 4 h. soir	nuit 3 h. matin	jour 4 h. soir	nuit 3 h. matin
Eau	89,44	90,97	89,18	90,80	86,66	84,58
						Matières
Saccharose	0,44	0,22	0,34	0,16	0,97	0,57
Sucres réducteurs	0,53	0,63	0,76	0,64	2,00	2,83
Mat. org. autres	4,37	3,12	3,67	3,14	3,63	»
Matières minérales	2,17	2,13	2,40	2,34	2,26	»
Total	7,51	6,10	7,17	7,01	8,86	»
						Matières
Ligneux	2,22	2,45	2,11	1,74	3,71	3,50
Matières minérales	0,83	0,48	0,54	0,37	0,77	0,30
Total	3,05	2,93	2,65	2,11	4,48	4,00
						Pétioles avec
Eau	92,56	92,23	91,84	93,35	91,35	90,92
						Matières
Saccharose	0,33	0,39	0,14	0,14	0,41	0,37
Sucres réducteurs	0,64	0,49	0,70	0,60	1,29	1,01
Mat. org. autres	2,01	2,27	2,57	2,00	0,98	1,33
Matières minérales	1,63	1,53	1,94	1,82	1,92	1,92
Total	4,61	4,68	5,35	4,56	4,60	4,63
						Matières
Ligneux	2,55	2,59	2,35	1,72	3,39	»
Matières minérales	0,28	0,50	0,46	0,37	0,66	»
Total	2,83	3,09	2,81	2,09	4,05	4,45

tenu dans les feuilles comme créé en totalité par l'activité assimilatrice de ces organes ; il est probable qu'il s'y trouve en grande partie sous la forme d'une matière glucogène qui termine son élaboration dans le corps de la racine ; d'après le même savant (1) le carbone absorbé par cette racine, sous la forme de matières ulmiques, pourrait aussi contribuer à la formation du sucre dans la betterave.

Pour Hugo de Vries (2), la matière primordiale élaborée par la feuille

(1) Corenwinder. *C. R.*, 95, 1882.

(2) Hugo de Vries. *Neue Zeitschrift für Rübenzuckerindustrie*, 1878.

des feuilles de betteraves

nervures secondaires.

6 septembre		20 septembre		26 septembre		4 octobre		9 octobre	
Temps mauvais et pluvieux		Pluies avec éclaircies		Temps beau et lumineux		Temps très sombre et pluies		Temps froid mais beau et lumineux	
jour	nuît	jour	nuît	jour	nuît	jour	nuît	jour	nuît
4 h. soir	3 h. matin	4 h. soir	4 h. matin	4 h. soir	5 h. matin	4 h. soir	5 h. matin	4 h. soir	4 h. matin
87,13	86,60	»	»	»	»	»	»	85,58	83,06

solubles.

0,67	0,30	0,61	0,36	0,94	0,23	0,40	0,50	0,50	0,12
1,41	1,36	2,78	2,43	2,50	2,63	3,30	3,36	3,01	2,97
4,73	3,96	»	»	»	»	»	»	4,30	3,10
2,94	2,88	»	»	»	»	»	»	1,17	1,01
9,75	9,50	»	»	»	»	»	»	8,98	7,20

insolubles.

2,61	3,09	»	»	»	»	»	»	4,84	4,34
0,31	2,81	»	»	»	»	»	»	0,60	0,56
3,12	3,90	»	»	»	»	»	»	5,44	4,74

nervure médiane.

93,58	92,48	»	»	»	»	»	»	93,71	92,30
-------	-------	---	---	---	---	---	---	-------	-------

solubles.

0,24	0,20	»	»	»	»	»	»	0,27	0,43
0,66	0,66	»	»	»	»	»	»	2,00	1,92
0,78	1,38	»	»	»	»	»	»	0,87	1,02
2,03	2,23	»	»	»	»	»	»	1,16	1,39
3,71	4,47	»	»	»	»	»	»	4,30	4,75

insolubles.

2,03	2,62	»	»	»	»	»	»	1,79	2,57
0,64	0,53	»	»	»	»	»	»	0,20	0,35
2,67	3,15	»	»	»	»	»	»	1,99	2,92

est l'amidon qui se solubilise, descend vers la racine par les pétioles, pénètre dans les cellules de cette racine et y rencontre un ferment qui le transforme en saccharose, impuissant à traverser par exosmose les membranes, qu'à l'état de glucose il vient de traverser par endosmose.

A. Girard (*loc. cit.*) a rejeté l'hypothèse de Hugo de Vries, mais malgré l'autorité de ce savant et malgré aussi l'opinion de Brown et Morris (1) qui considèrent le saccharose comme le premier produit d'assimilation

(1) Brown et Morris. *Soc.* 63, 604 et 669.

formé dans la feuille, il nous paraît que l'on doit revenir à une théorie analogue à celle du savant hollandais. Des faits nouveaux tels que la découverte d'une diastase saccharogénique par Prinsen-Geerligs (1), celle de la réversibilité de la zymohydrolyse par A. Croft-Hill (2), celle aussi de la transformation zymotique du dextrose en saccharose lors de la germination de l'orge, par Grüss (3), sont venus lui apporter un appui inattendu.

De la lecture et de la discussion de ces nombreux travaux on ne peut conclure qu'une seule chose, qui permet de faire concorder entre elles les diverses hypothèses. On peut croire que l'action de la lumière, au lieu de se traduire directement par l'apparition du saccharose, provoque au préalable la formation d'un enzyme, d'une diastase saccharogénique plus ou moins active, sous l'influence de laquelle une partie du dextrose et du lévulose, produits dans les limbes d'une manière quelconque et que nous ne connaissons pas encore, serait transformée sur place, par condensation, en saccharose. Celui-ci, en l'état, émigrerait alors vers la souche, tandis que le surplus des deux premiers sucres serait utilisé, soit pour la respiration, soit pour la confection d'autres hydrates de carbone plus complexes, tels que les celluloses, les pentosanes, etc. Cette hypothèse aurait l'avantage, tout en laissant subsister intacte la théorie d'A. Girard, qui repose sur des faits précis, bien observés, de ne pas faire rejeter les conclusions de Hugo de Vries, Lindet, etc., et de relier, comme nous le verrons bientôt, les travaux de ces divers savants à ceux de Maquenne que nous allons exposer.

Nous n'avons encore rien dit jusqu'à présent du mécanisme de l'accumulation du saccharose à l'intérieur de la souche ; c'est qu'en effet les travaux que nous venons d'examiner, sont muets à cet égard. Cependant le fait mérite d'être éclairci ; la différence de composition entre les deux parties du végétal est extrêmement considérable, si considérable même que l'on se demande comment l'équilibre peut subsister. C'est L. Maquenne (4) qui, le premier, nous a donné une explication rationnelle du phénomène.

Les hydrates de carbone élaborés par les organes verts cheminent par diffusion et se rendent dans la souche, mais l'égalité n'existant pas dans

(1) Voyez : *Bl. suc. et dist.*, 16, 1182, et 639, 1898 ; *Jahrbuch der chemie*, 7, 337, 1897.

(2) A. Croft Hill. *Transactions of the Chem. Soc.*, 1898, p. 634, et Maquenne. *La réversibilité de la zymohydrolyse*, *Revue générale des sciences*, 9, p. 925, 1898.

(3) Grüss. *La formation du saccharose par le dextrose dans la cellule*. *Vereins Dtsch. Zuckerind.* 48, fasc. 506.

(4) Maquenne. *Sur l'accumulation du sucre dans la racine de la betterave*, *Bl. suc. et dist.*, 13, 1895. — *A. Agronom.*, 22, p. 5. *Comptes rendus du 2^e congrès de chimie appliquée*. Paris, 1896.

la composition chimique des diverses parties d'une même plante, il faut nécessairement que la diffusion soit contrebalancée par une autre influence pour que l'accumulation d'un corps donné dans un endroit spécial soit explicable. Maquenne a été conduit à ne voir là qu'une simple question d'équilibre osmotique.

Nous savions déjà que certaines membranes artificielles, en particulier celles formées par le tannate de gélatine, le ferrocyanure de cuivre, etc., sont imperméables pour certains corps en solution, mais perméables pour d'autres; les expériences de Traube sont très concluantes à cet égard. Il nous est loisible d'assimiler les cellules végétales vivantes aux cellules artificielles de ce savant et cette conception nous permet de comprendre comment, chez la betterave, le mélange de saccharose et de sucres réducteurs contenu dans les feuilles, peut être analysé par la racine qui emmagasine le premier corps à l'exclusion des seconds. On sait aussi, par analogie avec ce qui se passe chez les gaz, que les corps dissous exercent une certaine pression sur les parois qui les enclosent; c'est ce que démontrent d'ailleurs les élégantes expériences de Pfeiffer. Cette pression est appelée *pression osmotique* et la loi de Mariotte modifiée, telle que l'a formulée Van't Hoff : *Pour une même masse de molécules dissoutes, la pression osmotique est proportionnelle à la concentration ou inversement proportionnelle au volume*, lui est applicable (1).

Chez la betterave riche, dont le jus est plus concentré, les pressions osmotiques sont évidemment plus considérables que chez la betterave pauvre et si nous admettons, avec Henneguy (2), que ces tensions produisent une turgescence qui donne une grande résistance à des tissus en apparence très délicats, nous aurons là, pour cette betterave riche, une première explication rationnelle de la fermeté et de la nature cassante de sa chair.

Chez le végétal, il faut évidemment que les pressions osmotiques s'équilibrent dans toutes ses parties; or ces pressions suivent aussi la loi d'Avogadro modifiée par Van't Hoff : *La pression osmotique est la même quand le nombre des molécules-grammes dissoutes est le même dans un même espace, quelle que soit la matière*. Dans le cas considéré, les poids moléculaires respectifs du saccharose et du dextrose ou du sucre inverti étant 342 et 180, il faudra donc, pour qu'il y ait équilibre entre les pressions osmotiques dans la racine et dans les feuilles, que le jus de ces parties renfermât des quantités des deux corps proportionnelles à ces poids moléculaires.

L'égalité des pressions osmotiques dans les diverses parties du végétal a été expérimentalement montrée par Maquenne, qui s'est basé pour

(1) Voyez : Van't Hoff, *La force osmotique*, *Revue scientifique*, 1, 4^e série, p. 577, 1894.

(2) Henneguy. *Leçons sur la cellule*, p. 182.

cette recherche sur les relations qui existent entre ces pressions et l'abaissement du point de congélation des solutions.

La pression osmotique correspondant aux feuilles est, en général, peu inférieure à celle des racines, pour la température de congélation indiquée ; il suffirait d'un écart de 15° en faveur de la température des feuilles pour établir l'égalité parfaite des deux valeurs de P (pression osmotique) dans les cas les moins favorables. Une semblable différence est de l'ordre de celles qui existent normalement entre le sol et l'atmosphère. Il y a donc bien équilibre osmotique entre la partie souterraine et la partie aérienne de la plante, et l'accumulation du saccharose dans la souche s'explique dès lors très simplement.

Cette nouvelle théorie, qui fait de l'osmose l'un des facteurs essentiels de la physique végétale, paraît devoir présenter, d'après Maquenne, de nombreuses applications et elle permettrait d'énoncer la règle suivante qui paraît être générale en physiologie : *Tout principe immédiat peut s'accumuler quand sa formation donne lieu à un abaissement de la pression osmotique.*

C'est, appliquée aux substances solubles, la même loi que celle formulée il y a longtemps déjà par Dehérain (1) relativement à l'emmagasinement des principes insolubles tels que la fécule, et qui peut se traduire ainsi : *Tout principe immédiat peut s'accumuler lorsque sa formation s'effectue par condensation.*

En l'espèce, les trois théories : celle de Hugo de Vries, légèrement modifiée, celle de A. Girard et celle de Maquenne peuvent très bien être acceptées et se complètent l'une par l'autre. Rien ne nous empêche de supposer en effet : 1° Que le premier produit visible de l'assimilation est le sucre inverti ; 2° que celui-ci se transforme immédiatement et sur place en saccharose, sous l'influence d'une diastase saccharogénique résultant de l'action des rayons solaires sur le plasma cellulaire ; 3° que la pression osmotique, momentanément abaissée par cette condensation, se relève bientôt par suite de l'apparition de nouvelles quantités de sucres réducteurs, et devient supérieure à la pression osmotique correspondante du liquide de la racine. Quand ce troisième état est réalisé, il devient facile de comprendre, en admettant que la cuticule des cellules de la racine est imperméable aux glycoses, comment le saccharose chemine de la feuille vers la souche, jusqu'à égalisation des pressions osmotiques ; cette égalisation, à vrai dire, n'est jamais atteinte ; constamment, en effet, il se reforme de nouvelles molécules de sucres réducteurs et de saccharose ; de plus, la quantité d'eau absorbée par la racine est variable, la température extérieure change et ces causes sont modificatrices du régime de l'équilibre.

(1) Voyez à ce sujet le beau livre de M. Dehérain. *Les plantes de grande culture*, p. 77, 1898.

Il faut en outre considérer que dans les sucs des feuilles et des racines, il y a en présence des sucres beaucoup d'autres matières : des sels minéraux, des acides organiques, etc. ; leur présence influe notablement sur le phénomène de l'accumulation du saccharose, de sorte que, si celui-ci peut être considéré comme entièrement élucidé, il n'en reste pas moins à résoudre des problèmes accessoires dont l'étude serait certes, très intéressante et pourrait éclairer d'une vive lumière cette partie de l'histoire de notre plante sucrière.

147. Relations entre la richesse en sucre et la structure anatomique de la betterave. — Quand on réfléchit à la grande amplitude des variations de la teneur en sucre des betteraves, ainsi qu'à la grande diversité des caractères de la feuille et de la souche, on conclut, *a priori*, qu'il doit exister certaines relations entre la structure anatomique et la richesse saccharine. Une racine très sucrée semble devoir posséder une organisation spéciale, pour pouvoir fabriquer et surtout accumuler une quantité de saccharose qui, parfois, atteint le quart du poids du sujet considéré. C'est en effet ce qui a lieu. Nous avons rapporté à la page 264 les observations de De Vries, Schindler, et v. Proskowetz (1) sur la constitution anatomique des betteraves de différentes richesses. Nous avons vu que d'après Schindler la lignification (2) des tissus est plus forte pour la *Vilmorin améliorée* que pour la *Klein Wanzleben*, plus forte pour cette dernière que pour la *Rose hâtive*. En revanche, la première de ces variétés possède les cellules parenchymateuses les plus petites ; ces cellules sont un peu plus grandes chez les deux autres races et de dimensions à peu près égales. Ces différences sont restées les mêmes durant deux années d'observation et paraissent par conséquent, réellement constitutionnelles.

Les betteraves fourragères sont moins lignifiées et renferment plus de parenchyme que les betteraves sucrières ; en outre, les cellules de cette dernière production anatomique sont toujours plus larges dans les premières racines.

Chaque faisceau est entouré d'une gaine sucrée, l'assise saccharifère ; il semble donc, d'après Schindler, qu'il doive exister une relation entre la structure anatomique et la richesse en sucre. Cette conclusion pouvait d'ailleurs être tirée de l'aspect et de la consistance de la chair de la racine. L'examen anatomique approfondi vaudrait évidemment mieux, mais la

(1) Schindler et v. Proskowetz jun. *Oest. Ungarische Z.*, 4, 1889 et *Sucrerie indigène*, 36, p. 201, 1890 et 36, p. 437, 1890.

(2) Étudiée à l'aide du sulfate d'aniline. Remarquons qu'il faut ne pas confondre la plus ou moins grande abondance des productions ligneuses, c'est-à-dire des faisceaux à bois, avec leur degré de lignification. Une betterave peut être très ligneuse tout en ayant ses tissus peu lignifiés et vice versa.

longueur de l'opération et la difficulté d'apprécier exactement les caractères des tissus ne permettent guère à cet examen d'entrer dans la pratique courante (1).

Quelques autres relations entre la structure et certaines propriétés des trois variétés considérées sont aussi à remarquer ; c'est ainsi, par exemple, que la variété la plus lignifiée (*blanche améliorée de Vilmorin*) a une plus forte tendance à la montée à graines que la moins lignifiée (*rose hâtive*).

Von Proskozetz s'est occupé surtout de la partie physiologique, biologique et morphologique de la question. D'après ce que nous venons de voir, le type possédant la masse végétale la plus faible présente des cellules plus petites, plus nombreuses dans l'unité de volume ; en outre, des faisceaux plus rapprochés et plus fortement lignifiés. D'après cela et si on considère les tendances mécaniques et anatomiques du type de Vilmorin, on peut en conclure que cette betterave n'atteindra jamais le développement de la Klein-Wanzleben, mais sera toujours, relativement, plus riche en sucre.

D'après les résultats d'essais continués pendant plusieurs années sur le même terrain, les trois variétés ont fourni par jour et par unité de surface, les résultats ci-dessous :

	Poids des racines	Poids du sucre	Rapport entre la quantité et la qualité
	— kgr.	— kgr.	—
1 ^o Blanche améliorée de Vilmorin	157	23,7	6,6
2 ^o Klein-Wanzleben	191	26,5	7,2
3 ^o Rose hâtive de Vilmorin	143	19,4	7,1

L'organisme de la variété N^o 2 a donc plus de peine à fabriquer du sucre que de la masse végétale. Les 3 variétés sont d'ailleurs loin de présenter la même énergie de travail. La N^o 1 est moyenne ou tardive, la durée de végétation étant de 165 jours ; la N^o 2 est tardive (180 jours) et la N^o 3 est hâtive (150 jours). La variété N^o 2 a fourni, par conséquent, beaucoup de travail, mais cela très lentement ; la N^o 3 au contraire, élabore rapidement, produisant peut-être la même somme de travail que précédemment mais dans le temps le plus court.

De même qu'ils diffèrent sous le rapport de l'emmagasinement des matériaux, ces types diffèrent quant à la conservation. Le N^o 1 se conserve bien plus facilement que le N^o 2 et résiste mieux au froid que les

(1) Cet examen est assurément long et délicat, ainsi que l'affirme Schindler ; néanmoins, avec un bon microtome, beaucoup d'habileté, et en s'aidant de la photographie, on peut opérer assez rapidement et surtout obtenir avec les coupes, de bons photographes, sur lesquels il est beaucoup plus facile de faire des comparaisons.

variétés plus pauvres en matières sèches et plus riche en parenchyme(1).

D'après von Proskowetz, le caractère typique des variétés peut aussi s'exprimer par des différences de coloration, notamment chez les jeunes pousses ; cet auteur a trouvé au printemps et pour 100 pieds :

	Variétés		
	N° 1	N° 2	N° 3
1888. Pousses de couleur rouge. . .	81	37	100
» » blanche . . .	49	63	»
1889. » » rouge. . .	84	23	93
» » blanche . . .	16	77	7

Ces colorations semblaient même en relation avec l'état de santé des jeunes plantes ; en 1889, par exemple, le rapport des plantules altérées

aux plantules saines était : N° 1, $\frac{1}{3,23}$ — N° 2, $\frac{1}{4,00}$ — N° 3, $\frac{1}{4,50}$

La variété la plus rouge était par conséquent la plus vigoureuse.

Il nous paraît inutile d'insister davantage sur ces points et nous abordons maintenant l'étude d'un problème fort important dont on peut poser l'énoncé comme suit : Existe-t-il, entre les divers tissus de betteraves d'une même variété, des différences spécifiques concordant avec la richesse saccharine.

Les recherches exposées ci-après sont personnelles à Geschwind ; elles ont été exécutées au commencement de 1900, dans les laboratoires de MM. Kuhn et Cie à Naarden (Hollande) et elles ont donné des résultats qui, chose remarquable, peuvent facilement s'expliquer par la théorie de Maquenne.

Geschwind a examiné surtout la partie centrale, les faisceaux primaires et secondaires des betteraves en expérience, et l'examen microscopique a porté sur plusieurs centaines de coupes. Elles provenaient de sujets pesant de 0 k. 500 à 2 k. et d'une richesse de 8 à 22 0/0, sujets fort différents comme on le voit.

Nous savons déjà que le sucre s'accumule de préférence dans une zone nettement délimitée, c'est-à-dire dans le parenchyme à petites cellules allongées longitudinalement, dans le prosenchyme, pour employer le mot, qui entoure les faisceaux comme d'une gaine, à laquelle on a donné le nom d'assise saccharifère. Plus ce prosenchyme est abondant, soit

(1) Geschwind a eu une confirmation de ce fait au cours de l'hiver 1899-1900. Il avait laissé les betteraves de deux carrés d'essais voisins, sans les arracher. Ces betteraves, blanche à sucre de Vilmorin et blanche fourragère du même éleveur ont subi l'action des gelées de décembre, qui on se le rappelle, ont été exceptionnellement fortes. Au printemps, les racines riches en sucre ont recommencé à végéter et à émettre des feuilles, tandis que les fourragères avaient complètement disparu en pourrissant.

qu'avec un nombre restreint de faisceaux son épaisseur relative augmente, soit que le grand nombre des faisceaux donne au tissu qui l'enloure une importance proportionnelle considérable, plus la betterave doit être riche en sucre. C'est en effet, à quelques exceptions près, ce que l'observation fait constater ; plus le sujet considéré est sucré, plus son prosenchyme acquiert d'importance dans la masse totale des tissus, au détriment des autres productions anatomiques.

Au fur et à mesure que le prosenchyme prédomine parmi les divers systèmes cellulaires, on voit des modifications corrélatives s'accroître dans les parties avoisinantes. C'est ainsi que, d'une manière générale, la surface relative occupée par les éléments du ligneux diminue, de sorte que l'on peut dire, comme l'avait affirmé déjà Hugo de Vries pour la betterave de Silésie, au moment où cette betterave était la seule bonne race sucrière, que les racines riches sont les moins ligneuses. La proportion du parenchyme proprement dit est aussi influencée d'une manière notable. Plus celui-ci est abondant moins les sujets considérés ont chance d'être riches. Entre ces extrêmes, il existe toute une série de types inter-

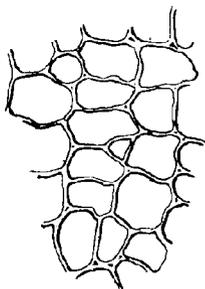


Fig. 95. — Parenchyme à petites cellules d'une betterave pauvre. Épaisseur des parois = 3,5 à 4 μ .

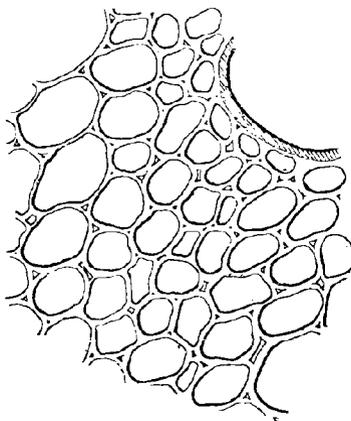


Fig. 96. — Parenchyme à petites cellules d'une betterave riche. Épaisseur des parois = 4,5 à 5 μ .

médiaires, les différents caractères que nous venons de signaler accentuant leur valeur au détriment les uns des autres. On ne peut donc tirer de conclusions de l'examen d'un seul tissu ; c'est de l'étude de toutes les productions cellulaires, c'est de la recherche de leur importance respective, que découle l'observation des relations entre la structure anatomique et la richesse saccharine.

Il existe cependant toute une série de particularités, spécifiques jusqu'à un certain point, permettant de différencier les betteraves les unes des autres. Dans le cas des hautes richesses saccharines, en effet, la section des éléments du prosenchyme se régularise et affecte de plus en plus une forme nettement circulaire ; il en est de même des cellules du parenchyme, dont les irrégularités s'atténuent. Ces différences de structure sont sous la dépendance directe de l'existence des pressions osmotiques. Celles-ci sont, comme nous l'avons vu, très variables ; elles augmentent lorsque la concentration du liquide sucré croît et peuvent osciller entre de larges limites sous des influences diverses : absorption d'eau à la suite des pluies, variations brusques de la température, etc. Les parois des cellules de la

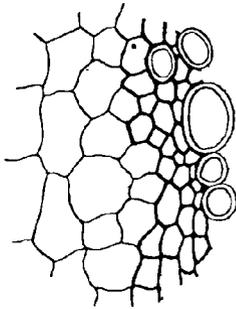


Fig. 97. — Portion de l'un des faisceaux fibro-vasculaires d'une betterave pauvre (fourragère).

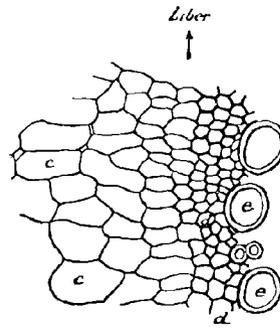


Fig. 98. — Portion de l'un des faisceaux fibro-vasculaires d'une betterave de richesse moyenne. Poids = 2180 gr. Sucre 0/0 12,6.
c Parenchyme.
d Cellules de l'assise. Saccharifères.
e Vaisseaux.

plante doivent donc supporter des variations de pression d'autant plus grandes que leur contenu renferme plus de saccharose ; il faut par conséquent qu'elles se modifient suffisamment pour résister à ces pressions. C'est aussi ce qui a lieu, et il est remarquable de constater que les modifications ne portent presque pas sur l'épaisseur de ces parois, mais bien sur leur forme ; celle-ci se régularise, les angles s'arrondissent, les points de moindre résistance disparaissent et l'ensemble prend à la fois un aspect plus délicat et plus solide.

Au reste, un peu de réflexion permet de comprendre qu'une augmentation de résistance des cellules ne pouvait provenir d'une augmentation d'épaisseur de leur paroi ; il est évident que cet épaissement se traduirait par une diminution de la perméabilité de la membrane et cela ne peut avoir lieu. L'enrichissement en sucre du liquide cellulaire se

manifestant par une plus grande amplitude des variations de la pression osmotique, il faut, au contraire, que la rapidité des échanges à l'intérieur de la plante, s'accroisse. Ceci nous amène à parler d'un autre genre de modifications, également révélé par l'examen de coupes minces.

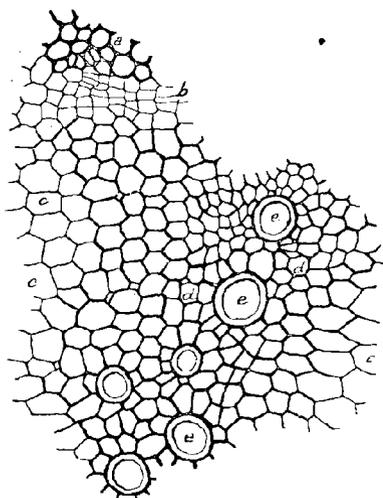


Fig. 99. — Portion de l'un des faisceaux fibro-vasculaires d'une betterave très riche. (Poids = 1750 gr. Sucre = 19.1 0/0).

- a Liber.
- b Cambium.
- c Parenchyme.
- d Cellules de l'assise saccharifère.
- e Vaisseaux.

Cet examen nous indique que, chez les betteraves riches, la dimension des éléments du prosenchyme diminue ; le tissu se fait plus serré et, comme conséquence, le nombre des petites surfaces osmosantes formées par les parois cellulaires, c'est-à-dire la surface osmosante totale, augmentant, la circulation intérieure dans le végétal s'active, permet plus rapidement aux pressions osmotiques d'arriver à l'état de régime et contrebalance l'influence néfaste des variations brusques de ces pressions.

Telles sont les relations qui existent entre la richesse saccharine de la betterave et sa texture anatomique.

145. Maltose $C^{12}H^{22}O^{11} + H^1O$. — C'est aussi un disaccharide ; Lindet, au cours de ses recherches déjà citées, l'a rencontré dans les feuilles de betterave avec le dextrose et le lévulose, mais en quantité ne dépassant jamais 4 0/0 de la somme des sucres réducteurs.

§ 4.

TRISACCHARIDES OU TRIOSES

148. Raffinose. — Ce sucre a été retiré des mélasses de raffinerie par Loiseau en 1876 ; Tollens, puis Rischbielh et Tollens l'ont séparé des mélasses de sucrerie. Depuis, de nombreux chimistes ont étudié la raffinose, particulièrement au point de vue de la fabrication du sucre et de l'alcool et de son dosage en présence d'autres sucres ; citons Scheibler, v.

Lippmann, W. E. Stone, W. H. Brard, Bodenbender, A. Aulard, Herzfeld, Hinze, Besemfelder, Deltour, Weisberg, Pellet, Zamaron, etc.

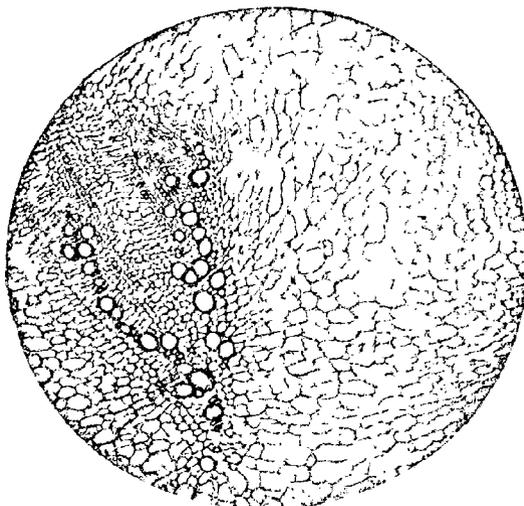


Fig. 100. — Faisceau fibro-vasculaire du 1^{er} cercle surnuméraire d'une betterave riche (2050 gr., 19.1 0/0 de sucre).

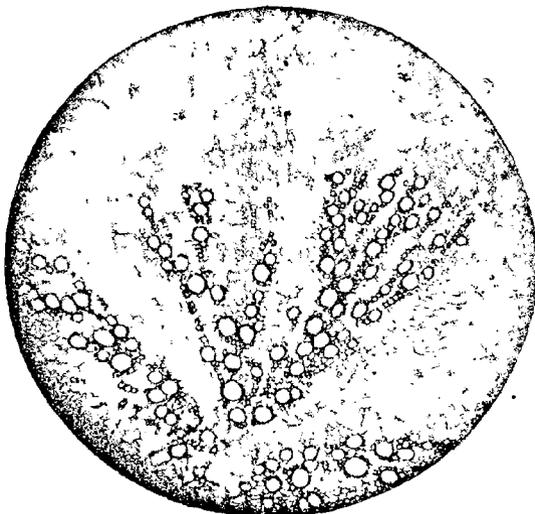


Fig. 101. — Portion du pivot central d'une betterave de 2050 gr. contenant 19.1 0/0 de sucre.

E. O. v. Lippmann a montré que le raffinose que l'on rencontre dans les mélasses ou les lessives de désucrage provient, comme le saccharose, de la betterave et non comme on aurait pu le supposer, d'une réaction secondaire s'exerçant entre les alcalis et les principes immédiats de la racine. Tollens s'est d'ailleurs assuré que les bases alcalino-terreuses sont incapables de transformer le saccharose en raffinose. Herzfeld et Cech ont fait des observations analogues; d'après ces derniers auteurs et d'après v. Lippmann, Scheibler et Mittelmeier, le raffinose se rencontre surtout dans le jus de betteraves ayant poussé d'une manière un peu exceptionnelle; la variété, la situation, la qualité du sol, les conditions de température et de végétation, la semence, les retards de croissance sont autant de facteurs qui influent sur la richesse de la betterave en raffinose.

On a pu obtenir des combinaisons du raffinose avec l'oxyde de calcium; à froid le raffinose dissout 1 molécule de chaux, le liquide clair ne se trouble pas par l'ébullition, ainsi qu'il arrive avec des solutions de sucrate de chaux. La quantité de chaux dissoute augmente avec la richesse des liqueurs en raffinose, tout en restant à peu près moitié de celle qu'absorberait dans les mêmes circonstances, une solution de sucre (Lindet) (1).

§ 5.

LES POLYSACCHARIDES DE LA BETTERAVE

149. Généralités. — Ces polysaccharides peuvent se classer comme suit :

I. Pentosanes. $n C^5H^8O_4$. — Arabane, Xylane, etc.

II. Hexosanes. $n C^6H^{10}O_5$.

a) Glucosanes. — Amidon, dextrane, etc.

b) Galactanes. — α . β . γ . Galactanes, paragalactane, amyloïde, etc.

c) Mannanes. — Mannane.

d) Lévilanes. — Lévilane.

e) Matières pectiques.

f) Celluloses et hémicelluloses.

g) Oxycelluloses.

Ce sont des corps très différents, liquides ou solides, en général incristallisables, parfois solubles, donnant par hydrolyse avec les acides des pentoses ou des hexoses et, le plus souvent, une quantité de furfurol qui

(1) *Bl.* 3^e série, 3, p. 413.

pour quelques-uns d'entre eux, les pentosanes par exemple, est assez importante.

Ces polysaccharides forment dans l'organisme de la betterave, la matière cellulaire de la racine et des feuilles ; en raison de la nature visqueuse, gélatineuse, de quelques-uns, la plante peut emmagasiner une quantité d'eau très importante.

Certains sont des produits de condensation totale et s'accumulent pour former les tissus solides ; d'autres sont des corps incomplètement transformés, transitoires pour ainsi dire, et devant servir plus tard à d'autres besoins.

Il n'existe pas de méthode bien précise pour les doser, surtout séparément ; leur composition, leur constitution et leurs réactions sont en effet encore très obscures. Cependant, l'application de la méthode de Tollens-Krüger (hydrolyse des substances par l'acide chlorhydrique à 12 0/0 et le dosage du furfurol formé) donne des renseignements intéressants sur la quantité globale de la plupart de ces corps. Stoklasa (1) a expérimenté dans ce sens et, au cours d'un important travail portant sur l'examen de la betterave à toutes les phases de la végétation, ce savant a obtenu les résultats suivants, page 394.

Nous devons conclure de ces essais que la quantité des polysaccharides de la betterave, des *furfuroïdes*, comme les appelle Stoklasa, est dans tous les cas, assez importante. De plus, les analyses que nous venons de mentionner font voir que ces substances s'insolubilisent au fur et à mesure de la croissance et que, en fin de végétation, le rapport du furfurol fourni par l'extrait, au furfurol fourni par la matière sèche devient très faible. C'est là un fait très important au point de vue industriel et qui confirme ce que la pratique faisait déjà connaître, à savoir que des racines mûres, complètement développées, fournissent un jus relativement plus pur et sont d'un travail plus facile. Ces expériences nous font comprendre, en outre, pourquoi les betteraves montées à graines en première année, c'est-à-dire les sujets qui terminent rapidement leur première période de croissance, sont d'une pureté relativement plus grande. L'élaboration des hydrates de carbone étant complète, les polysaccharides s'étant insolubilisés dans les tissus, ou ayant servi comme aliments de réserve à l'édification des tiges florifères, le jus de la racine se trouve débarrassé d'une quantité correspondante de non sucre.

150. Pentosanes (2). Métrarabane. — Steiger et Schulze appellent ainsi la *substance-mère* de l'*arabinose*. On peut admettre sa présence

(1) Stoklasa. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 23, 1883 et *Bl. suc. et dist.*, 17, p. 563, 1900.

(2) Voyez à ce sujet, G. Bertrand. *Les Pentosanes. Bl. suc. et dist.*, 18, p. 4049, 1904.

	Graines		Germes de 5 jours	Germes de dix jours			Germes de 30 jours	
	sans Testa	Testa		Germes entiers	Cotylédons	Racines	Feuilles et pétioles	Racines
	gr.	gr.						
Poids d'un sujet.....	»	»	»	»	»	»	»	»
Matière sèche.....	0 345 (1)	»	0 340 (2)	0 228 (3)	0 1543 (4)	0 1004 (5)	8 80 (6)	1 49 (7)
Furfurol total 0/0 gr. matière sèche.....	1 17	10 24	2 51	4 27	3 93	5 60	5 62	4 975
Furfurol de l'extrait aqueux 0/0 gr. ma- tière sèche.....	0 73	»	1 62	»	2 63	1 10	»	»
Rapport du furfurol de l'extrait au furfurol total.....	62.40/0	»	64.50/0	»	66.90 0/0	19.60 0/0	»	»

dans tous les corps qui engendrent hydrolytiquement de l'arabinose, mais on n'a pu encore l'isoler en nature. Elle existe dans l'acide arabinique de Scheibler, dans la pectine des betteraves, dans le marc des racines d'après Wheeler, Tollens, Allen et Weisberg. E. O. v. Lippmann a aussi obtenu de l'arabinose avec la gomme secrétée par des betteraves non mures; enfin, le marc et les cossettes lessivées de betteraves ont été étudiées spécialement au point de vue de la présence de l'arabane et de l'arabinose par Ullik, Wohl et Niessen, etc.; de toutes ces recherches il résulte que cette pentosane est très répandue dans l'organisme de la betterave à sucre.

La métrarabane appartient à la classe des hémicelluloses.

151 Xylane. — D'après les recherches de Poumarède et Figuier, Thomsen, Koch, Wheeler et Tollens, Hébert, Stone et Lotz, G. Bertrand, Tollens et Flint, E. Schulze, on peut dire que le xylane fait partie du tissu lignifié de toutes les plantes angiospermes; Tollens et Flint disent qu'il se trouve en quantité notable dans le tissu ligneux de la betterave à sucre. Enfin, d'après Stoklasa, il serait prédominant dans les racines de deuxième année tandis que chez les sujets de première année c'est l'arabane qui se trouve en plus grande quantité.

- (1) Matière sèche de 100 graines.
- (2) Matière sèche de 100 germes.
- (3) Matière sèche de 100 germes.
- (4) Matière sèche des cotylédons de 100 germes.
- (5) Matière sèche des racines de 100 germes.
- (6) Matière sèche des feuilles et pétioles de 100 germes.
- (7) Matière sèche des racines de 100 germes.

Betteraves de 60 jours de végétation			Betteraves de 120 jours de végétation			Betteraves de 170 jours (fin de végétation)			
Nervures et pétioles	Limbes	Racines	Nervures et pétioles	Limbes	Racines	Feuilles vertes		Feuilles jaunies	
						Nervures et pétioles	Limbes	Nervures et pétioles	Limbes
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
153	97	109	236 6	185 3	623 7	»	»	»	»
29 4 (1)	10 8 (1)	12 3 (1)	30 (1)	38 5 (1)	128 8 (1)	»	»	»	»
6 33	5 95	4 83	5 73	5 12	3 68	5 39	5 88	6 61	7 28
»	»	»	»	2 04	0 52	»	0 92	»	»
»	»	»	»	39.84 0/0	14.10 0,0	»	15.6 0/0	»	»

152. Méthylpentosanes. — A côté des pentosanes on trouve aussi, dans le règne végétal, des dérivés méthylés, notamment sous la forme de glucosides, mais aussi parfois à l'état d'anhydrides ou de méthylpentosanes (Tollens). J. Votocek (2) a trouvé de ces méthylpentosanes dans la graine de betterave, Chalmot dans beaucoup d'autres graines.

Synthèse des pentosanes dans l'organisme de la betterave. — Pour rechercher les hydrates de carbone on utilise les réactions dites du furfurole (3) sur l' α -naphthol, la résorcine, la phloroglucine et l'orcine. Ces réactions ne sont jamais spécifiques, puisque beaucoup d'hydrates de carbone donnent du furfurole, en quantités variables, quand on les traite par les acides. Néanmoins la quantité totale de furfurole obtenue peut donner une idée de la quantité globale des pentosanes contenues dans le produit étudié.

On rencontre les pentosanes dans les feuilles, les tiges, les organes ligneux, les fruits, etc., et elles ne semblent jamais manquer dans la paroi lignifiée des cellules. On ne sait encore si elles résultent de l'assimilation de l'acide carbonique par les feuilles. Brown, Morris et Chalmot combattent cette opinion. Pour Tollens les pentoses et, par suite, les pentosanes, proviennent par voie d'oxydation, avec élimination d'acide carbonique, d'hexoses formées antérieurement; enfin Stoklasa (4) incline

(1) Par sujet.

(2) J. Votocek. *Z. Zuckerind in Bohmen*, 1899, p. 229 et *Monit. scient.* 4^e série, 13, p. 730, 1899.

(3) C. Neuberg. *Verein Dtsch. Zuckerind.*, t. 542, p. 270, 1904.

(4) J. Stoklasa (*loc. cit.*).

à penser que cette formation a lieu surtout au détriment du saccharose ; à l'appui de cette thèse il a publié d'intéressantes observations sur l'augmentation des pentosanes dans des collets de betteraves végétant dans des solutions de saccharose. Le même auteur a aussi étudié l'action des engrais ; dans cette série d'expériences il a constaté que les doses de furfuroles trouvées sont inversement proportionnelles aux teneurs en saccharose ; un excès de fumure, aussi bien azotée que phosphatée ou potassique amène le relèvement de la teneur en pentosanes. Le fait est surtout significatif avec le nitrate de soude et le chlorure de potassium ; dans ce dernier cas, d'après Stoklasa, il faudrait attribuer l'action principale au chlore, car en l'absence de cet élément il ne se forme que très peu de furfuroïdes ; nous avons déjà du reste attiré l'attention sur le rôle joué par le chlore dans la formation et la migration des hydrates de carbone.

La chaux a aussi une influence très marquée ; cette base se rencontre toujours dans les organes végétaux ayant une tendance à se lignifier, le tissu du squelette de la betterave, très riche en pentosanes, en contient jusqu'à 2,12 0/0 (Stoklasa). Cette chaux est solidement fixée sur les tissus et n'est enlevée que partiellement par l'acide chlorhydrique faible. On peut rapprocher de ces faits les observations de Mangin (1) sur l'existence du pectate de chaux dans les tissus parenchymateux végétaux.

L'étude plus complète de l'élaboration et du rôle des pentosanes dans la vie de la betterave conduirait, sans aucun doute, à des résultats intéressants pour la pratique agricole et industrielle.

153. Hexosanes. — Glucosanes. — Amidon. — L'amidon est surtout contenu dans l'appareil foliacé ; il s'y trouve réparti suivant une loi bien déterminée et est contenu dans une assise cellulaire formant autour des faisceaux une sorte de gaine appelée gaine amylofère. Le collet de la betterave renferme aussi des grains d'amidon, mais la racine elle-même n'en contient pas. Cela résulte, du moins, de nombreux examens, au cours desquels, au moyen de la réaction de l'iode, il ne nous a pas été donné de discerner des grains amylofères dans la souche.

154. Dextrane. — Scheibler la considère comme devant se rattacher aux substances protoplasmiques primitives de la betterave à sucre ; la dextrane de Scheibler n'est pas ce que cet auteur croyait, mais un produit de l'action d'un microorganisme, le *leuconostoc mesenteroides*, sur les produits sucrés.

155. Galactanes. — E. O. v. Lippmann (2) a obtenu la *γ -galactane* en

(1) L. Mangin. *C. R.*, 110, p. 225.

(2) *Zeits. d. Ver. f. Rübenzuckerind.*, 1887, p. 468, cité d'après Rümpler.

étudiant l'eau de lavage des écumes de carbonatation de sucrerie ; c'est elle qui cause les rotations dextrogyres anormales constatées quelquefois dans les petites eaux des filtres presses.

Les *galactanes* accompagnent le plus souvent les pentosanes dans l'organisme de la betterave. C'est ainsi que d'après E. Schulze les membranes cellulaires renferment de la galactoarabane, de la paragalactosarabane, etc.

156. Amyloïde. — L'amyloïde est une des parties constituantes du tissu cellulaire, d'où on peut l'extraire au moyen de l'eau bouillante ; elle s'y dissout en formant une liqueur mucilagineuse qui fournit plusieurs des réactions de l'amidon (coloration bleue à l'iode, rotation dextrogyre). L'ébullition avec les acides faibles engendre un mélange d'hexoses, notamment du galactose et du dextrose, à côté desquelles, règle générale d'après E. Winterstein, on trouve aussi des pentoses.

157. Mannane. — D'après Stoklasa la betterave, particulièrement la racine de deuxième année, contient de la paramannane.

158. Lévilane. — Isolée par E. O. v. Lippmann (1) d'un dépôt gélatineux trouvé dans une lessive résiduaire de sucrerie (séparation Steffen) ; ce corps donne du lévulose quand on le traite par les acides étendus.

159. Matières pectiques. — Les matières pectiques que l'on trouve dans le jus et la pulpe des fruits mûrs de diverses racines : carottes, betteraves, etc., sont des substances non azotées, ne renfermant aucun acide gras, formant gelées, en partie solubles, en partie insolubles, qui ressemblent beaucoup à certains hydrates de carbone, mais qui s'en éloignent, du moins d'après les analyses de quelques auteurs, par une moindre teneur en hydrogène vis-à-vis de l'oxygène.

C'est Payen qui, le premier, au commencement du XIX^e siècle, observa ces corps gélatineux dans le jus de betteraves ; peu après, en 1831, Braconnot découvrit la pectine qui se trouve toute formée dans les fruits mûrs ; Mulder, Frémy, Chodnew, etc., étudièrent ensuite diverses matières analogues et purent déterminer, d'une façon approchée, le mécanisme chimique et biologique de leur formation. Enfin, plus récemment, Tollens et ses élèves, Bertrand et Malleire, puis Bourquelot et Hérissey, reprirent l'examen des matières pectiques et approfondirent, d'une part, leur composition et leur origine probables, d'autre part, le phénomène de fermentation qui se passe pendant la transformation de ces produits les uns

(1) *Zeits. d. Ver. f. Rübenzuckerind.*, 1887, p. 669, cité d'après Rümpler.

dans les autres. A. Hébert (1) et Goyaud (2) ont résumé ces travaux et nous renvoyons le lecteur à leurs monographies.

Travaux de Frémy. — Les travaux de Frémy (3) sur les matières pectiques, bien que les résultats auxquels ils ont conduits ne représentent plus l'état actuel de nos connaissances, ont cependant contribué beaucoup à élucider la question ; nous les résumons ci-après.

160. Pectose. — On trouve, à côté de la cellulose, dans les tissus des végétaux, principalement dans la pulpe des fruits et des racines, une substance insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, que Frémy a nommée pectose. Elle n'a pu être isolée mais a été caractérisée, sous l'influence simultanée des acides et de la chaleur, en un corps soluble dans l'eau, qui est la pectine.

161. Pectine, parapectine, métapectine. — La pectine existe dans le suc des fruits mûrs où elle a été découverte par Braconnot. Sa formation s'explique par l'action simultanée de la chaleur et des acides citrique et malique ; c'est ainsi, par exemple, qu'en exprimant le jus d'une pomme verte on n'y trouve pas trace de pectine, mais que celle-ci apparaît en abondance, communiquant au liquide une viscosité caractéristique, lorsqu'on fait bouillir au préalable ce jus avec la pulpe.

La pectine est blanche, soluble dans l'eau, incristallisable, précipitable de ses solutions par l'alcool ; elle est neutre aux réactifs colorés. Elle doit être considérée comme un acide faible qui, avec les alcalis ou les alcalino-terreux forme des pectates ; elle ne précipite pas par l'acétate neutre de plomb. La pectine peut, sous l'influence d'un ferment particulier, la pectase, se transformer en un acide gélatineux, l'acide pectosique, également étudié par Frémy.

Soumise pendant un certain temps à l'action de l'eau bouillante, la pectine se transforme en un nouveau corps, la parapectine, possédant la même composition centésimale, mais précipitant par l'acétate neutre de plomb. Elle forme avec les bases et principalement avec l'oxyde de plomb, des sels qui contiennent 1/2 ou 1 équivalent de base.

Soumise à l'ébullition en présence des acides étendus, la parapectine s'altère et donne de la métapectine, isomère des deux premières. La métapectine rougit sensiblement la teinture de tournesol et présente un caractère acide bien tranché. Elle est soluble dans l'eau, incristallisable, insoluble dans l'alcool et se transforme en pectates sous l'action des bases.

(1) A. Hébert, *A. Agronom.*, 26, p. 34, 1900.

(2) Goyaud, *R. G. C.*, 3, p. 417, 1900.

(3) *A. ch.* 3^e série, 24, p. 5, 1848, et *Chimie des végétaux* (Encycl. chim.), p. 34.

162. Acide pectosique. — L'acide pectosique se forme lorsque l'on fait agir sur la pectine son ferment naturel, la pectase, isolée par Frémy en précipitant par de l'alcool du jus de carottes nouvelles. Il s'obtient encore par l'action sur la pectine de solutions étendues et froides d'alcalis ou de carbonates alcalins.

L'acide pectosique rend l'eau gélatineuse ; il est à peine soluble dans l'eau froide, donne avec l'eau bouillante une dissolution qui se prend en gelée par le refroidissement, est complètement insoluble en présence des acides, peut donner des sels et se transforme rapidement en acide pectique sous l'action de l'eau bouillante, de la pectase et des alcalis employés en excès.

163. Acide pectique. — Nous venons de dire comment on peut l'obtenir, inutile donc de nous y étendre davantage. L'acide pectique est insoluble dans l'eau froide, à peine soluble dans l'eau bouillante ; si on prolonge l'ébullition il se transforme en un nouvel acide soluble dans l'eau et déliquescent. L'acide pectique se dissout en quantité considérable dans les sels alcalins neutres et surtout dans les sels ammoniacaux à acides organiques ; il forme alors des sels doubles gélatineux, à réaction acide.

Maintenu plusieurs heures dans l'eau bouillante, il se dissout complètement et se transforme en acide parapectique, incristallisable, à réaction franchement acide, formant des sels solubles avec la potasse, la soude et l'ammoniaque, et précipitable de sa dissolution par l'eau de baryte.

Si l'ébullition est prolongée plus longtemps, au lieu d'acide parapectique, l'acide pectique donne de l'acide métapectique, qui lui, n'est pas précipitable par l'eau de baryte. Les deux acides réduisent la liqueur de Fehling.

Enfin, les matières pectiques exposées à une température de 200° dégagent de l'eau et de l'acide carbonique et se transforment en un acide noir, auquel Frémy a donné le nom d'acide pyropectique.

La succession des corps examinés par Frémy conduit au tableau suivant :

Pectose.	
Pectine.	$C^{32}H^{48}O^{32}$
Parapectine.	$C^{32}H^{48}O^{32}$
Métapectine.	$C^{32}H^{48}O^{32}$
Acide pectosique	$C^{32}H^{46}O^{34}$
Acide pectique	$C^{32}H^{44}O^{30}$
Acide parapectique	$C^{24}H^{34}O^{23}$
Acide métapectique.	$C^8H^{12}O^9$ anhydre $C^8H^{10}O^7$
Acide pyropectique.	$C^{14}H^{18}O^9$

Après Frémy, Chodnew a repris la question de la composition des matières pectiques et est arrivé aux résultats suivants :

Pectose	$C^{28}H^{44}O^{22}$
Pectine	$C^{82}H^{138}O^{24}$
Acide pectique	$C^{14}H^{22}O^{14}$
Acide parapectique.	$C^{14}H^{20}O^{13}$ ou $C^{14}H^{22}O^{14}$
Acide pecteux (correspondant à l'acide méta-pectique de Frémy).	$C^{28}H^{42}O^{25}$

Ce même auteur dit aussi que les corps pectiques traités par les acides fournissent des glucoses.

Regnault admet pour l'acide pectique la formule $C^{12}H^{16}O^{11}$, tandis que Mulder indique $C^{12}H^{16}O^{10}$. Enfin, contrairement à Chodnew, Stude nie la transformation des corps pectiques en glucoses par hydrolyse.

Somme toute, il y a peu d'accord, même sur la composition élémentaire de ces substances.

Les premiers auteurs avaient extrait les substances gélatineuses végétales, soit des fruits, soit de certaines racines. Depuis, les corps pectiques ont été isolés par Rochleder de l'écorce et des capsules de marronnier d'Inde et de la capucine ; Rochleder et Hlasiwetz, des fruits du lilas, du *Gardenia grandiflora*, des câpres ; Poumarède et Figuiet de la racine de gentiane ; enfin, récemment, ces matières ont été extraites d'un grand nombre de plantes et il est à présumer qu'elles sont à peu près universellement répandues dans le règne végétal.

En 1893, Bertrand et Mallèvre (1) entreprirent une série de recherches sur la pectase et la fermentation pectique. Ces auteurs ont constaté d'abord que le coagulum gélatineux, obtenu en faisant réagir du suc filtré de carottes, renfermant de la pectase, sur une dissolution de pectine, était formé par du pectate de calcium et non par de l'acide pectique, comme on l'avait admis jusqu'alors.

Une solution aqueuse de pectine reste indéfiniment liquide quand on y ajoute du suc de carottes décalcifié, tandis que la moindre addition d'un sel de calcium au mélange détermine sa prise en gelée, par suite de la formation de pectate de calcium. La chaux ou la pectase, agissant séparément, sont inaptes à produire cette gélification ; leur action simultanée est nécessaire et, ce qui est plus curieux, la chaux peut être remplacée par une autre base alcalino-terreuse : baryte, strontiane, magnésie, etc. celles-ci donnant cependant des résultats moins nets.

En outre, les travaux de Bertrand et Mallèvre ont démontré que les

(1) Bertrand et Mallèvre, *Bl.*, 23, p. 77 et 252, 25, p. 31.

acides exercent une action nettement retardatrice sur le phénomène de la prise en gelée des solutions de pectine, mais que leur influence est contrebalancée par la proportion relative de pectase et de sels alcalino-terreux.

Duclaux (1) interprète le phénomène d'une manière différente; pour lui les sels de calcium ont une influence propre, qui vient aider celle de la diastase affaiblie par la présence d'oxalate. D'après A. Goyaud (2) on peut encore expliquer ce fait autrement en rappelant qu'il suffit de très petites quantités d'oxalate alcalin pour dissoudre l'acide pectique. Dans l'expérience de Bertrand et Mallèvre, la diastase opère peut-être son action, mais l'acide pectique produit se dissout au fur et à mesure de sa formation; cette dissolution augmente l'acidité de la liqueur, ce qui affaiblit la puissance coagulante de la pectase.

Bertrand et Mallèvre ont retrouvé la pectase dans les organes les plus divers d'un grand nombre d'espèces végétales; mais l'activité du ferment varie beaucoup suivant les cas.

D'après Bourquelot et Hérissé (3) la présence si fréquente des pectines dans les tissus végétaux, leur mode d'apparition et de disparition à certaines époques de la vie des plantes, doivent correspondre à l'existence d'un ferment soluble spécial, qui se rencontre d'ailleurs dans l'orge germée non torréfiée et auquel les auteurs ont donné le nom de pectinase.

Si on ajoute de cette pectinase, sous forme de macération de malt, à une solution aqueuse de pectine, après vingt-quatre heures cette solution est devenue incoagulable par la pectase et il s'est formé un peu de sucres réducteurs.

Bourquelot et ses élèves ont aussi isolé et étudié un certain nombre de pectines extraites de divers végétaux; ils ont retrouvé pour ces pectines, les propriétés signalées par Braconnot et Frémy; mais, contrairement à ce qui avait été indiqué par ce dernier, ces pectines agissent toutes sur la lumière polarisée, avec une intensité différente quoique toujours dans le même sens.

Divers travaux récents permettent de considérer divers corps pectiques comme de véritables entités chimiques; nous allons en dire quelques mots et nous terminerons cette partie par un résumé de nos connaissances actuelles sur la question.

164. Acide arabique. — *Syn.* : Arabine, gomme de betterave.
Form. $C^{12}H^{22}O^{11}$.

C'est la partie soluble des gommés végétales et le constituant essen-

(1) Duclaux. *Microbiologie*, 333.

(2) Goyaud. *R. G. C.*, 1900, 3, p. 417.

(3) Bourquelot et Hérissé. *C. R.*, 127, p. 191 et 128, p. 124; *C. R. Soc. biolog.*, 1899, n° 16, p. 361.

tiel de la gomme arabique : Scheibler a établi l'identité de ce corps avec l'acide métapectique de Frémy et a même fondé sur la présence de la métarabine dans les betteraves un mode de préparation simple de l'acide arabique pur.

Les sels alcalins ou alcalino-terreux s'obtiennent en précipitant par l'alcool un mélange d'arabine et de la base correspondante : les solutions des premiers ne sont précipitées ni par une liqueur calcaïque, ni par des liqueurs barytique, strontianique, cuivrique, etc.

Les acides étendus et bouillants modifient peu à peu le pouvoir rotatoire de l'arabine et le font passer à droite, en même temps qu'il se forme de l'arabinoïse et du galactose.

165. Métarabine *Syn.* Acide métarabique, Cérasine. Form. $(C^{12}H^{22}O^{10})_n$. — C'est une substance amorphe, se gonflant au contact de l'eau sans se dissoudre. Les acides étendus donnent avec elle, à l'ébullition, une notable quantité d'arabinoïse. L'acide nitrique donne, comme avec l'arabine soluble, de l'acide mucique. Enfin, les alcalis, en solution bouillante, transforment la cérasine en acide arabique.

Scheibler a montré la présence de la métarabine dans la pulpe de betterave.

166. Pararabine $C^{12}H^{22}O^{11}$. — Ce corps, très analogue au précédent, existerait, d'après Reichardt (1) dans la pulpe de betterave, les carottes, l'agar-agar. La pararabine se gonfle considérablement dans l'eau et se dissout dans les acides minéraux étendus ; ces dissolutions sont précipitées par les alcalis et l'alcool ; comme la métarabine, ce corps se change en acide arabique par l'ébullition avec des lessives alcalines.

167. Galactane $C^6H^{10}O^3$.

Nous avons déjà parlé de ce corps qui a été isolé par von Lippmann.

168. Nature des matières pectiques. — Parmi tous les corps pectiques, les quatre substances que nous venons de citer sont les seules dont les caractères sont assez bien précisés. Les matières pectiques étant, comme nous l'avons dit, incristallisables, très difficiles à purifier et assez altérables, on ne peut guère formuler, au sujet de leur origine et de leur constitution, que des hypothèses plus ou moins vraisemblables.

La composition de ces matières peut déjà nous donner certains renseignements. Mulder, Frémy, Chodnew, indiquent les corps pectiques comme ressemblant beaucoup aux hydrates de carbone, mais s'en éloignant

(1) Reichardt, *B.*, 1873, p. 807 cité d'après Rümpler.

cependant par une moindre teneur en hydrogène vis-à-vis de l'oxygène. Cependant, d'après Scheibler (1), l'acide métapectique possède sûrement deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène et est identique à l'acide arabe; de plus, dans de nouvelles analyses de corps pectiques, Bauer (2) a trouvé tantôt moins, tantôt autant d'hydrogène que dans les hydrates de carbone. Enfin, les recherches antérieures ont pu porter sur des matières pectiques plus ou moins impures et souillées peut-être de substances étrangères moins hydrogénées, telles que les tanins.

Reichardt (3) est d'ailleurs très net à cet égard; il considère, d'après ses études sur les corps pectiques de la betterave, les substances pectiques comme des hydrates de carbone de nature gélatineuse.

Bauer, dans une série d'analyses de pectines de poires et de pommes, puis Tromp de Haas et Tollens (4), dans l'examen de pectines de pommes, cerises, racine de rhubarbe, groseilles, reines-claude, navets, enfin Herzfeld (5) dans la substance pectique de betteraves à sucre, ont trouvé pour l'hydrogène et l'oxygène des quantités très voisines du rapport $2H : O$.

L'hydrolyse des corps pectiques confirme d'ailleurs pleinement les conclusions qui résultent de l'examen de leur composition. En effet, il est bien établi maintenant que les substances pectiques sont, sans exception, transformées par l'hydrolyse en des corps réducteurs.

Cependant, comme d'une part les matières pectiques possèdent les propriétés d'acides faibles et comme, d'autre part, les analyses accusent toujours un faible excès d'oxygène sur l'hydrogène par rapport aux proportions $2H : O$, il paraît à peu près certain que ces matières possèdent dans leur molécule un ou plusieurs groupements CO^2H , c'est-à-dire qu'elles seraient constituées par des hydrates de carbone dont une partie serait plus ou moins oxydée (6).

Par suite, dans l'hydrolyse des substances pectiques, on devrait obtenir, en outre des vrais hydrates de carbone, pentoses ou hexoses, des acides dans le genre des acides gluconiques provenant de l'oxydation des glucoses.

Ce dernier point n'est pas encore fixé d'une manière certaine; mais, le premier (formation de vrais hydrates de carbone par l'hydrolyse des corps pectiques) ne fait aujourd'hui aucun doute.

Wohl et v. Niessen (7), en faisant bouillir longtemps avec de l'eau de la pulpe de betteraves préalablement épuisée par l'eau au-dessous de 50° ,

(1) Scheibler. *B.*, 1, p. 59 et 6, p. 618.

(2) Bauer. *J. pr.* 2^e série, 30, p. 369.

(3) Reichardt. *Arch. pharm.*, 3^e série, 10, p. 116 et *B.*, 8, p. 807.

(4) Tromp de Haas et Tollens. *A.* 286, p. 278.

(5) Herzfeld. *Zeitsch. d. ver. f. Rübenzuckerind.*, 1890, p. 681.

(6) Voyez : A. Hebert (*loc. cit.*).

(7) Wohl et v. Niessen. *Zeits. d. Ver. f. Rübenzuckerind.*, 1889, p. 924.

obtenaient par évaporation une masse amorphe qui, par hydrolyse, a fourni une certaine quantité d'arabinose et, par oxydation (au moyen de l'acide nitrique à chaud) de l'acide mucique.

Herzfeld (1) a tiré également des betteraves à sucre, un acide parapectique et un acide métapectique qui, par distillation en présence d'acide chlorhydrique, ont donné du furfurool et par oxydation à chaud, au moyen de l'acide nitrique, de l'acide mucique. Par suite, ces substances devaient renfermer de la galactane et des pentosanes.

Reichardt (2) et Andrlík (3) ont isolé des betteraves des produits présentant les mêmes caractères que ceux ci-dessus. Bauer (4), par traitement aux acides étendus, a obtenu du galactose de la pectine de poires et du xylose de la pectine de pommes.

Tromp de Haas et Tollens ont constaté que toutes les pectines qu'ils ont isolées donnaient les réactions des pentoses ; de la pectine de pommes ils ont retiré en outre de l'arabinosazone ; la pectine de choux-navet leur a fourni de l'acide mucique, indice de la présence de la galactane.

Tout dernièrement, Bourquelot et ses élèves (*loc. cit.*) hydrolysant diverses pectines (gentiane, pétales de roses, coing, etc.) ont constaté la formation d'arabinose ; ce corps a été séparé à l'état cristallisé et caractérisé par son point de fusion, son pouvoir rotatoire et son osazone ; traitées par l'acide nitrique, ces pectines ont donné de l'acide mucique ; elles seraient donc bien constituées, au moins en partie, par de l'arabane et de la galactane.

Enfin, pour terminer, disons que Hellriegel et Herzfeld (5) ont trouvé dans des betteraves à sucre, cultivées dans diverses conditions de 0,05 à 0,17 0/0 de substances solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool et formées pour la plus grande partie de matières pectiques ; leur proportion était plus abondante dans les racines qui avaient reçu beaucoup d'engrais azotés. Cette dernière conclusion est entièrement d'accord avec celle que l'on peut tirer des essais de Stoklasa, que nous avons cités à propos des pentosanes.

169. Celluloses, hemi-celluloses, etc. — Le tissu cellulaire de la betterave contient, comme celui de la plupart des végétaux supérieurs, des celluloses proprement dites, des hemi-celluloses de Schulze, des gommes (pentosanes : *xylane*, *arabane*) et des matières appartenant vraisemblablement aux groupes aromatiques et qui n'ont pas encore été isolées à

(1) Herzfeld. *Zeits. d. Ver. f. Rubenzuckerind.*, 1892, pp. 295 et 667.

(2) Reichardt, *loc. cit.*

(3) Andrlík, *C. B.*, 1, p. 833, 1895.

(4) Bauer, *B.*, 26, p. 498 et 1015 et *Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen*, 41, p. 447.

(5) Hellriegel et Herzfeld. *Zeits. d. Ver. f. Rubenzuckerind.*, 1890, p. 771.

l'état de pureté ; les premiers groupes sont souvent confondus et habituellement décrits sous le nom de *lignine* ou de *corps ligneux*.

Stoklasa a étudié la betterave à sucre au point de vue de la présence de ces divers groupes organiques soit dans la racine proprement dite en 1^{re} et en 2^e année de végétation, soit dans le squelette de celle-ci obtenu après congélation.

Le lecteur pourra se reporter à la traduction de ce travail publiée par Geschwind (1), pour connaître le mode opératoire. Voici les résultats obtenus par Stoklasa :

Racines de betterave à sucre.

	1 ^{re} année de végétation		2 ^e année de végétation		Squelettes provenant de racines de 2 ^e année de végétation	
	Composition de la mat. sèche de la racine	Furfurool dans la mat. sèche et ses parties constituantes	Composition de la mat. sèche de la racine	Furfurool dans la mat. sèche et ses parties constituantes	Composition de la mat. sèche	Furfurool dans la mat. sèche et ses part. constituantes
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Matière sèche .		6,30		9,02		13,07
Hemicelluloses.	14,48	30,93	11,66	36,75	13,22	26,54
Cellulose. . .	5,22	9,65	15,23	6,59	36,57	9,98
Corps ligneux .	5,03	8,88	29,84	10,53	38,94	15,98

(1) *Bl. sucr. et dist.*, 17, p. 563, 1900, d'après *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 23, f. 5, 1899.

CHAPITRE VII

LES SUBSTANCES COLORANTES, GRASSES ET AROMATIQUES DE LA BETTERAVE

§ 1.

LES MATIÈRES COLORANTES

170. Généralités. — Parmi les matières colorantes de la betterave, il faut distinguer celles qui existent en nature et celles dont les propriétés colorantes ne se développent que par la mise au contact de l'air de certains principes immédiats. Payen, le premier, s'occupa de ces substances ; il indiquât que la betterave renferme une matière colorante rouge, une jaune et une brune ; plus tard, Leo Meier, s'occupa du corps auquel la betterave rouge à salade doit sa coloration ; il lui donna le nom d'acide *erythrobinique* ; après lui, divers auteurs (Sostman (2), J. Reinke (3), G. Bertrand (4) etc.) ont fait faire de grands progrès à la question. Actuellement on connaît : l'acide *erythrobinique*, l'acide *xanthobinique*, ainsi qu'une substance que Reinke a nommée *rhodogène*, qui à proprement parler n'est pas une matière colorante, mais donne, par oxydation, un corps rouge dénommé *rouge de betterave* (Betaroth) et l'acide *homogentisique*.

171. Acide érythrobinique. — L'acide érythrobinique est un corps d'une belle couleur rouge extrait par Meier, des betteraves potagères rouges. Il est insoluble dans l'alcool absolu et l'éther, facilement soluble au contraire dans l'alcool à 60 0/0 bouillant et dans l'eau froide ; il se décompose facilement sous l'influence des acides, des alcalis, des oxydes métalliques, de la chaleur, etc., qui non-seulement altèrent sa couleur, mais font aussi changer sa composition.

(1) Sostman. *Zeits. d. Ver. f. d. R. Z.* 1867, p. 56, cité d'après Rümpler.

(2) Reinke. *Physiolog. ch.*, 6, p. 263, cité d'après Rümpler.

(3) G. Bertrand, *Bt. sucr. et dist.*, 14, 1896.

Avec l'oxyde de plomb il forme une combinaison rouge complètement insoluble dans l'eau bouillante ; ses combinaisons avec le zinc, l'étain et quelques autres métaux sont également rouges mais sont légèrement solubles dans l'eau.

Pour préparer l'acide érythrobinétique on précipite le jus de betteraves rouges par l'acétate de plomb, on reprend le précipité avec de l'eau bouillante, on évapore à sec, on traite par l'alcool à 70° et on ajoute goutte à goutte une dissolution d'acide oxalique, en chauffant à 60° ; finalement on évapore le liquide à 40-50°.

L'acide érythrobinétique en solution, chauffé et traité par l'eau de baryte ou l'eau de chaux, donne un acide brun de nature humique, dont les combinaisons avec les métaux ou les terres alcalines sont insolubles dans l'eau, et un acide jaune rougeâtre, l'acide xanthobinétique. L'analyse élémentaire de l'acide erythrobinétique n'a pas été faite mais Meier a constaté que ce corps ne contient pas d'azote.

172. Acide xanthobinétique. — Il a été obtenu par Meier, en épuisant par l'eau chaude des racines sèches de betteraves dans lesquelles l'acide erythrobinétique était déjà décomposé, précipitant l'extrait par l'acétate de plomb et reprenant de nouveau le précipité par l'eau bouillante ; le résidu était ensuite traité par l'alcool à 80°, chauffé en présence d'acide sulfurique étendu et enfin séché. Après lavage du résidu de l'évaporation avec de l'alcool absolu froid, il reste, à l'état insoluble, une matière brune et on obtient une liqueur alcoolique jaune que l'on évapore.

L'acide xanthobinétique est difficilement mais complètement soluble dans l'éther ; il se dissout facilement dans l'alcool absolu froid. La chaux et la baryte colorent sa solution en rose rouge. Avec les sels de plomb, de zinc, de cuivre, les sels alcalins et alcalino-terreux de l'acide xanthobinétique donnent des précipités insolubles.

L'analyse élémentaire de l'acide xanthobinétique n'a pas été faite.

Plus tard Sostmann (1) a étudié, sans connaître le travail de Meier, une matière colorante brune qu'il identifia, en se basant sur des observations assez superficielles, avec l'acide humique de Mulder ou l'humated'ammóniaque. Sostmann avait séparé cet acide en portant à l'ébullition du jus défequé par la chaux ; le précipité qui se déposait était décomposé par HCl. Le résidu brun insoluble, lavé, fut épuré par redissolution et reprecipitations successives. Le produit obtenu avait les propriétés suivantes : insoluble dans l'alcool, l'eau et l'éther, réaction faiblement acide. Facilement dissous par les alcalis, il forme avec eux un produit gélatineux que la filtration divise en un liquide fortement coloré et en résidu insoluble.

(1) *Loc. cit.*

Le corps obtenu par décomposition de la solution alcaline par l'acide chlorhydrique est gélatineux et très aqueux ; la solution donne avec les chlorures alcalino-terreux des précipités bruns, solubles dans les solutions sucrées ; il est séparé de ces solutions par la chaux vive. Il est fortement attaqué par l'acide azotique concentré et l'eau régale, la solution est colorée en rouge cinabre et contient de l'acide oxalique. Sostmann en conclut que la matière colorante de la betterave est l'acide humique qui prend naissance d'un chromogène existant dans la betterave par l'oxydation à l'air ; cette oxydation était soupçonnée depuis longtemps mais il ne faut pas croire que le produit de la réaction est l'acide humique.

D'après Wachtel (1) la matière colorante de la betterave est un acide qui donne des combinaisons insolubles avec la chaux, la baryte, mais qui ne peut être obtenu pur à cause de son altérabilité.

Dans son étude : *Contribution à la connaissance des combinaisons facilement oxydables dans les plantes*, J. Reinke (2) a cherché à isoler le chromogène de la betterave ; il agitait le jus aussi frais que possible avec de l'éther ; cette extraction ne donnait pas de bons résultats ; il utilisa ensuite l'acétate de plomb qui précipite complètement le chromogène puisque le jus filtré ne se colore plus. Le précipité, rose pâle à l'origine, se colore rapidement à l'air en bleu foncé. Pour la séparation du chromogène, ce précipité fut décomposé par H²S. Le filtrât était épuisé par l'éther et du résidu de cette extraction on obtint un liquide huileux qui se colore d'abord en jaune, puis en rouge cerise foncé, avec un peu de brun. Le rendement est plus élevé si le jus est coagulé sitôt son expression. Le jus de betteraves rouges fournit aussi le corps en question ; la matière colorante rouge de cette variété n'est pas soluble dans l'éther. De ces observations il ressortait donc qu'il existe dans les cellules des betteraves un chromogène précipitable par l'acétate de plomb, soluble dans l'eau, de laquelle il peut être enlevé par l'éther. C'est cette substance que Reinke a nommée *Rhodogène*.

173. Rhodogène. — Ce corps est difficile à étudier en raison de la facilité avec laquelle il s'oxyde. Les réactions sont les suivantes : Une portion d'éther contenant du rhodogène, mise en contact avec l'eau, donne après évaporation de l'éther une matière colorante brune qui se dissout dans l'eau, ce produit d'oxydation est le rouge de betterave (betaroth).

Par l'agitation d'une solution éthérée avec l'acétate de plomb il se forme une combinaison bleuâtre qui se dissout peu à peu avec une coloration violette ; la dissolution est immédiate avec quelques gouttes d'acide acétique.

(1) *Oest. Ungarische Z.* 1867, p. 391, cité d'après Rümpler.

(2) *Loc. cit.*

L'agitation avec l'eau de baryte donne à la surface de séparation des liquides un précipité bleuâtre.

L'eau de brome provoque, probablement par oxydation, une coloration violette dans la solution éthérée.

La solution éthérée desséchée à l'air s'oxyde en un corps rouge auquel Reinke a donné le nom de *Rouge de betterave* (Betaroth) qui, à l'état sec, est insoluble dans l'eau, mais par contre soluble dans l'alcool auquel il communique une coloration rouge cerise, qui par l'addition d'un alcali vire au bleu.

Reinke range le rhodogène et le rouge de betterave parmi les corps aromatiques; il considère le dernier comme très semblable au rouge alkanna et attribue aux chromogènes en général, un grand rôle dans la respiration des végétaux.

Si les observations de Reinke n'ont pas été confirmées au fond, on verra par la suite que cet auteur avait cependant touché d'assez près la vérité.

174. Travaux de G. Bertrand. — Le jus des betteraves se colore à l'air très rapidement en rouge, puis en noir, en laissant déposer finalement un précipité amorphe noir. D'après ce que nous venons de voir, ces colorations seraient dues au rhodogène de Reinke, substance de nature d'ailleurs inconnue mais très oxydable. G. Bertrand (*loc. cit.*) a donné du phénomène une explication beaucoup plus simple et beaucoup plus heureuse. D'après ce savant, la série des colorations successives d'un jus de betteraves séjournant à l'air serait le fait d'un chromogène, la *tyrosine* qui s'oxyderait par l'intermédiaire d'un ferment spécial, d'une *oxydase*, la *tyrosinase* (1). L'oxydase de la betterave est très altérable et après 10 minutes de chauffage à 60°-70°, elle n'a plus d'action sur la tyrosine; le contact de l'alcool, la dessiccation la détruisent également. C'est en se servant de tyrosinase extraite d'autres végétaux qu'on peut étudier la cause de la coloration du jus de betteraves. Par exemple, on peut se servir du suc de certains champignons, tels que les *Russules*, aussitôt après leur récolte, ou après conservation, en les divisant en tranches minces, séchant à l'air ou dans le vide sec, et faisant une macération lorsqu'on veut obtenir une solution de tyrosinase.

On cuit les betteraves entières pour détruire le ferment qu'elles renferment et on sépare le jus qui, dès lors, ne se colore plus. Si dans ce jus, on verse alors de la tyrosinase, obtenue comme nous venons de le dire, on voit le mélange, d'incolore qu'il était, passer au rouge, puis au noir et

(1) Sur la tyrosinase voyez aussi une étude de C. Gessard. *A. Instit. Pasteur*, 15, p. 593, 1901.

laisser déposer un précipité amorphe noirâtre. Avec un dispositif convenable on constate une absorption d'oxygène. Dans un tube à essai, par exemple, la coloration commence à la surface ; dans le vide ou à l'abri de l'air, le mélange se colore faiblement en rose à cause de la présence d'une trace d'oxygène, puis ne change plus. Pour ces expériences, il est nécessaire de saturer les liquides avec du chloroforme pour paralyser les microbes. Lorsqu'on emploie une solution bouillie de tyrosinase on n'a pas de coloration. G. Bertrand a identifié à la tyrosine, dont la présence a été signalée dans la betterave en 1884 par von Lippmann, la substance sur laquelle agit le ferment ; il a extrait cette même tyrosine des tubercules du *Dahlia*, du *Russula nigrans*, etc., dont le suc contient de la tyrosinase et qui au contact de l'air, se conduisent comme le jus de betteraves.

Enfin, disons que la tyrosinase est localisée dans les faisceaux fibrovasculaires ; ce fait peut être mis en évidence au moyen de la teinture de gaïac dont on imprègne une section fraîche de la plante, les faisceaux se colorent en bleu.

Gonnermann (1) reprit les travaux de Bertrand et arriva aux mêmes conclusions ; d'après lui certains enzymes transforment les matières albuminoïdes de la betterave en tyrosine. Cette transformation commence déjà dans le pétiole, le collet, puis dans la racine. Le produit final de l'action de la tyrosinase sur la tyrosine serait l'acide homogentisique ou acide dioxyphénylacétique ou alcaptone. Cependant, à cette époque, Gonnermann n'avait pas encore extrait des jus, l'acide homogentisique à l'état de pureté. Entre temps, le Dr Huppert publia une nouvelle étude sur l'acide homogentisique ; d'après cet auteur on doit considérer l'acide homogentisique comme de l'acide hydroquinonacétique et non comme acide dioxyphénylacétique.

Gonnermann (2), s'appuyant sur les travaux de Hupper, entreprit à nouveau la préparation de l'acide homogentisique pur en partant du jus de betterave ; il a constaté au cours de ces essais que cet acide n'est pas altéré par l'acide chlorhydrique que l'on introduit dans la pulpe. Après précipitation par l'acétate de plomb, décomposition par H²S, reprecipitations et décompositions successives, il obtint des cristaux incolores d'acide homogentisique qui se séparent d'une eau-mère colorée en rouge foncé. Ces cristaux dissous par l'ammoniaque donnent une solution rouge-sang très foncée. L'eau mère est décolorée complètement en solution acide par la poudre de zinc mais elle se recoloré par addition d'ammoniaque. On ne peut s'empêcher de voir une certaine analogie entre ces constatations et celles de Reinke à propos de son chromogène.

(1) *Sucrerie indigène*, 54, p. 229, 1899.

(2) *Dtsch. zuckerind.*, 1900, n° 9, p. 350 et *Bl. suc. et dist.*, 17, p. 913, 1900.

Gonnermann a également examiné les racines en seconde année de végétation. Les coupes ou la pulpe étaient imprégnées de solutions de tyrosine pour vérifier l'existence de l'enzyme. Il existe encore dans ces racines de la tyrosinase mais il n'y a plus de tyrosine sauf peut-être, mais en petites quantités, dans les faisceaux vasculaires ; les mêmes phénomènes ont été observés sur les tiges fructifères.

Epstein (1) a également confirmé les conclusions de Bertrand ; il a voulu rechercher quelle est la substance oxydable et qu'on pourrait appeler chromogène, mais il n'a pas réussi à l'identifier ; il se contenta d'affirmer que ce ne doit pas être la tyrosine car les solutions de cette substance ne se colorent pas par addition de quelques gouttes de jus frais ; cette affirmation étonnera certainement, étant donné que Gonnermann a justement utilisé de cette réaction pour identifier la présence de la tyrosinase dans les racines de seconde année. Epstein a surtout établi que l'oxydation du chromogène se fait sans le secours des microbes et qu'il y a réellement une diastase.

§ 2.

LES MATIÈRES GRASSES

175. Généralités. — Composées pour la plus grande partie de carbone, d'hydrogène et d'oxygène — il existe des graisses phosphorées dont nous parlerons plus tard, les huiles et graisses se trouvent dans les plantes à l'état de mélanges le plus souvent complexes et, dans la généralité des cas, encore mal étudiés.

Comme nous l'avons vu, la graine de betterave renferme une grande quantité de ces corps gras, qui chez elle, constituent une matière de réserve. Ils sont un produit normal de la cellule dont le protoplasma en renferme toujours une faible quantité.

Michaelis (2) a isolé du coagulum produit dans les jus par les acides, des quantités de matière grasse impure variant de 0,533 à 1,005 par kilo de jus. Les procédés d'extraction utilisés par cet auteur étaient assez primitifs et si nous mentionnons en passant les notes de Scheibler, il faut arriver aux essais de Herzfeld (3) pour avoir des données un peu plus précises. Cet expérimentateur, traitant des cossettes sèches par l'alcool méthylique, pour extraire le non-sucre, puis par l'alcool à 87° pour obtenir le sucre, trouva que le premier liquide avait dissous une certaine quantité de graisse ; il sépara celle-ci par une addition d'eau, la reprit

(1) *Archiv. f. Hygiène*, 36, fasc. 2, et *Bl. suc. et dist.*, 18, p. 346, 1901.

(2) Michaelis, *Zeits. d. Ver. Rüben Zuckerind.*, 1835, p. 67, cité d'après Rümpler.

(3) Herzfeld, *Zeits. d. Ver. f. Rüben Zuckerind.*, 1887, pp. 573 et 714 cité d'après Rümpler.

par l'éther, saponifia et sépara ensuite les acides gras du savon obtenu. La quantité de matière qu'il obtint ainsi était trop faible pour qu'il fut possible de caractériser les divers composants du mélange et Herzfeld se borna à en faire l'analyse par combustion ; elle lui donna les résultats suivants :

$$C = 70,40 \text{ 0/0}$$

$$H = 11,13 \text{ »}$$

$$O = 18,47 \text{ »}$$

Nous parlerons bientôt, à propos de la lecithine, de la graisse phosphorée trouvée par Scheibler, ainsi que des travaux de Kollrepp, de v. Lippmann etc. sur l'isocholestérine, la phytostérine etc.. Pour le moment, mentionnons encore les essais d'Andrlik qui, tout récemment, a trouvé que la graisse extraite des betteraves était toujours accompagnée d'un corps particulier qu'il dénomme acide résineux ; d'après Andrlik (1) la quantité de matière grasse contenue dans les racines de betteraves varie suivant les époques ; ce chimiste a trouvé :

N ^o s des échantillons	Dates de la prise d'échantillon	Graisse dans 100 gr. de matière sèche
1	24 juillet . . .	0,45
2	2 août . . .	0,32
3	7 » . . .	0,42
4	13 » . . .	0,44
5	21 » . . .	0,47
6	30 » . . .	0,44
7	17 septembre	0,18
8	29 »	0,09
9	3 octobre .	0,11

176. Isocholestérine. — $C^{26}H^{44}O$. — C'est un isomère de la cholestérine. En étudiant des écumes qui filtraient difficilement, le Dr A. Kollrepp (2) trouva, en 1888, une substance qu'il prit pour de l'isocholestérine. Il l'obtint en solution alcoolique et put la faire cristalliser en beaux cristaux. A. Stift isola, 1893, une substance possédant des propriétés analogues, d'écumes de sucrerie qui filtraient également d'une manière anormale. D'autres auteurs (3) la retrouvèrent dans des écumes normales,

(1) Voy. : Briem. *Sucrierie belge*, 27, p. 331, 1899.

(2) Kollrepp. *Zeitsch. d. Ver.*, p. 772, 1888, cité d'après Rümpler.

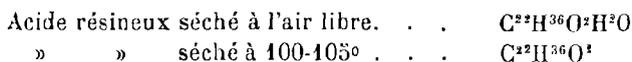
(3) Voy. : K. Andrlik et E. Votocek. *Z. Zuckerind in Böhmen*, 1894 et *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 772, 1899.

dans le jus de diffusion, dans les dépôts des tubes de réchauffeurs, etc.

Enfin, d'après K. Andrlík et E. Votoček (*loc. cit.*) la substance de Kollrepp, de Stift, etc. ne serait pas de l'isocholestérine mais bien un corps spécial, se rapprochant des matières résineuses et auquel ils ont donné le nom d'acide résineux.

D'après v. Lippmann (1) la betterave contient de la *cholestérine* ; ce corps a été isolé d'une mousse anormale de sirop d'égout dans une raffinerie de sucre brut.

177. Acide résineux. — Cet acide résineux a été caractérisé, comme nous venons de le dire, par K. Andrlík et E. Votoček ; ces auteurs l'ont isolé des écumes de sucrerie, des petites eaux, des dépôts de réchauffeurs, des jus de diffusion, etc. et lui ont assigné les formules suivantes :



C'est un corps cristallisé en aiguilles incolores brillantes, insolubles dans l'eau ; il se dissout dans 180 parties d'alcool à 96°, mais il est beaucoup plus soluble dans l'alcool bouillant, ainsi que dans les alcools amylique, isobutylique, etc.

La substance pure fond à 299-300° en un liquide un peu jaunâtre ; à une température plus élevée elle se sublime en se décomposant et en dégageant une odeur résineuse.

L'acide résineux est optiquement actif et dévie à gauche.

E. O. von Lippmann (2) l'a extraite des mousses recueillies sur des bas-produits en fermentation.

§ 3.

LES MATIÈRES AROMATIQUES

178. Vanilline $C^8H^8O^3$. — Stammer, le premier, fit mention de la présence de cette substance aromatique dans la betterave ; ce savant, en desséchant et conservant de la pulpe de betteraves au contact de la chaux, observa qu'il se développait une odeur très agréable de vanille (3) ; il ne put cependant isoler le principe générateur de cet

(1) *B.* 1899, p. 1210 et *A. Agronom.*, 27, p. 251, 1901.

(2) Rümpler, *loc. cit.*, p. 248.

(3) *Dinglers Journal*, 158, 134 cité d'après Rümpler.

arome. (1) Enfin, Scheibler puis von Lippmann (2) trouvèrent la vanilline dans beaucoup de sucres bruts de betterave.

179. Coniférine $C^{16}H^{24}O^8 + 2H^2O$. *Syn.* : Glucoside coniférylique. Laricine. Abrétine. En 1867, Wiesner indiqua que le tissu lignifié de la betterave à sucre donne la réaction de la coniférine ; en 1883, Karcz et Bauer (3) constatèrent la présence de l'alcool coniferylique et de l'eugenol dans un alcool de mélasse et en conclurent que la betterave devait renfermer de la coniférine ; enfin d'après von Lippmann (4) ce corps se trouve sûrement dans les asperges et le tissu lignifié des betteraves.

D'après le même auteur la coniférine est la substance mère de la vanilline, dont on a constaté la présence dans la betterave et le sucre brut ; elle se décomposerait en effet sous l'influence de la chaux.

180. Pyrocatechine $C^6H^6O^2$. *Syn.* : Orthodioxybenzol. — Acide oxyphénique. Oxyphénol. Acide pyrocatechique. Acide pyromorintannique.

Von Lippmann (5) l'a rencontrée dans les sucres bruts contenant de la vanilline ; il admet comme vraisemblable qu'elle ne provient pas seulement de la décomposition de substances sucrées, au cours de la fabrication, mais qu'elle existe dans la betterave. Il l'a trouvée plus tard dans des feuilles de betteraves jaunies.

(1) *Dunghers Journal*, 158, p. 138, même source.

(2) *B.* 1880, p. 335, *Zeits d. Ver. f. Ruben. zuckerind.* 1880, p. 134 et 663, cité d'après Rümpler.

(3) Voyez : Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 253.

(4) Von Lippmann. *B.* 16, p. 44 et 18, p. 3335 cité d'après Rümpler.

(5) Von Lippmann, *Dtsch. Zuckerind.*, 1888, cité d'après Rümpler.

CHAPITRE VIII

LES COMPOSÉS ORGANIQUES AZOTÉS DE LA BETTERAVE

181. Généralités. — La question des composés organiques azotés de la betterave est extrêmement complexe et encore aujourd'hui, elle est très mal étudiée. Cependant on a pu en caractériser dans notre plante sucrière un nombre assez considérable, citons : l'asparagine, la glutamine, la leucine, la tyrosine, l'acide citraziqne, les lécithines, diverses matières de nature albuminoïde, des bases, des enzymes, des peptones, etc.

D'autres substances : la xanthine, la guanine, l'adénine, la carnine, la guanidine, l'allantoïne, la vernine, etc., ont aussi été identifiées, mais à la vérité, seulement dans la mélasse, et leur présence dans la racine de betterave est fort problématique car elles doivent résulter de phénomènes de décomposition s'accomplissant au cours du travail des bas-produits. C'est von Lippmann (1) dont nous avons eu si souvent déjà l'occasion de citer les travaux, qui s'est surtout occupé de l'étude de ces derniers composés sur lesquels nous pensons ne pas devoir insister, puisqu'ils sortent du cadre de notre ouvrage.

§ 1.

LES ACIDES AMIDÉS

182. Généralités. — Les acides amidés jouent un très grand rôle dans la vie des plantes; ils constituent un des produits de décomposition des matières albuminoïdes pour lesquelles ils sont une forme de migration. Ces albuminoïdes, accumulés dans les cotylédons, ou en voie de formation continue dans la feuille, par suite de l'assimilation des nitrates transformés en acides amidés sous l'influence de réactions dont

(1) Von Lippmann. *Scheiblers Neue Zeitsch.* Déc. 1896, et *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 691, 1897.

nous ignorons encore la nature, prennent ainsi une forme éminemment cristallisable et diffusible et peuvent, de cette manière, cheminer par voie d'osmose ou de diffusion, dans les divers organes de la plante, pour venir finalement se retransformer, aux lieux d'utilisation, en de nouveaux corps albuminoïdes.

183. Leucine $C^6H^{13}AzO^2$. *Syn.* Oxyde caséeux, aposépéidine, acide leucamique.

La leucine accompagne généralement l'asparagine dans les végétaux en reprise de végétation, c'est-à-dire lorsqu'il y a décomposition de l'albumine de réserve pour la formation des nouveaux ou des premiers organes végétatifs. E. O. v. Lippmann (1) en a trouvé dans le jus des pousses blanches privées de chlorophylle, de betteraves à sucre conservées ; le même auteur (2) a aussi extrait de la leucine d'une lessive d'éluition.

Nous n'avons pas trouvé d'indications sur les décompositions que peut subir la leucine par ébullition avec les acides ou les alcalis caustiques à faible concentration.

184. Acide aspartique $C^4H^7AzO^4$. *Syn.* Acide asparamique.

La présence de ce corps dans la betterave n'a pas encore été réellement démontrée ; on en trouve dans les produits de décomposition, mais il provient sans aucun doute de l'attaque de l'asparagine. Scheibler admet que dans les racines conservées longtemps, il existe de l'acide aspartique, la preuve n'en a cependant pas été faite et cet auteur ne l'a jamais apportée.

Les sels de l'acide aspartique avec les métaux alcalins sont très solubles dans l'eau et déposent généralement en cristaux par concentration ; les sels alcalino-terreux sont également solubles mais par concentration on n'obtient que des produits gommeux incristallisables.

185. Asparagine $C^4H^8Az^2O^3$. *Syn.* Althéine, asparamide, amide aspartique, amide amido succinique, etc.

C'est le plus important des produits de décomposition physiologique des matières albuminoïdes ; la lumière semble n'exercer aucune action sur sa formation, mais on a admis jusqu'ici qu'elle est nécessaire à son retour en matières protéiques ; on croyait que l'asparagine s'accumule dans les plantes germant dans l'obscurité pour y subsister jusqu'à leur

(1) E. O. v. Lippmann. *B.*, 1884, p. 2485, cité d'après Rümpler.

(2) E. O. v. Lippmann. *Zeits. d. Ver. f. Rubenzuckerind.*, 1885, p. 156, cité d'après Rümpler.

mort (1). Les expériences de Bréal (2) sur les lupins avaient paru confirmer cette opinion, mais on peut leur opposer les recherches récentes de E. Schulze et de ses élèves (3), de Zaleski Prianschnikow et Iwanoff (4) qui ont montré qu'il peut y avoir formation d'albumine dans l'obscurité, aux dépens de l'asparagine.

L'asparagine fut découverte dans la betterave en 1850 par Dubrunfaut ; Rossignon en a dosé de 2 à 3 0/0. Michaelis nia la présence de ce corps dans la betterave, mais les recherches des auteurs français furent confirmées par Scheibler et E. O. v. Lippmann ; ce dernier retira pour la première fois l'asparagine cristallisée du jus de betteraves poussées.

Il existe trois modifications de l'asparagine :

L'asparagine α , gauche ou asparagine ordinaire.

L'asparagine α , droite.

L'asparagine β ou asparagine inactive.

C'est la première qui existe dans le jus de betterave.

L'asparagine réagit différemment sur les indicateurs colorés, les recherches de Claassen (5) et de Degener (6) sont très intéressantes à ce point de vue ; la température influe également. Ces phénomènes sont très importants au point de vue de l'analyse chimique et on lira avec intérêt les discussions qu'ils ont provoquées lors de la mise en vigueur des nouvelles normes allemandes pour l'alcalinité des sucres bruts ; ces discussions ont été résumées et publiées en français par E. Sellier (7).

De toutes ces recherches, il ressort nettement qu'en principe, lorsqu'une solution renferme de l'asparagine, c'est la phénolphtaléine qui donne les résultats les plus approchés de la vérité.

L'asparagine pure se conserve bien en solution aqueuse stérilisée ; elle se combine aux bases en se conduisant comme un acide monobasique ; elle forme aussi des sels avec les acides et même des sels doubles.

Avec la chaux elle donne le sel $(C^4H^7Az^2O^3)^2Ca$ qui est incristallisable ; d'après Hinze (8) ce sel ne se décompose pas lorsqu'on le porte à l'ébullition ; mais dès qu'il y a un excès de chaux, la réaction indiquée plus loin se manifeste, même à froid (E. Sellier).

L'asparagine est décomposée par ébullition avec l'eau, en ammoniac

(1) Sachs. *Traité de botanique*, p. 842.

(2) Bréal. *A. Agronom.*, 26, p. 5, 1900.

(3) Voyez *Landwirtschaftl. Versuchs-Stationen*, 55, p. 78, 1901.

(4) *Idem*.

(5) Claassen. *Zeitsch. d. Ver. für Rübenzuckerind.*, 19, p. 692, 1894, cité d'après Rümpler.

(6) Degener *Dtsch. Zuckerind.*, 22, p. 65, 1897 et du même auteur, *Über den Einfluss der Temperatur auf die Acidität einiger Säuren*. Brunswick, 1897.

(7) *Bl. suc. et dist.*, 18 et 19, 1901-1902.

(8) Hinze. *Dtsch. Zuckerind.*, 26, p. 1430, 1901 et *Bl. suc. et dist.* 19, p. 617, 1901

et acide aspartique ; la décomposition est beaucoup plus complète quand on chauffe à 125° à l'autoclave (E. Sellier).

Les acides minéraux étendus (Ac. chlorhydrique, sulfurique et nitrique) attaquent l'asparagine même à froid ; à chaud la décomposition en acide aspartique et sel ammoniacal, est complète si l'action est prolongée assez longtemps. Dans les mêmes conditions l'acide acétique agit très peu (E. Sellier).

Les alcalis caustiques agissent de même ; il se dégage de l'ammoniaque, et il se forme un aspartate. L'action commence déjà à froid (Rümpler, E. Sellier). Contrairement à ce qu'ont publié Boussingault et Pellet, la magnésie décompose aussi l'asparagine à l'ébullition, il se dégage ainsi, environ 5 0/0 de l'azote total en une heure (E. Sellier).

Le pouvoir rotatoire de l'asparagine est modifié en présence du sous-acétate de plomb (1).

186. Acide glutamique $C^5H^9AzO^4$.

La présence de ce corps dans la betterave est tout aussi problématique que celle de l'acide aspartique ; les raisons données pour celui-ci sont encore valables pour l'acide glutamique.

Les sels alcalins et ammoniacaux sont très facilement solubles dans l'eau et l'alcool et difficilement cristallisables.

Le sel neutre de calcium est une masse amorphe incolore, facilement soluble dans l'eau et l'alcool ; la solution aqueuse n'est pas décomposée par un courant d'acide carbonique.

Le sel acide est une masse gommeuse, incolore, qui donne sous l'exciccateur de petits cristaux peu solubles dans l'eau.

187. Glutamine $C^5H^{10}Az^2O^3$. *Syn.* Amide amidoglutarique acide ; amide acide de l'acide pyrotartrique normal amidé.

La glutamine apparaît dans les liquides végétaux dans les mêmes conditions que l'asparagine, elle accompagne souvent cette dernière.

En 1867-1868 Scheibler (2) retira des mélasses un corps azoté qu'il considéra comme analogue à l'acide aspartique, mais dont la composition conduisait à la formule $C^5H^9AzO^4$. Le même corps fut extrait par E. Schulze et A. Ulrich (3) des betteraves fourragères et ces auteurs l'ont identifié à l'acide glutamique que Bodenbender et Pauly devaient bientôt retrouver dans les liquides de séparation du sucre des mélasses par la chaux. Pourtant E. Schulze et A. Ulrich n'étaient pas parvenus à

(1) T. Champion et Pellet. — Degener cité d'après Weisberg (*Sucrierie indigène*, 44, 1894) et d'après Rümpler (*Die Nichtzuckerstoffe*, p. 284).

(2) Scheibler. *B.*, 1869 cité d'après Rümpler.

(3) E. Schulze et A. Ulrich. *Zeits. d. Ver. f. Rübenzuckerind.*, 1897, p. 321 et *B.* 1877 p. 85 (même source).

extraire la glutamine en nature, ce n'est que plus tard, dans une étude faite en collaboration avec E. Bosshard, que la glutamine fut obtenue par E. Schulze (1) par précipitation avec le nitrate de mercure ; les auteurs en ont dosé de 0 gr. 7 à 0 gr. 9 par litre de jus.

Depuis, de nombreux auteurs ont signalé la présence de l'acide glutamique dans les arrières produits de sucrerie ou de sucraterie.

La glutamine se décompose comme l'asparagine, en ammoniacque et en son acide amidé sous l'action des acides minéraux étendus et des alcalis caustiques. D'après E. Schulze et Barbieri (2), elle donne par distillation avec la magnésie environ 33 0 0 de l'ammoniacque dissociable ; elle paraît donc plus facilement attaquable que l'asparagine.

188. Tyrosine $C^9H^{14}Az^3O$. *Syn.* Acide paroxyphenylamidopropionique ; acide amidohydroparacoumarique ; ac. amido parahydroxyphenyllactique.

Trouvée par E. O. v. Lippmann (3) dans la mélasse et dans du jus de betteraves germées, la tyrosine accompagne presque toujours la leucine et est connue depuis longtemps comme un produit de décomposition des matières animales et considérée aussi comme produit de reconstitution des albuminoïdes.

La tyrosine se combine aux bases et aux acides, mais ses combinaisons avec les acides sont peu stables et décomposables par l'eau.

Nous avons indiqué précédemment le rôle joué par cette amide dans la coloration que prend le jus de betterave exposé à l'air.

§ 2.

LES BASES VÉGÉTALES

189. Lécithine Il existe plusieurs lécithines ; on connaît une lécithine $C^{22}H^{34}AzPO^9$ dont la synthèse a été faite par Strecker, puis la distearyllecithine, une dipalmityle et une dioleïle ; ces trois corps renferment respectivement 3,84, 4,12, 3,86 0/0 de phosphore.

La lécithine est très répandue dans les deux règnes ; sa présence dans la betterave avait déjà été soupçonnée, en 1869, par Scheibler (4), qui disait à ce sujet :

« De même que dans le système nerveux des animaux se trouve un corps très

(1) E. Schulze et A. Ulrich. *Zeits. d. Ver. f. Rubenzuckerind.*, 1877, p. 321 et B. 1877, p. 85 cité d'après Rumpfer.

(2) E. Schulze et Barbieri. *Landwirtschaftl. Versuchs. Stationen*, 26, 295, (même source).

(3) E. O. v. Lippmann, 8, 1884, p. 2835.

(4) Scheibler. *Zeits. d. Vereins f. Rubenzuckerind.*, 1874, p. 309, cité d'après Stoklasa.

« compliqué, le « protagon » qui, sous l'action de certains agents chimiques se scinde facilement, en une base, en acide phosphorique et en acides organiques, de même, et cela est important au plus haut degré, il existe dans la betterave un corps également complexe, facilement décomposable et dont un des produits de décomposition trouvé par moi est une base, la bétaine ».

Quelques années plus tard, E. O. von Lippmann (1) parvint à isoler de la betterave non mûre deux lécithines, dont l'une correspondait à un acide gras solide qu'il ne put déterminer et dont l'autre était la dioléil-lécithine.

Enfin, récemment, Stoklasa (2), dans un travail très important qu'il nous paraît nécessaire de résumer, a étudié la fonction de la lécithine dans la plante.

Les résultats obtenus par Stoklasa sont les suivants :

1° Détermination de la lécithine aux diverses phases du développement.

0/0 de matière sèche	Graine	Germe de 9 jours	Culture sur sable nutritif. Germes de 30 jours		Culture de plein champ. Betteraves de 60 jours		Culture de plein champ. Betteraves de 110 jours.			Culture de plein champ. Betteraves en fin de végétation	
			Feuilles et pétioles	Racines	Feuilles et pétioles	Racines	Limbes	Nervures et pétioles	Racines	Feuilles vertes	Feuilles jaunes
Lécithine.....	0.45	1.78	1.46	0.782	0.94	0.44	1.02	0.77	0.36	0.89	0.15
Acide phosphorique total..	1.43	2.31	1.43	1.49	1.32	1.16	0.82	0.68	0.62	»	»

2° Culture de betterave, sur sable, en l'absence d'acide phosphorique

(végétation très pénible, feuilles jaunes, sujets très peu développés en fin de végétation).

Poids de la matière sèche des feuilles et pétioles d'une plante. 0,062

— de la racine — 0,031

Feuilles et pétioles Racine

Acide phosphorique total p. 100 de la matière sèche (3). 0,33 0,260

(1) E. von Lippmann. *B.*, 1887, p. 3201.

(2) Stoklasa. *Z. Zuckerind in Böhmen*, 1897, p. 403 et *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 1048, 1899.

(3) L'acide phosphorique trouvé dans la plante provenait des traces de ce corps contenues dans le sable et qui n'avaient pu être enlevées par les lavages aux acides ; il provenait aussi, pour une partie, des poussières de l'air, de l'eau d'arrosage, etc. Rapporté à la plante entière, sa quantité est en tout cas très faible et équivalent à 0,0278 pour 100 plantes.

Lécithine.	0,45	0,102
Acide phosphorique de la lécithine 0/0 de l'acide phosphorique total.	11,80	-

3° Recherche de la lécithine dans les feuilles de betteraves rouges, les feuilles albicantes, etc.

	Feuilles rouges	Feuilles albicantes	Feuilles vertes
Lécithine p. 100 de la matière sèche.	0,40	0,22	0,95

4° Recherches sur la formation de la lécithine.

	Culture sur sable après 10 jours				Culture en plein champ Betteraves bien développées	
	Germes développés à la lumière		Germes développés à l'obscurité		Feuilles cueil- lies à 4 h. du matin	Feuilles cueil- lies à 4 h. du soir
	Cotylé- dons	Germes entiers	Cotylé- dons	Germes entiers		
Lécithine 0/0 de la mat. sèche.	2,00	1,47	0,57	0,84	0,60 à 68	0,96 à 1,05

Ces chiffres montrent que la lécithine se forme dans les feuilles et plus spécialement dans les limbes ; ils nous indiquent de plus que sa quantité est proportionnelle à la richesse en chlorophylle puisque des feuilles rouges et albicantes en renferment beaucoup moins que des feuilles vertes ; en outre, sa synthèse s'effectue sous l'influence de la lumière solaire. Par d'autres expériences, Stoklasa a montré qu'en fin de végétation, alors que les feuilles ont terminé leur rôle, la lécithine vient s'accumuler dans la racine comme matière de réserve.

La présence de la lécithine paraît donc intimement liée à l'abondance et à l'activité de la chlorophylle ; par là, elle semble jouer un grand rôle dans la vie des plantes.

Au reste, ce que Stoklasa ne nous prouve qu'indirectement, par des relations de cause à effet, nous est démontré d'une manière précise par les études de A. Gautier (1) ; d'après ce dernier, le phosphore et le magnésium qui entrent dans la constitution de la chlorophylle y sont à l'état organique, probablement sous forme d'une lécithine, conjuguée à un acide coloré qu'on doit rapprocher des pigments biliaires.

A côté de la, ou plutôt des lécithines, ou en dérivant, nous devons aussi

(1) A. Gautier. *Chlorophylles. Dict. de Wurtz*, 2^e suppl., 1^{re} partie, p. 1100.

citer les *acides distéarino-dipalmitino-dioléinophosphoglycériques*, l'*acide phosphoglycérique*, l'*acide oléique*, etc.

D'après Bresler (1) et Rumpler (2) les lécithines sont facilement décomposées par l'ébullition de leurs solutions avec les acides et les bases. Par la chaux, il se forme de la choline ou de la bétaine, des sels calciques des acides gras correspondant à la lécithine considérée et du glycéro-phosphate de calcium, qui se transforme à son tour en glycérine et phosphate tricalcique à l'aide d'une molécule supplémentaire de chaux.

190. Choline $C^5H^{15}AzO^2$. *Syn.* Synkaline ; bilineurine ; neurine ; névrine ; amanitine, etc.

La choline est très répandue dans la nature et comme nous l'avons dit précédemment elle fait partie constituante des lécithines.

E. O. v. Lippmann (3) a constaté la présence de la choline dans le jus de betteraves non mûres et il la considère comme un produit de la décomposition des lécithines.

Sous les influences les plus diverses, la choline donne de la triméthylamine ; il en est ainsi, par exemple, par simple ébullition avec l'eau. Par oxydation, elle donne d'abord de la muscarine, puis de la bétaine dont nous allons parler.

191. Bétaine $C^5H^{14}AzO^2$, cristallisée $C^5H^{14}AzO^2 + H^2O$. *Syn.* Triméthylbétaine acétique, triméthylglycolle, oxyneurine, oxynevrine, etc.

Il existe de nombreuses bétaines ; celle dont la présence a été constatée dans la betterave, est la bétaine ordinaire ou triméthylglycolle ou encore triméthylbétaine acétique. Elle est très répandue dans la nature et fut découverte en 1866 dans le suc de betteraves par Scheibler (4). Ce dernier, ainsi que Liebreich (5) et Frühling et Schulz (6), ont proposé différents procédés pour séparer la bétaine des liquides végétaux ou des résidus industriels.

La bétaine n'est précipitée du jus de betterave par aucun des moyens de purification usuels ; elle s'accumule dans la masse cuite et enfin dans la mélasse.

Scheibler a déterminé la teneur en bétaine dans les mélasses de différentes usines. La méthode analytique employée donnait des résultats

(1) Bresler. *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 90, 1900 et *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 710, 1901.

(2) *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 305.

(3) E. O. v. Lippmann. *B.* 20, 1887, 3204 et *Bl.* 2^e série, 50, p. 332.

(4) G. Scheibler. *B.* 1869, p. 292 et 1870, p. 155. *Bl.*, 7, p. 261 ; 12, p. 482 ; 13, p. 517.

(5) Liebreich. *B.* 1869, p. 187, 1870, p. 161. *Bl.* 12, p. 354, 1869 ; 13, p. 517, 1870.

(6) Frühling et Schulz. *B.* 10, 1070 et *Bl.* 2^e série 29, p. 155.

trop forts ; aussi nous ne citons-nous pas les résultats qu'il a obtenus, pas plus que les conclusions qu'il en a tirées puisque les uns comme les autres sont entachés d'erreur. Les résultats publiés récemment par K. Andrlík, K. Urban et V. Staneck doivent être plus près de la vérité. Nous donnons ci-dessous, rapportées à 100 de sucre, les quantités d'azote total et d'azote de la bétaine et autres bases organiques précipitables par l'acide phosphotungstique) dosées par ces auteurs dans différents produits de sucrerie.

1^o Jus de diffusion de la campagne 1898-1899 (1).

Pour cent de matière sèche	Azote total	Azote précipité par le phosphotungstate de soude moins azote ammoniacal
Minimum.....	0.612	0.006
Maximum.....	1.313	0.488 (?)

2^o Masses cuites de la campagne 1898-1899 (2).

Pour cent de manne cuite	Sucre	Azote total	Azote de la bétaine
Minimum.....	87.75	0.322	0.006
Maximum.....	90.70	0.646	0.412

3^o Jus de diffusion et masses cuites de la campagne 1899-1900 (3).

Pour cent de sucre	Azote total	Azote de la bétaine
Moyennes } <ul style="list-style-type: none"> Jus de diffusion..... Masses cuites..... 	0.715	0.088
	0.415	0.059

(1) Z. Zuckerind in Böhmen, 1900, p. 205 et Bl. sucr. et dist., 17, p. 914, 1900.
 (2) Z. Zuckerind in Böhmen, 1900, p. 257 et Bl. sucr. et dist., 17, p. 924, 1900.
 (3) Z. Zuckerind in Böhmen, 1901, p. 495 et Bl. sucr. et dist., 19, p. 343, 1901.

4^o Mèlasses (1).

Pour cent de mat. sèches	Azote total	Azote de la bêtaine	Pour cent de mat. sèches	Azote total	Azote de la bêtaine
Mélasse commencement de campagne.	2.22	0.60	Masse cuite de mélasse osmosée.....	1.90	0.31
Mélasse milieu de campagne.....	2.47	0.79	Eau d'osmose.....	3.41	0.72
Mélasse fin de campagne.....	2.37	0.82	Mélasse avant osmose.	2.01	0.51
Mélasse commencement de campagne.	2.62	0.88	Masse cuite d'osmose.	1.78	0.40
Mélasse milieu de campagne.....	2.50	0.59	Eau de 1 ^{re} osmose....	2.83	0.74
Mélasse fin de campagne.....	2.40	0.60	Mélasse avant la 1 ^{re} osmose.....	1.96	0.50
Mélasse osmosée.....	2.35	0.56	Masse cuite de 2 ^e osmose.....	1.72	0.54
Mélasse.....	2.41	0.86	Eau de 2 ^e osmose....	3.03	0.54
Mélasse non osmosée.	2.24	0.51	Mélasse de 2 ^e osmose.	2.48	0.64
			— — —	2.59	1.12
			Eau de 2 ^e osmose....	3.47	1.34
			Mélasse de désucrage.	0.68	0.24
			Lessive de désucrage.	4.96	1.90

On ne sait pas encore d'une manière précise si la bêtaine, de même que la choline, se trouve à l'état libre dans la betterave, ou si ces deux bases ne proviennent pas de la décomposition de la lécithine ; Scheibler et Liebreich penchent pour la seconde hypothèse ; par contre E. Schulze et S. Frankfurt ont trouvé les deux bases dans l'extrait aqueux de malt et de froment germé et pensent qu'elles ne proviennent pas de la lécithine, car celle-ci n'est pas soluble dans l'eau.

D'après Jesser (2) la bêtaine est indifférente aux bases ; par suite de sa solubilité et de son indifférence, elle passe entièrement dans les bas produits.

Sous l'influence de la chaleur, la bêtaine dégage de la triméthylamine.

§ 4.

192. Acide citraziqne $C^8H^8AzO^4$. *Syn.* Acide dioxynicotianique ; ac. α -dioxypyridine 7-carbonique.

Comme le fait observer Rümpler, c'est le seul acide azoté de la betterave qui ne soit pas un corps amidé.

Trouvé par E. O. v. Lippmann (3) dans le jus de sucrerie au cours du travail de betteraves très mal conservées, plusieurs fois gelées et dégelées ; la défécation et la saturation étaient très pénibles, et il se déposait sur le

(1) *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 25, p. 247, 1091.

(2) L. Jesser. *Sucrerie indigène*, 47, p. 193, 1896, d'après *Oest. Ungarische Z.*

(3) E. O. v. Lippmann *B.*, 1893, p. 1061, cité d'après Rümpler.

noir une poudre jaunâtre cristalline renfermant de l'acide citrazique ; à l'ouverture du filtre on constatait un dégagement très considérable de vapeurs ammoniacales.

L'acide citrazique est bibasique ; ses sels de calcium et de baryum se précipitent d'une liqueur étendue, chaude, en cristaux tabulaires blancs, très fins, difficilement solubles dans l'eau.

§ 5.

SUBSTANCES PROTÉIQUES

A. *Matières albuminoïdes.*

193. Généralités. — Comme nous l'avons déjà fait pour les hydrates de carbone, nous nous bornerons à donner pour les matières albuminoïdes les propriétés qui ont une relation directe avec notre sujet ; nous conseillons au lecteur d'étudier soigneusement les travaux classiques de Schutzenberger, de Kossel et autres et nous donnons quelques indications bibliographiques pour guider ses recherches :

P. Schutzenberger : *Constitution des matières albuminoïdes ; Dictionnaire de Würtz, 2^e supplément, 1^{re} partie, p. 429.*

E. Lambling : *Classification des matières albuminoïdes ; Dictionnaire de Würtz, 2^e supplément, 1^{re} partie, p. 433.*

Dr L. Hugonnet : *La constitution des albuminoïdes et l'école allemande ; Rev. gén. des sciences, 10, p. 89, 1899.*

Dr Elophe Benoch : *L'oxydation de l'albumine ; Rev. gén. des sciences, 11, p. 797, 1900.*

Albrecht Kossel : *Les protamines et les corps albuminoïdes ; Rev. gén. des sciences, 10, p. 382, 1899.*

Les matières albuminoïdes sont essentiellement composées de carbone, d'hydrogène, d'azote, d'oxygène et de soufre, quelques-unes contiennent aussi du phosphore, mais le groupement de ces éléments varie avec les substances étudiées ; au point de vue analytique on admet que les albuminoïdes contiennent de 15 à 17 d'azote et les coefficients adoptés pour calculer le poids de matière d'après la quantité d'azote dosée, varient de 6 à 6.25 ; il ne faut donc jamais accorder une valeur absolue aux quantités de matières albuminoïdes indiquées dans les tableaux analytiques.

Les considérations précédentes nous interdisent aussi de donner une formule générale des substances albuminoïdes ; celle-ci serait d'après Schutzenberger $C^{6c}H^{100}Az^{16}O^{20}$, d'après Lieberkühn $C^{72}H^{112}Az^{18}SO^{22}$, d'après Harnack $C^{250}H^{322}Az^{52}S^{65}O^{65}$; d'après Hofmeister, l'albumine cristalli-

sée (dépourvue de cendres) contient 0/0 : C. 53,28 ; H. 7,26 ; Az. 75,00 ; S. 1,0J ; O. 23,40. Ritthausen a donné pour les corps albuminoïdes d'origine végétale la composition suivante : C, de 50,4 à 54,3 0/0 ; H, de 6,7 à 7,7 0/0 ; Az. de 15,5 à 17,6 0/0 ; S. de 0,4 à 1,6 0/0 ; O de 20,6 à 25,2 0/0.

Dans ces dernières années la chimie pure s'est enrichie de travaux remarquables sur l'origine, la formation, la constitution et les propriétés des matières albuminoïdes ; malheureusement, pour des raisons que nous donnerons plus loin, la chimie des industries betteravières ne peut tirer aucun profit immédiat de ces travaux ; tous, en effet, se rapportent à des composés d'origine spéciale ou de composition à peu près déterminée et comme nous ne savons pour ainsi dire rien de la nature des composés albuminoïdes de la betterave, nous ne pouvons tenter aucun rapprochement. Nous dirons seulement quelques mots des matières albuminoïdes végétales, les seules qui nous intéressent ici.

Les matières albuminoïdes d'origine végétale, dit Lambling, sont encore trop mal connues pour qu'on puisse les faire entrer dans le cadre des matières protéiques d'origine animale ; leur classification actuelle est calquée sur celle de ces dernières. On peut classer en quatre groupes les matières albuminoïdes végétales isolées jusqu'à présent.

1° *Albumines végétales*. — Solubles dans l'eau, coagulables par la chaleur.

2° *Matières albuminoïdes du gluten*. — Insolubles dans l'eau et dans l'alcool absolu, mais solubles dans l'alcool aqueux, coagulables à chaud : *gluten-fibrine, gliadine, mucédine*.

3° *Caséines végétales*. — Insolubles dans l'eau et dans les dissolutions salines, solubles dans les acides et dans les alcalis étendus, coagulables à chaud : *gluten-caséine, légumine*.

4° *Globulines végétales*. — Elles correspondent aux globulines d'origine animale, mais elles se dissolvent sensiblement dans l'eau pure. Le sel marin les précipite d'abord de cette dissolution, mais un excès les redissout facilement et un plus fort excès les précipite de nouveau : *conglutine, globulines*.

Il est probable qu'à chaque albumine ou globuline végétale correspond une acidalbumine, une alcali-albumine, une propeptone et une peptone ; l'étude de ces produits est à peine ébauchée (Lambling, *loc. cit.*).

194. Matières albuminoïdes de la betterave. — Comme tous les végétaux, la betterave renferme des matières albuminoïdes à l'état soluble et à l'état insoluble, probablement à l'état combiné, mais si nous savons en bloc, approximativement, la quantité de ces substances, nous ne sommes nullement renseignés sur leur nature.

A part peut-être Michaelis, personne ne s'est occupé de cette question,

qui par conséquent constitue un des chapitres les moins étudiés de l'histoire de la betterave.

Nous résumons ci après les essais de Michaëlis (1), d'après Rümpler :

Le jus de betterave fut additionné de 10 0/0 de son poids de sel marin et de 2 1/2 0 0 d'acide chlorhydrique ou azotique; il se formait un précipité qui fut lavé, desséché et pesé et contenait les graisses et les corps albuminoïdes. On soumit à l'extraction éthérée pour éliminer les graisses et le résidu insoluble fut bouilli avec de l'alcool, la partie solubilisée fut désignée par Michaëlis sous le nom de *gélatine végétale* (Pflanzenleim)

La solution alcoolique de ce corps fut évaporée et le résidu traité par l'eau fut encore séparé en deux parties; l'une soluble, correspondant au *chlorhydrate de gélatine végétale*, l'autre insoluble qu'il nomme *gélatine végétale insoluble* (unlöslicher Pflanzenleim); ces deux corps étaient colorés en brun.

Le résidu insoluble après ébullition avec l'alcool fut traité par l'ammoniaque qui dissout la *légumine*; on obtient celle-ci par évaporation de la solution; c'est une masse noirâtre. Le résidu insoluble qui est également noir, constitue, toujours d'après Michaëlis, l'*albumine de betterave* (Rübealbumin ou Rübeneiweiss).

Michaëlis trouva par cette méthode de séparation appliquée à différents jus :

Par kilog.	I	II	III	IV
Graisse.....	0 ^{gr} 735	0 ^{gr} 647	1 ^{gr} 005	1 ^{gr} 000
Gélatine végétale soluble.....	0 423	0 698	0 318	0 401
Gélatine végétale insoluble.....	0 731	0 464	0 142	0 246
Légumine.....	2 026	2 441	2 252	2 240
Albumine.....	1 358	1 260	2 207	2 240
Cendres.....	0 135		0 117	0 130

Les essais I à III étaient faits avec l'acide chlorhydrique, le IV avec l'acide nitrique.

Les essais de Michaëlis correspondent bien aux idées qu'on avait autrefois sur les matières albuminoïdes; ils ne sauraient cadrer avec nos connaissances actuelles. Plustard, Ritthausen a étudié des corps protéiques provenant d'autres plantes et auxquels il a donné aussi les noms de *légumine*, *albumine* et *gélatine végétale*; on ne peut dire s'ils correspondent

(1) Michaelis, *Zeits. d. Ver. f. Rubenzuckerind*, 1855, p. 71 et 1867 p. 62, cité d'après Rümpler, *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 326.

aux corps séparés par Michaëlis. Rümpler admet que les corps de Ritthausen existent également dans la betterave, peut être avec des propriétés différentes ; ces variations ne sauraient être importantes, écrit-il, ou du moins elles ne doivent pas l'être pour la technique.

Sous le nom d'*albumine végétale* on comprend en général des corps protéiques qui se coagulent et se séparent insolubles à 75° environ, par conséquent sans addition d'acide ; ils contiennent, selon leur provenance, de 15,5 à 17,6 d'azote, d'après Ritthausen.

On admet en général qu'ils ont sensiblement les mêmes propriétés que l'albumine d'œuf ; si cette hypothèse est exacte, la coagulation doit se produire à température d'autant plus basse que la concentration est plus forte et réciproquement.

La *légumine* ou *caséine végétale* de Ritthausen comprend trois variétés : la *gluten-caséine* (extraite du gluten), la *légumine* (extraite des légumineuses) et la *congluline* (1) (extraite des lupins, des amandes, des pois, etc.). D'après Ritthausen elles contiennent du phosphore dans leur molécule.

La *gélatine végétale* est pour les auteurs allemands, le corps protéique extrait du gluten par l'alcool chaud ; Ritthausen en a trouvé diverses variétés : la *gluten-fibrine*, la *gélatine végétale proprement dite* (gliadine) et la *mucédine* ou *mucine* ; ce sont comme on le voit les albuminoïdes de la 3^e catégorie de la classification de Lambling.

Ces corps n'ont pas été identifiés dans la betterave, leur existence dans ce végétal n'est qu'une hypothèse et si nous les avons cités à cette place, c'est que nous voulons rapprocher de la supposition de Rümpler les observations suivantes.

D'après Jesser (2), Stammer a signalé que tout l'albumine des jus n'est pas coagulable. Les jus bruts donnent des dépôts plus importants que les jus de diffusion.

Il se pourrait que les albuminoïdes aient subi dans les jus de diffusion une modification et aient pris une forme non coagulable. Cette dernière forme peut correspondre aux peptones dont nous allons parler.

Tous les autres travaux concernant les matières albuminoïdes dans la betterave ou les produits de fabrication qui en dérivent n'ont en vue qu'une détermination analytique globale ; aucun ne s'occupe de la nature de ces corps.

Et même, la plupart des chiffres analytiques publiés sont entachés d'erreur, parce que les méthodes employées étaient defectueuses. La méthode, qui à l'heure actuelle paraît donner les résultats les plus approchés est la modification de Stutzer au procédé de Ritthausen (précipitation par

(1) Rangée par Lambling dans les *globulines végétales*.

(2) L. Jesser. *Sucrierie indigène*, 17, p. 81, 1896.

l'oxyde de cuivre). Nous reviendrons plus tard sur ce point. Pour le moment nous communiquons des chiffres publiés par Urbain (1) pour des betteraves en silos analysées à différentes périodes.

	15 oct.	1 ^{er} nov.	15 nov.	1 ^{er} déc.
Sucre	17,85	18,12	17,12	16,78
Azote total	0,198	0,202	0,196	0,199
Azote albuminoïde 0/0 de l'azote total.	33,50	37,42	32,64	30,05

E. Sellier a appliqué la même méthode pour les analyses de betteraves malades du *Rhizoctonia Violacea* (2).

B. Peptones

195. Généralités. — Sous l'influence des sucres digestifs, de certains ferments d'origine végétale en solution acide, de différents microorganismes de la putréfaction et enfin par l'action de certains réactifs chimiques, les matières albuminoïdes se transforment en corps plus simples ayant de nouvelles propriétés ; le premier corps qui apparaît est la *syntonine*, puis viennent les *propeptones* et enfin ces transformations arrivant à un terme plus défini, on obtient les *peptones*. Les propeptones donnent encore des précipités avec l'acide nitrique et les sels neutres, mais les précipitations se redissolvent à chaud ; lorsque le liquide ne contient plus que des peptones, ces réactions de précipitation disparaissent.

L'eau à 100° agit très lentement sur les matières albuminoïdes ; à 120° la peptonisation est plus rapide ; elle est considérablement accélérée lorsqu'on ajoute à l'eau bouillante quelques millièmes d'acide chlorhydrique ou sulfurique. Même à 40°, les acides étendus produisent à la longue une petite quantité de peptones.

Les peptones sont douées du pouvoir rotatoire ; leur rotation levogyre varie avec leur origine.

Les peptones sont solubles dans l'eau et forment des solutions filtrant aisément à chaud, dialysables, mais beaucoup moins que les sels minéraux. Ces solutions précipitent par l'acide phosphotungstique et par l'alcool absolu comme les matières albuminoïdes proprement dites ; mais, au contraire de ces dernières, la précipitation par l'alcool ne transforme

(1) Ed. Urbain. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 626, 1897.

(2) A. Vivien. *Sucrierie indigène*, 55, p. 1900.

pas les peptones en modifications insolubles ; les précipités se redissolvent facilement dans l'eau. L'alcool aqueux dissout d'autant plus de peptones qu'il contient plus d'eau. L'acide acétique cristallisable les dissout également.

De même que les acides amidés faibles, les peptones s'unissent indifféremment aux bases, aux acides et même à certains sels. Elles accusent une réaction acide à la phénolphthaleïne et au curcuma et une réaction alcaline au tournesol ; elles déplacent l'acide carbonique de ses combinaisons.

Nous ferons remarquer que toutes ces observations se rapportent aux peptones d'origine animale ; les peptones végétales ne paraissent pas avoir été étudiés aussi soigneusement et nous ignorons si leurs propriétés sont absolument les mêmes.

E. Schulze et J. Barbieri en ont trouvé dans les plantes en germination (1), notamment dans les lupins, les pois de soja, les graines de cucurbitacées, les betteraves fourragères, etc. ; dans ces dernières, E. Schulze n'obtint qu'une seule fois un résultat positif.

Rümpler (2) pense que l'on peut conclure avec certitude de la présence fréquente de ces corps dans le collet et les jeunes pousses de betteraves conservées.

Cet auteur a publié (2) pour la recherche et le dosage des peptones une méthode très élégante qui lui a permis de montrer l'existence de ces corps dans les jus de sucrerie.

Wendeler (3) utilisant la méthode de Rümpler a également montré la présence des peptones et même leur formation dans les jus de sucrerie.

D'après Iwanoff (4), il existerait des peptones dans les végétaux en germination à l'obscurité ; ces corps constitueraient une forme de migration des corps albuminoïdes pour la formation des nouveaux organes végétatifs. Cette opinion est aussi celle de Rümpler et de Schulze ; on peut donc croire que les betteraves germées et conservées en silos doivent contenir des peptones.

Plus récemment, Wendeler (5) a publié des dosages de peptones dans des jus de betterave obtenus par râpage et pression ; il a trouvé dans ce jus :

(1) *Jahresb. Thierch.* 1882, p. 460, cité d'après *Dict. de Würtz et J. f. Landwirtschaft*, 29, p. 285, cité d'après Rümpler.

(2) Rümpler *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 1276, 1898, d'après *Dtsch. Zuckerind.* 1898, n^o 1 et 8 ; voyez aussi *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 342.

(3) Wendeler, *Dtsch. Zuckerind.*, 1900, p. 729 et *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 364, 1900.

(4) Iwanoff, *Landwirthschaftl. Versuchs-Stationen*, 55, p. 78, 1901.

(5) P. Wendeler. *Dtsch. Zuckerind.*, 26, p. 1368, 1901.

Pour 100 de sucre, Azote de l'albumine.	0,385
Azote des propeptones.	0,017
Azote des peptones.	0,009
Azote protéique total.	0,411

Nous avons déjà dit que les peptones s'unissaient indifféremment aux bases, aux acides et à certains sels. La composition de ces combinaisons varie d'une préparation à l'autre et probablement suivant la dilution plus ou moins grande de la liqueur, car elles sont dissociées par l'eau et par la dialyse on peut en éliminer le corps minéral. Lorsqu'on ajoute de l'eau de baryte ou de la chaux à une solution de peptone, on obtient un liquide alcalin dont le gaz carbonique ne précipite qu'une partie de la base ; il reste en dissolution un *peptonate* de baryum ou de calcium que l'on peut précipiter par l'alcool.

196. Les nucléines et les nucléo-albumines. — On donne ce nom à des composés organiques phosphorés que l'on trouve associés aux albuminoïdes proprement dits dans le protoplasma et surtout dans le noyau des cellules animales et végétales. Ces corps sont presque insolubles dans l'eau froide et leur présence dans le marc de betterave est chose vraisemblable. Ce marc (1), après épuisement par l'eau froide, l'alcool et l'éther, renferme toujours une certaine quantité de matières azotées qui assurément sont constitués en partie par des albuminoïdes vrais, des globulines par exemple, mais qui doivent contenir aussi des nucléines. La présence de celles-ci n'a pas été démontrée en nature mais peut être révélée par l'étude des produits de décomposition.

Les nucléines sont essentiellement constituées par du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, du phosphore et du soufre ; certaines doivent contenir du fer.

Parmi les produits de décomposition des nucléines on trouve les bases xanthiques : *xanthine*, *hypoxanthine*, *adénine*, *guanine*, etc., corps retrouvés dans les mélasses de sucrerie par E. O. v. Lippmann.

Pour l'étude plus complète des nucléines nous renvoyons le lecteur au travail du Dr Sambuc :

Les nucléo-albumines et leurs dérivés ; Rev. gén. des Sciences, 9, p. 817, 1898.

197. Les enzymes. — La betterave renferme certainement des enzymes qui sont les agents des phénomènes d'inversion intracellulaire du sucre, de la coloration des jus et des pulpes, des transformations des

(1) Rümpler, *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 352.

matières albuminoïdes pendant la repousse, etc. Parmi ces ferments solubles, le mieux étudié est la *tyrosinase* de G. Bertrand dont nous avons déjà parlé.

D'après Gonnermann (1) il existe dans la betterave un enzyme qui peut se développer au début de la formation des feuilles, puis convertir progressivement l'amidon en sucre jusqu'au moment où ce dernier ne sert plus au développement de la betterave. Cette phase est atteinte à la *maturité*. Si après ce stade la betterave monte en graines, la quantité de sucre utilisée aux nouvelles formations ne correspond plus à celle produite par le ferment et le travail de celui-ci devient insuffisant ; la teneur en sucre entre alors en décroissance. Il y aurait donc, d'après Gonnermann, entre la disparition de l'amidon au fur et à mesure du développement, la présence de l'enzyme qu'il a découverte, et la formation continue du saccharose, une relation de cause à effet.

C'est là une conclusion qu'il faut n'accepter que sous réserve, car l'auteur ne cite aucun fait probant à l'appui.

Puisque nous en sommes sur cette question de la formation zymotique du saccharose, il nous paraît utile de dire encore quelques mots de la diastase saccharogénique. Cette diastase, dont l'existence a été supposée, il y a longtemps déjà, par Hugo de Vries (*loc. cit.*), n'est pas encore connue, ou du moins n'a pas encore été extraite de la betterave. Pourtant, en 1898, Prinsen-Geerligs (2) a remis à l'Académie, un pli cacheté dans lequel il annonçait qu'il avait pu obtenir du sucre cristallisable, en partant de l'amidon, au moyen d'une diastase, la *saccharase*, extraite de certaines graines de Java. Pellet a présenté, la même année à l'Association des chimistes, quelques cristaux du sucre obtenu par Prinsen-Geerligs ; il fit remarquer que l'Académie avait reçu, il y a une soixantaine d'années, un autre pli cacheté, non encore ouvert actuellement, ayant trait à un procédé permettant de transformer le glucose en saccharose.

La découverte de Prinsen-Geerligs n'a été ni confirmée, ni controuvée ; le mémoire de ce savant n'a même pas été publié in-extenso et, dans ces conditions, il est difficile de se rendre compte des faits. Il n'est pas impossible cependant d'admettre la formation du saccharose dans la betterave, sous l'influence d'une diastase saccharogénique ; E. Barbet (3) va même beaucoup plus loin et il attribue à cette diastase, qui, lors du travail en distillerie de betteraves non mûres se trouverait en conflit avec l'invertase de la levure, une influence toute particulière sur cer-

(1) Gonnermann. *Neue Zeits. f. Rubenzuckerind.*, 1894 et *Bl. sucr. et dist.* 12, p. 480, 1894. Voyez aussi Rümpler, *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 349.

(2) Prinsen-Geerligs. *Bl. sucr. et dist.* 16 p. 118, 1898.

(3) E. Barbet. *Bl. sucr. et dist.* 14, pp. 223 et 382, 1896-97.

taines difficultés de fermentation que l'on peut constater avec ces betteraves.

Bien des faits d'ailleurs sont là, qui plaident en faveur de la formation zymotique du saccharose ; c'est d'abord la présence du saccharose dans les graines germées (1) ; c'est aussi cette expérience dans laquelle Grüss (2) constata que des embryons d'orge végétant sur une solution de dextrose sont beaucoup plus riches en saccharose que d'autres végétant sur de l'eau pure ; c'est encore ce phénomène de réversibilité de la zymohydrolyse découvert récemment par Arthur Croft Hill (3). Ce savant a montré en effet que la maltase, qui dans certaines conditions peut transformer le maltose en glucose, réalise dans d'autres conditions, le phénomène inverse, c'est-à-dire transforme le glucose en maltose. Il n'est pas impossible que, dans les cellules de la betterave se passe un phénomène analogue, qui serait l'origine causale du chimisme cellulaire donnant lieu à la formation du saccharose.

L'étude des diastases n'est encore qu'à ses débuts et nous ne pouvons encore que soupçonner leur rôle dans les diverses réactions qui s'accomplissent à l'intérieur des organismes. Il est probable que ces corps si actifs et si curieux sont très nombreux ; la betterave, en particulier, doit en renfermer plusieurs agissant très différemment.

Parmi ceux qui sont connus ou dont la présence est probable, nous devons encore mentionner les *lipases*, ferments saponifiants signalés par Hanriot (*loc. cit.*), des matières analogues à la *pepsine*, etc.

Telles sont les diverses substances que l'on peut considérer comme faisant partie constituante de notre plante sucrière ; leur nombre s'augmentera probablement encore à mesure que nos connaissances en chimie organique s'élargiront ; mais on peut juger par le court exposé qui précède de la complexité des réactions qui doivent se produire lors du traitement industriel de la betterave ; aux réactions d'ordre chimique, il faudrait encore ajouter celles d'ordre microbiologique sur lesquelles il ne nous est pas possible d'insister.

Avant de passer à la culture de la betterave industrielle et à l'étude de ses ennemis, nous voulons dire quelques mots sur le dosage des matières azotées contenues dans les betteraves et les conclusions qu'il est permis d'en tirer. Comme on va le voir la chimie analytique des matières azotées est encore très obscure, et il ne faut pas s'empresse de tirer des conclusions fermes des résultats qu'on en obtient.

(1) Brown et Morris. *Soc.* 57, p. 519, 1890.

(2) Grüss, *Zeitsch. d. Ver. f. Rübenzuckerind.*, 48, fasc. 506, 1898.

(3) A. Croft Hill. *Soc.* 1898, p. 634. Voyez aussi : L. Maquenne, *La réversibilité de la zymohydrolyse* ; *Rev. gén. des sciences*, 9, p. 925, 1898.

198. Détermination quantitative des matières azotées de la betterave et des jus de sucrerie. — **Signification des résultats.**

— Il importe de déterminer quantitativement les corps suivants : Ammoniaque, acide nitrique, acide nitreux, acides amidés, amides des acides amidés, albumine, albumoses ou propeptones, peptones, composés azotés basiques provenant des lécithines (bases lécithiques : bétaïne et choline) ; la différence à l'azote total se rapporte aux substances qu'on ne peut doser quantitativement : bases xanthiques, hexoniques, alcaloïdes et glucosides.

199. Azote total. — On détermine facilement l'azote total d'après le procédé bien connu de Kjeldahl-Jodlbauer. Il faut avoir soin de faire toujours un essai à blanc avec les réactifs employés afin de pouvoir apprécier en bloc les causes d'erreur apportées par ceux-ci.

200. Azote nitrique. — On applique le procédé de Schlösing ; pour éviter les erreurs inhérentes à la détermination du volume de bioxyde d'azote dégagé (corrections, oxydation de AzO par l'oxygène dissous, etc.), Bresler (1) recommande d'oxyder le gaz par un mélange d'acide chromique et d'acide nitrique contenu dans un tube taré. L'augmentation de poids correspond à la quantité de bioxyde d'azote dégagée.

Ce procédé donne des résultats rigoureusement exacts quand le liquide ne contient pas de nitrites ; sinon, on dose en bloc les nitrates et nitrites.

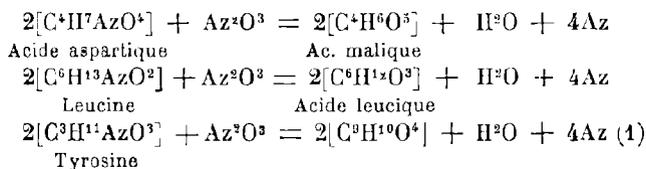
201. Azote nitreux. — D'après Pellet on obtient le bioxyde d'azote correspondant à l'acide nitreux en appliquant le procédé Schlösing, mais en substituant l'acide acétique à l'acide chlorhydrique. Les nitrates ne sont pas attaqués dans ces conditions. Pour déterminer exactement la quantité de bioxyde d'azote dégagée on opère comme il est dit ci-dessus pour l'azote nitrique.

202. Azote ammoniacal. — La méthode ordinaire de déplacement par un alcali faible ne peut convenir pour la betterave ou les produits qui en dérivent ; nous avons vu précédemment que certains produits azotés (asparagine, glutamine) sont déjà attaqués par la magnésie à l'ébullition ou l'hydrate de calcium à froid. Il faut donc recourir aux méthodes de séparation préalable. Schulze et Bosshard ont proposé de précipiter l'ammoniaque par l'acide phosphotungstique, en solution sulfurique. Cette méthode demande à être de nouveau étudiée, car si le degré d'acidité est trop élevé on attaque des amides, et d'autre

(1) Bresler. *Dtsch. Zuckerind.*, 27, p. 89, 1902.

part si l'on diminue trop la quantité d'acide, la précipitation n'est plus complète. Le même réactif précipite les matières albuminoïdes, les peptones, les bases organiques azotées. Il y a peut-être là matière à édifier une méthode assez approchée, sinon tout à fait exacte, mais nous sommes obligés de constater que tous les dosages d'azote ammoniacal publiés jusqu'ici sont ou inexacts ou douteux.

203. Azote des acides amidés (Leucine, tyrosine, acide aspartique, acide glutamique). — On peut doser l'azote des acides amidés d'après le procédé indiqué par Sacchse ; il repose sur la décomposition de ces substances par l'acide nitreux, réaction qui met en liberté tout l'azote de l'acide amidé et de l'acide nitreux intervenant dans la décomposition :



L'azote dégagé est recueilli et mesuré après avoir été débarrassé des gaz étrangers qui peuvent le souiller, par une solution alcaline de permanganate de potasse.

Plusieurs causes d'erreur s'attachent à ce dosage ; d'après Bresler (*loc. cit.*) l'adénine et la guanine sont décomposés également par le nitrite de soude, l'adénine donne environ 33 p. c. de son azote. En présence du saccharose on n'obtient pas de résultats exacts ; c'est du moins ce qui ressort des études entreprises par Andrlík, Urban et Stanek (2) sur la composition des produits de sucrerie ; ces auteurs n'ont obtenu des résultats satisfaisants que sur une lessive provenant du désucrage des mélasses, parce que dans ce liquide il ne restait qu'une faible quantité de sucre.

204. Amide des acides amidés. — On traite le liquide à analyser par l'acide chlorhydrique (proportion d'acide : 3 à 5 0/0) à la température du bain-marie bouillant pendant une heure, et on dose l'ammoniaque formée. Ce traitement ayant pour but de décomposer les matières azotées attaquables par les alcalis, le dosage de l'ammoniaque peut se faire maintenant par déplacement direct par la magnésie. La quantité d'azote ammoniacal dosée, multipliée par 2, donne l'azote correspondant à la

(1) D'après Bresler (*loc. cit.*).

(2) K. Andrlík, K. Urban et V. Stanek. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 25, p. 251, 1901 et *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 770, 1901.

glutamine et à l'asparagine, à la condition que le produit analysé ne contienne pas d'azote ammoniacal préexistant. Dans ce cas il faudrait faire un dosage préalable de cet azote ammoniacal et, étant donné ce que nous avons dit plus haut, le problème devient insoluble.

D'autre part, E. Schulze fait encore à cette méthode le reproche de donner des résultats trop forts en présence d'allantoïne ; ce corps est également décomposé par le chauffage avec les acides, avec formation d'ammoniaque. Cependant la quantité d'allantoïne contenue dans les jus de betteraves doit être si faible que la méthode ne peut être sérieusement faussée (cité d'après Bresler).

205. Matières protéiques. — Albumine. — Albumoses ou propeptones. — Peptones. — Le dosage des matières albuminoïdes est basé sur leur coagulation ou leur insolubilisation par un agent chimique et sur le dosage de l'azote dans le précipité ; d'après la quantité d'azote, on calcule la quantité de matière protéique en admettant que celle-ci contient 16 0/0 d'azote ; selon les auteurs ce quotient peut, comme nous l'avons dit p. 428, varier de 15,5 à 17,6 0/0.

Si avec Ritthausen, nous posons en principe que les corps albuminoïdes sont sensiblement solubles aussi bien dans les solutions faiblement alcalines que dans les solutions faiblement acides, nous aurons montré que tous les dosages faits en s'écartant de la condition *neutralité* donnent des résultats inexacts.

Le procédé Stutzer satisfait à la condition spécifiée ci-dessus ; d'après Rümpler cette précipitation entraîne des acides amidés, acide aspartique, leucine, tyrosine, à l'état de sels cuivriques ; E. Sellier a constaté que l'asparagine et la glutamine restent entièrement en solution et n'influencent pas le dosage des matières protéiques.

Comme Barnstein l'a encore récemment démontré, le procédé de Stutzer ne précipite pas la totalité des peptones ; il ne peut donc prétendre à donner la teneur globale en matières protéiques.

Rümpler a proposé une autre méthode que nous avons mentionnée en traitant des peptones ; d'après ce procédé on obtiendrait la teneur globale en albuminoïdes proprement dits, en propeptones et peptones ainsi que les dosages séparés de ces corps.

Les chimistes de Prague ont expérimenté comparativement les deux procédés et ils ont constaté que la méthode de Rümpler, qui dose les peptones et par suite devrait donner les résultats les plus élevés, est précisément celle qui, généralement, donne les chiffres les plus faibles ; il faudrait donc admettre que le procédé de Stutzer donne des chiffres beaucoup trop forts.

D'après Bresler (*loc. cit.*) on peut objecter à la méthode de Rümpler

la précipitation par l'alcool étheré des bases xanthiques, de l'arginine, de l'allantoïne, de la vernine et de la vicine.

D'après Kuppert les albumoses ne sont pas complètement précipitées en solution acide. D'après Fränkel, les combinaisons acides des peptones sont solubles dans l'alcool de même que la peptone libre.

On voit que le procédé de Rümpler est l'objet de critiques assez graves ; tout récemment Bresler (*loc. cit*) a proposé un autre procédé pour le dosage et la séparation des matières protéiques. Cette publication est trop récente pour que nous puissions porter un jugement sur la valeur du nouveau procédé.

206. Azote des bases lécithiques (Bétaïne et choline). – Ces corps sont précipitables par l'acide phosphotungstique ainsi que l'ammoniaque, les albuminoïdes, les peptones et les bases xanthiques.

Cela indique immédiatement que les précipitations effectuées sur des liquides provenant de la séparation des albuminoïdes par les procédés Rümpler et Stutzer auront toujours une surcharge due à ces matières azotées ; admettons que le procédé proposé par Bresler n'ait pas cet inconvénient, on aura encore comme matières précipitables étrangères aux bases lécithiques, l'ammoniaque et les bases xanthiques ; on peut déterminer l'ammoniaque par déplacement, mais il reste toujours une partie de l'azote précipité qui n'appartient ni à la bétaïne ni à la choline. De plus les précipités donnés par ces deux derniers corps avec l'acide phosphotungstique sont très sensiblement solubles.

Pour éviter ces causes d'erreur, Bresler vient de proposer la précipitation par l'acide phosphomolybdique ; pas plus que pour le nouveau procédé indiqué par le même auteur pour doser les matières protéiques, nous n'avons sur cette méthode de renseignements pratiques.

Comme nous l'avons dit, la différence de l'azote total à la somme des divers dosages d'azote doit être attribuée aux matières azotées énumérées plus haut, qu'on ne peut déterminer quantitativement et aussi, il est à peine besoin de le dire, au reliquat des erreurs faites sur les dosages des autres substances azotées.

Par ce qui précède, nous avons voulu montrer au lecteur à quelles difficultés on se heurte quand on veut étudier les transformations des matières azotées dans les processus biologiques et dans les réactions des procédés industriels ; cela montre aussi avec quelle circonspection il faut examiner certains travaux avant d'en admettre les conclusions et enfin négliger, au moins provisoirement, toute hypothèse qui n'a pas d'appui expérimental. Ce pessimisme, que certains trouveront peut-être exagéré, trouvera sa justification lorsque nous traiterons des transformations subies par les matières azotées pendant les opérations industrielles.

QUATRIÈME PARTIE

La betterave en agriculture. Production, soins culturaux.

Ennemis et Maladies

CHAPITRE PREMIER

CULTURE DE LA BETTERAVE

§ 1.

PRÉLIMINAIRES. ETUDE DES SOLS. FUMURE. ASSOLEMENT

207. Généralités. — Cet ouvrage, tel qu'il a été conçu, présente surtout un caractère scientifique et industriel ; nous voulons donc être bref sur la partie essentiellement agricole du sujet, qui, traitée à fond, conduirait à des développements excessifs et inutiles, puisqu'il existe déjà sur la matière de nombreux et excellents traités, tels que ceux de Vivien (1), Briem (2), Dureau (3), Walkhoff (4), Fiévet (5), Dehérain (6).

La culture de la betterave peut être envisagée à un triple point de vue, soit qu'elle forme la base de l'industrie sucrière, soit qu'elle ait pour objet l'obtention de racines destinées à la fabrication de l'alcool, soit

(1) Vivien. *Traité complet de la fabrication du sucre*. St. Quentin, 1876.

(2) Briem. *Der praktische Rübenbau*. Vienne, 1896.

(3) Dureau. *Traité de la culture de la betterave*.

(4) Walkhoff. *Traité de la fabrication du sucre*.

(5) Fiévet. *La betterave à sucre*. Mézières, 1885.

(6) Dehérain. *Les plantes de grande culture*. Paris, 1898. *Culture de la betterave sucrière*. Paris, 1900.

enfin qu'il s'agisse spécialement d'utiliser les produits de la récolte à la nourriture des animaux.

Son but peut être défini comme suit :

Dans le 1^{er} cas :

Faire produire à la terre, par unité de surface cultivée, pour la moindre dépense, la plus grande quantité de racines de la plus haute richesse saccharine et de la plus grande pureté.

Dans le second :

Faire produire à la terre, par unité de surface cultivée, pour la moindre dépense, la plus grande quantité de matières sucrées.

. Dans le troisième, enfin :

Faire produire à la terre, par unité de surface, pour la moindre dépense, le maximum possible de matière sèche.

Ces trois conditions déterminantes suffisent, à elles seules, pour régir non seulement la nature des variétés betteravières à utiliser, mais encore le mode d'application et de succession des méthodes culturales.

208. Climat. — La betterave végète sous les climats les plus divers ; elle est cultivée en Suède, en Russie, en Hollande, en Allemagne, en Belgique, en France, en Espagne, en Roumanie, en Autriche-Hongrie, en Perse, dans diverses contrées de l'Amérique, etc., on a même tenté dernièrement, et avec succès, paraît-il, de l'introduire en Algérie, en Egypte et aux Indes. L'ère de dissémination géographique de la plante sucrière est donc très étendue et cela s'explique par sa rusticité et sa résistance considérable aux conditions extérieures défavorables.

209. Les terres à betteraves. — Une bonne terre à betterave, c'est-à-dire un sol qui permettra d'obtenir la récolte maximum de racines d'une richesse saccharine très élevée, doit être profonde ; la couche arable et le sous-sol doivent contenir beaucoup de substances nutritives ; elle doit être perméable, argilo-sableuse, riche en humus et en calcaire, ne pas être chargée de pierres. De tels sols se rencontrent rarement ; pourtant, cette expression « terre à betteraves » n'a plus sa raison d'être. Si, en effet, certains terrains conviennent mieux à la culture de cette plante, que d'autres présentant une composition moins favorable, les progrès de l'agriculture sont tels que partout il est possible d'obtenir des récoltes relativement bonnes. C'est une question d'amendements, de drainages, d'engrais, de façons culturales. Marek (1) a étudié l'influence des divers sols sur la qualité des récoltes de betteraves d'une même variété ; il est arrivé aux chiffres suivants :

(1) Marek. *Die Ergebnisse der Versuche und Untersuchungen über den Zuckerrübenbau. I. Heft.* Königsberg, 1882.

	Sol argilo-sablon- neux	Sol silicohu- mique	Sol argileux	Sol bourbeux
Poids moyen d'une betterave.	264	487	367	664
» de la racine.	465	264	220	248
» des feuilles	99	223	147	416
Matière sèche	16,70 0/0	16,50 0/0	17,00 0/0	14,40 0/0
Polarisation	13,76 »	13,45 »	14,15 »	9,66 »
Non sucre	2,94 »	3,05 »	2,85 »	4,74 »
Quotient de pureté.	82	81	83	67

C'est le sol argileux qui se classe en première ligne. Leplay avait déjà obtenu un résultat analogue ; il disait notamment :

Production des betteraves les plus lourdes : 1^o sol argileux, 2^o sol calcaire, 3^o sol glaiseux et en dernière ligne, 4^o sol sablonneux.

Production des betteraves les plus riches : 1^o sol calcaire, 2^o sol argileux, 3^o sol sablonneux et en dernière ligne, 4^o sol glaiseux.

Production la plus abondante de feuilles : 1^o sol sablonneux, 2^o sol argileux, 3^o sol calcaire et en dernière ligne, 4^o sol glaiseux.

Nous avons déjà relaté les essais de la station de Halle, relatifs à l'influence du sol sur la qualité des betteraves récoltées ; là encore, c'est l'argile qui vient en première ligne.

Ces faits sont amplement confirmés par la pratique ; partout où les terres sont argileuses, tout en étant profondes, perméables, etc., la culture de la betterave donne d'excellents résultats. Nous en avons un exemple dans notre département du Nord et certaines régions du département de l'Aisne.

Ce qu'il ne faut pas oublier surtout, c'est que la culture de la betterave ne donnera tous ses résultats qu'autant que le sol contiendra une dose suffisante de chaux ; nous avons déjà vu le rôle si important que joue cet élément sur toute la végétation normale de la plante sucrière, nous aurons encore l'occasion d'en reparler à propos de sa pathologie. Après les éléments fertilisants principaux, azote, phosphore et potassium, c'est certainement le calcium qui a la plus grande importance. Nous avons également montré que la réserve calcique du sol s'épuise très rapidement soit par la récolte enlevée soit par des causes extérieures (ac. carbonique de l'air et des eaux, chlorures et sulfates des engrais entraînant la chaux dans les eaux de drainage). Ce rapide épuisement explique les bons résultats obtenus par le chaulage répété des sols soit par la chaux vive, soit par la marne, soit par les écumes de défécation. En dehors de leur action fertilisante directe, ces amendements ont encore une action très heureuse sur la constitution physique du sol.

210. Assolements. — La betterave, comme plante pivotante et sar-

clée, ainsi que le dit Vivien, entre parfaitement en assolement avec toutes les plantes annuelles ; elle peut précéder ou suivre toutes les récoltes.

Elle précède le blé avec beaucoup d'avantages, car, les façons qu'on lui donne préparent merveilleusement bien la terre en l'ameublissant, en la nettoyant et en l'assainissant. Elle peut aussi succéder aux céréales, ainsi qu'on le fait souvent dans quelques contrées de l'Allemagne.

Pourtant, la place des betteraves dans la succession des récoltes est régie par certaines conditions qu'il ne faut pas oublier.

Tout en étant une plante améliorante, puisqu'elle exige des binages et des sarclages nombreux, que la plus grande partie des engrais enlevés est restituée au sol par les feuilles et les collets, ainsi que par les fumiers des animaux qui sont nourris avec ses pulpes, la betterave n'en est pas moins exigeante sous le rapport de la qualité et de la quantité des engrais à mettre à sa disposition. Certains terrains, à couche arable peu épaisse et pauvres en éléments nutritifs, ne peuvent recevoir cette plante qu'à intervalles éloignés, lorsque par d'autres cultures et l'application des fumures, le sol a été remis dans un état chimique et physique approprié. Dans ces terrains, l'assolement doit donc différer de ce qu'il est dans d'autres cas. Il faut faire ici une plus large place aux céréales et aux prairies artificielles.

Il faut tenir compte aussi du rôle joué en agriculture par les ennemis de la betterave ; il arrive souvent, que de très bonnes terres, dans lesquelles la betterave a réussi pendant de longues années, finissent à la longue, malgré les fumures intensives, par ne plus pouvoir donner que de faibles récoltes peu rémunératrices. On dit que ces terres s'épuisent. Il n'en est rien ; généralement la quantité des éléments fertilisants n'a pas diminué, mais, par contre, à la faveur d'une longue succession de cultures, parmi lesquelles la betterave revient plus ou moins fréquemment, les petits ennemis de cette plante trouvant un terrain favorable pour leur développement et leur alimentation, ont proliféré et se rencontrent parfois en quantité telle, qu'ils empêchent sa végétation. Nous apprendrons à connaître plus tard ces êtres nuisibles ; pour le moment, disons que le remède le plus efficace au mal est un assolement bien réglé. Il faut, dans ce cas, espacer les soles de betteraves, et, tout comme pour des terres moins riches, accorder une plus large place aux céréales et aux légumineuses.

L'assolement doit aussi être régi par la nature même du sol, des fumures, etc. Dans une terre nitrifiant difficilement, riche d'ailleurs en éléments azotés apportés soit par des fumiers, des engrais, ou existant naturellement à l'état de réserve, il y a avantage à faire précéder la betterave par une sole de blé, par exemple.

Ce sont là toutes conditions qui ne peuvent être révélées que par l'étude attentive, sur le champ même, de chaque cas particulier ; mais, d'ores et

déjà, il nous est permis de dire qu'un bon assolement constitue la base de toute culture betteravière rémunératrice.

Dans certains cas, quand on a besoin de beaucoup de betteraves, on suit l'assolement biennal, qui consiste à cultiver alternativement la plante sucrière et le blé ; on fume alors tous les deux ans. L'assolement le plus suivi est l'assolement triennal : betteraves, blé, et en troisième ligne, avoine, seigle ou orge ; toutes les deux rotations on intercale alors une sole de luzerne ou de trèfle.

Les terres sur lesquelles des racines ont été entièrement altérées par la gelée peuvent-elles êtreensemencées de nouveau en betteraves, ou devra-t-on y semer à la fin de l'hiver une céréale de printemps ? Rien, dit M. G. Heuzé dans le *Journal d'agriculture pratique*, ne s'oppose à ce qu'elles produisent l'année suivante, soit des betteraves industrielles, soit des betteraves fourragères, si aussitôt le complet dégel arrivé, on y exécute un excellent labour, c'est-à-dire une façon telle que les betteraves y soient bien enterrées (1).

On compte généralement que la betterave, sur fumure directe, absorbe 50 0/0 des matières fertilisantes employées, le froment 35 0/0, l'avoine et l'orge, 15 0/0.

Dans quelques pays où l'on fait peu de betteraves, on peut suivre l'assolement quadriennal ; on fait alors : betteraves, blé, avoine avec semis de trèfle et trèfle en quatrième année. Un autre assolement, très suivi en France, consiste, d'après Vivien, à mettre betteraves sur fumier, blé, betteraves sur engrais artificiels, blé et enfin, à partir de la cinquième année, à tour de rôle, avoine, seigle, orge ou trèfle, la seconde coupe de ce dernier étant enfouie en vert.

Il est impossible de donner des exemples pour chaque cas particulier ; c'est à l'agriculteur, aidé par un homme compétent, qu'incombe le soin de régler ses assolements en se guidant sur la nature de ses terrains, les besoins et l'état de sa culture, l'orientation de ses travaux (obtention de plantes industrielles, élevage etc.) et les conditions générales de production de la localité.

§ 2.

TRAVAUX PRÉPARATOIRES

211. Fumure. — Nous ne donnerons ici encore que des principes généraux. La base de la culture de la betterave est toujours le fumier de ferme. Mais, en l'état, cet engrais n'est pas immédiatement assimilable ;

(1) *Sucrerie Belge*, 1893, p. 260.

son azote se nitrifie lentement et n'est mis à la disposition de la plante que petit à petit, jusqu'à la fin de la végétation. Pour la betterave, c'est là, comme nous le savons, une condition désavantageuse et cela nous indique immédiatement la meilleure façon d'appliquer ce genre de fumure. C'est en automne, le plus tôt possible, qu'elle doit être mise en terre, de manière à être en partie décomposée au printemps suivant. Elle agit alors très rapidement et très énergiquement et n'a plus l'inconvénient de produire des betteraves peu sucrées, salines et impures.

Il en est de même pour tous les engrais azotés lentement assimilables ; ils doivent toujours être enterrés le plus tôt possible, avant l'hiver. C'est le cas, par exemple, des tourteaux et des déchets de laine.

Il en est autrement pour les engrais azotés minéraux tels que le sulfate d'ammoniaque et le nitrate de soude. Cependant, le mode d'emploi de ces deux sels est différent. Le sulfate d'ammoniaque, qui peut aussi bien s'employer à l'automne qu'au printemps, doit être enterré ; de cette façon seulement son action est efficace. Il est à remarquer que ce sel ne peut s'appliquer indistinctement à tous les terrains ; sur les sols calcaires, comme l'a fort bien dit Dehérain, il donne de mauvais résultats. C'est le nitrate de soude qui constitue, pour la betterave, l'engrais azoté de choix. Il s'utilise toujours au printemps et en couverture. Il permet de mettre immédiatement à la disposition de la plante l'azote dont elle a besoin, et active énergiquement la végétation. Comme il est très soluble, et que, de plus, il n'est pas retenu en nature par la terre, il convient, pour éviter l'action de pluies violentes et inattendues qui auraient pour effet de l'entraîner dans les eaux de drainage, de le distribuer en plusieurs fois, partie au semis ou à la levée et partie au démariage.

Le mode d'emploi des engrais phosphatés, qu'il s'agisse de phosphates minéraux, de guanos, de superphosphate ou de scories de déphosphoration, est aussi très variable.

Les phosphates fossiles peu assimilables et de qualités très différentes suivant l'origine et la finesse de la mouture, s'emploient généralement pour constituer dans le sol une réserve d'acide phosphorique lentement utilisable.

Il en est de même pour les scories, produit excellent et bon marché dont l'usage s'étend de plus en plus. Ces scories, constituées par du phosphate de calcium tétrabasique, contenant de plus de la chaux libre, sont beaucoup plus assimilables que les phosphates fossiles, aussi les utilise-t-on souvent comme aliments immédiats de la plante. Leur emploi s'impose dans les terrains argileux, siliceux, tourbeux pour lesquels elles constituent l'engrais phosphaté de choix. Généralement, à cause de leur bon marché, on les utilise en grande quantité la première année — à la dose de 500 à 1000 k. et même plus à l'hectare — pour constituer dans le sol une

réserve d'acide pho-phorique, et on en réintroduit chaque année dans la fumure générale une quantité équivalente à celle que l'on suppose avoir été utilisée par la plante, soit 200 k. à 300 k.

Quant aux superphosphates, ils constituent d'excellents engrais, rapidement assimilables, destinés, au même titre que le nitrate de soude, à fournir aux jeunes plantes un aliment immédiatement absorbable et à activer ainsi, dès le début, la végétation de la betterave.

Les engrais potassiques, autrefois très coûteux, sont maintenant d'une application courante. C'est le chlorure de potassium qui, avec le sulfate, est le plus employé. Ces substances proviennent pour la majeure partie, des gisements si riches de Stassfurth. Leur application est surtout nécessaire dans le cas de terrains calcaires pauvres en potasse, et elle doit se faire sous la réserve des observations que nous avons présentées au cours de cet ouvrage.

Nous n'insisterons pas davantage sur cette question de la fumure de la betterave ; nous l'avons déjà traitée d'ailleurs, d'une manière indirecte à l'occasion de l'étude des cendres. Signalons néanmoins l'action énergique du plâtre, dont les bons effets sont généralement méconnus, ainsi que l'utilisation des engrais verts très préconisée par Dehérain.

212. Préparation du sol. — L'accroissement de la fertilité des sols qui portent souvent des betteraves n'est pas dû seulement à l'abondance des fumures, mais aussi à l'ameublissement des couches profondes, qui est la condition même de réussite de cette culture. On emploie pour les labours d'automne de fortes charrues souvent désignées sous le nom de Brabant, qui remuent la terre jusqu'à 30 et même 40 centimètres.

Nous devons pourtant faire une observation à propos de ces labours profonds ; indispensables dans les terres à couche arable épaisse, ils deviennent nuisibles pour peu qu'ils contribuent à ramener à la surface une partie importante du sous-sol. Lorsque l'on veut approfondir, à l'aide de la charrue, la partie cultivable d'un terrain, il faut procéder petit à petit et n'enlever chaque année, pour la mélanger à la partie arable, qu'une très faible épaisseur de ce sous-sol, sous peine d'amoin-drir, pendant une période plus ou moins longue, la fertilité du champ.

L'habileté du cultivateur se montre dans l'exécution des travaux d'ameublissement ; celui qui connaît bien sa terre sait le moment où il faut la *prendre* ; l'expérience lui a enseigné qu'une terre argileuse, travaillée à contre vents est gâtée quelquefois pour toute une saison ; il existe, pour chaque variété de terrain un point limite, une teneur critique en eau, au-dessus ou au-dessous de laquelle le travail se fait mal, soit que, sous l'influence d'une trop grande sécheresse, la charrue ne divise le sol qu'en blocs très durs, impossibles à émietter, soit, par contre, en cas de grande

humidité, qu'elle ne retourne que de larges bandes de terre, épaisses, plastiques, et qui par la dessiccation se transforment en mottes dures qu'on ne peut ensuite désagréger.

Ce fait se remarque souvent dans les terres franchement argileuses, les rougerons, divers sols d'alluvions humifères et même aussi lorsque la couche arable est argilo-calcaire ou calcaire.

Quand l'hiver est rigoureux, la formation des mottes à l'automne, n'entraîne pas de conséquences fâcheuses ; les agrégats de terre sont détruits par la gelée, qui, comme le disent les paysans, mûrit les labours.

C'est là, en dehors de celles qui imposent l'enfouissage des fumiers à l'automne, encore une des raisons qui rendent nécessaires les labours précoces. Pour la betterave, en général, les labours de printemps sont mauvais. Si, à cette période de l'année la terre n'est pas bien ameublie, la situation est grave ; on risque en effet, par les labours tardifs, de former ces mottes dures dont nous avons parlé plus haut et il est dès lors impossible d'avoir une terre en bon état.

Les labours d'hiver ont encore pour avantage, comme l'ont montré Dehérain et Hollrung, de favoriser l'accumulation des réserves aqueuses des couches profondes du sol. Particulièrement dans les sols argileux, cette accumulation ne se produit pas si la surface du terrain reste unie, la perméabilité étant plus faible et l'action capillaire plus forte.

Il faut, au printemps, donner au sol le moins de façons possible, de manière à ne pas détruire les bons effets de la gelée, et à ne pas rendre de la compacité au sol qui serait ainsi gâté pour toute une campagne. Le plus souvent, quand les conditions de l'hivernage ont été très bonnes, un coup de herse et un roulage suffisent. Parfois, cependant, il est nécessaire d'employer concurremment l'extirpateur, la herse, le croskill et le rouleau pour amener le sol à un état convenable de préparation. Dans tous les cas, il faut, au moment du semis, que la terre soit bien divisée, fine, ameublie ; c'est là une condition *sine qua non* de succès.

C'est au printemps aussi que l'on complète la fumure en distribuant les engrais solubles soit sur le labour, soit sur le hersage, soit même en couverture après la levée, ou en plusieurs fois, ce qui est le cas du nitrate de soude.

213. Semis. — L'époque du semis des betteraves est toujours difficile à choisir. On est serré entre deux écueils ; sème-t-on de bonne heure ? on s'expose à être obligé de recommencer si la germination se fait mal par suite d'une trop grande humidité ou si les jeunes plantes sont détruites par la gelée ; sème-t-on tard ? la sécheresse peut survenir et retarder la levée. Pourtant, les semis précoces nous semblent plus recommandables que les semis tardifs. Toutes proportions gardées, plus la période de

végétation de la betterave est longue et plus cette plante pourra élaborer de matières sèches et de saccharose, plus par conséquent on aura chance d'avoir de gros rendements en poids et en sucre. Ces semis précoces, cependant, en dehors des inconvénients signalés plus haut, peuvent encore en avoir d'autres. C'est ainsi qu'on leur attribue, à tort ou à raison, une participation dans le phénomène de la montée à graines en première année, soit parce que les jeunes plantes souffrent au début de la végétation soit même parce que la méthode leur assure une vie plus longue.

H. Briem (1) insiste sur la nécessité de semer les graines de betteraves le plus tôt possible. Les cultivateurs pèchent souvent à ce point de vue. Ils ne procèdent aux semailles que quand ils ont terminé tous les autres travaux à la ferme et aux champs, en comptant sur le développement rapide des betteraves. Mais ils oublient que la betterave ne peut rattraper le temps perdu que dans le cas où les conditions météorologiques sont très favorables. Sinon, une semaine, un jour de retard peut avoir des conséquences défavorables pour la récolte.

En général, on peut dire que tout retard dans l'ensemencement diminue le rendement cultural en même temps que la richesse des betteraves. Il vaut donc mieux semer trop tôt que trop tard.

Ajoutons qu'une gelée (bien rare en cette saison) est moins nuisible à la jeune betterave que la sécheresse et les puces de terre qui anéantissent les jeunes feuilles. L'humidité du sol est plus nécessaire à la graine que la chaleur, puisque la germination commence déjà à 3° ou 4° centigrades et est parfaitement assurée à 8° ou 9° centigrades. Il est très important que la plante ait déjà développé 4 à 6 feuilles avant qu'elle soit exposée à la lutte contre le temps sec, les vents et les légions d'insectes.

En général, les semailles s'effectuent de fin mars à fin avril, parfois même jusqu'à fin mai ; on emploie, par hectare, une quantité de graines qui oscille entre 15 k. et 30 k., en moyenne 20 k. à 25 k. Cette quantité est évidemment surabondante, mais il faut tenir compte de ce que toutes les graines ne germent pas, que, d'autre part, les insectes détruisent une certaine quantité de jeunes plantes et enfin que beaucoup de celles-ci sont enlevées au démariage.

Il y a eu plusieurs manières de procéder aux semailles ; on opéra d'abord à la volée, à la main, et on repiquait ensuite en place les jeunes sujets. Actuellement on se sert de semoirs mécaniques qui ont été très perfectionnés dans ces dernières années. Les uns sont dits *semoirs en lignes* et leur nom indique assez le travail qu'ils accomplissent ; ils sont trop répandus maintenant dans la pratique agricole pour que nous nous attachions à leur description. Les autres déposent les graines par petites por-

(1) Voy : *Vochenschr. d. Cent. Ver. f. R. Z. I. in Oest.*, 1890, n° 4.

tions à l'endroit même qu'occupera la betterave ; ce sont les semoirs à poquets, dont quelques types ont été proposés, il y a longtemps déjà, par Dauteu, Mahot, etc., et dont un nouveau système est actuellement très préconisé en Belgique par Le Docte. Les lignes sont généralement espacées de 30 à 50 cm. ; nous reviendrons plus tard sur cette question des espacements. Aussitôt après le semis, on roule et on attend que la levée se fasse.

§ 3.

SOINS CULTURAUX. RÉCOLTE

214. Premières façons. — En avril la graine de betteraves met de 15 à 18 jours à germer ; en mai 10 à 12 jours suffisent, si toutes les conditions de chaleur et d'humidité sont convenables. Au bout de ce temps, en général, les lignes sont déjà bien marquées ; la betterave est alors à la période critique de son développement ; des conditions climatiques extérieures dépendent la croissance rapide des jeunes plantes et le succès de la récolte future. Souvent aussi, il faut combattre les ravages causés par divers insectes. On le fait efficacement en roulant la terre et en procédant aux binages.

Le binage est une opération qui a pour but de casser, entre les lignes, la croûte qui s'est formée à la surface du sol et aussi de détruire les mauvaises herbes. Les binages s'effectuent soit à la main soit mécaniquement au moyen d'instruments spéciaux, les *houes* à cheval, dont il existe des types différents.

Généralement, on donne un premier binage à la houe aussitôt que l'on voit suffisamment les lignes pour se guider ; puis quelques jours après on donne un binage à la main. Ce dernier travail, comme toutes les autres façons d'ailleurs, est le plus souvent exécuté par des ouvriers spéciaux venant des contrées populeuses de la Belgique ou du Nord de la France. Ce premier binage à la main est généralement suivi, à peu d'intervalle, par le démariage.

215. Démariage. — Il faut effectuer le plus tôt possible ce démariage qui consiste à enlever, avec la rasette qui a servi pour la première façon, toutes les plantes surabondantes et à ne laisser subsister que les betteraves destinées à croître jusqu'à l'arrachage.

La vie d'une betterave ne commence guère que du jour où elle commence à végéter isolément ; c'est pour cette raison qu'il est si important de démarier de bonne heure. Cette opération doit être commencée dès que les jeunes plantes ont 3 à 5 feuilles.

Souvent, les bineurs démarient en coupant toutes les betteraves sur une longueur de 0^m20 à 0^m30 suivant la distance qui doit être laissée entre les pieds et, en même temps, ils détachent à la main les quelques plantes qui peuvent être accolées au sujet principal qu'ils veulent conserver. Si on n'a pas forcé la quantité de graines, ou si, pour tout autre motif, les betteraves sont déjà à un certain écartement, l'ouvrier peut les démarier avec la rasette ; mais, dans le cas où la levée est drue et quand une même graine contient plusieurs germes qui se sont développés, l'ouvrier doit effectuer le travail à la main avec précaution, pour ébranler le moins possible le sujet que l'on veut isoler.

Pour assurer le démarriage régulier, le bineur fait son opération en deux fois ; il commence par laisser de petites touffes de betteraves à

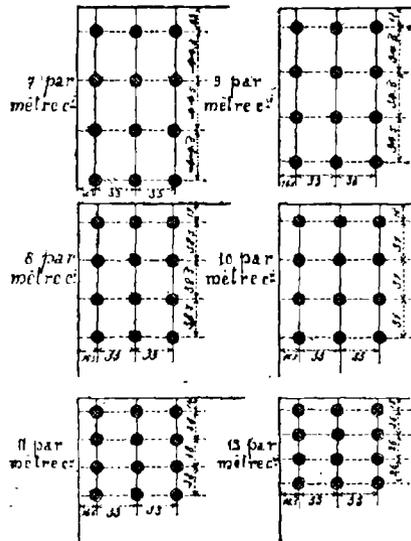


Fig. 402. — Espacement de 33 centimètres.

l'écartement voulu, en ne se servant que de la rasette et il termine le travail à la main.

Comme Briem (1) l'a démontré, il ne faut laisser subsister de la touffe que l'individu le plus vigoureux, celui qui a le plus de feuilles.

Le démarriage est une opération extrêmement importante qui demande,

(1) *O. Ungarische. Z.* 4901.

de la part du cultivateur, une surveillance incessante ; il est nécessaire qu'il soit fait avec précaution, qu'il ne reste pas plusieurs betteraves accolées l'une à l'autre, que le collet des sujets restants soit bien dégagé, etc. ; il faut encore que l'écartement exigé entre les plants soit bien observé. Si, pour aller plus vite, l'ouvrier coupe de temps à autre un des sujets qu'il devait réserver, il laisse en fin de compte à l'hectare un nombre de racines beaucoup moins grand que celui sur lequel on comptait et le poids de la récolte finale est diminué d'autant.

L'écartement, et par suite le nombre de betteraves laissées par unité de surface varie énormément. L'écartement entre les lignes est surtout réglé

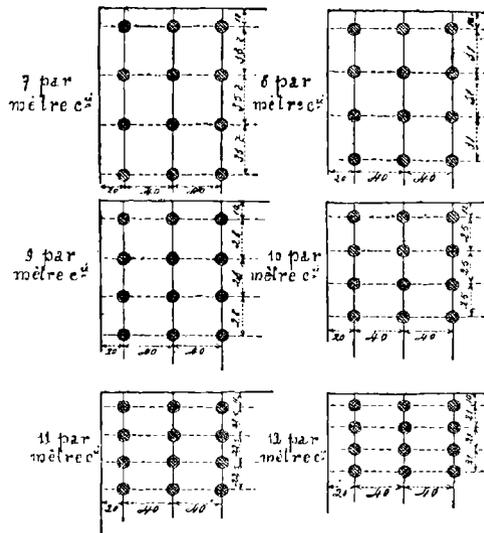


Fig. 103. — Espacement de 40 centimètres.

par la nécessité des travaux à la houe et la commodité de ces façons, mais l'espacement sur la ligne est réglé selon certaines conditions, parmi lesquelles il faut citer : la nature et la richesse du sol, la profondeur de la couche arable, la destination agricole ou industrielle de la betterave cultivée, etc. Pour les betteraves fourragères et les betteraves de distillerie, dans la culture desquelles on recherche plutôt un bon rendement en matières sèches et en saccharose à l'hectare, on adopte des espacements un peu plus grands que pour les betteraves sucrières. Chez cel-

les-ci, le rapprochement favorise la formation du sucre et on adopte des écartements plus faibles comme nous venons de le dire, mais cependant variables. Dans une terre riche, qui peut alimenter un grand nombre de pieds, on rapproche les sujets ; on les écarte plus ou moins dans les terres pauvres. En général, on laisse subsister sur un hectare de betteraves sucrières de 70.000 à 110.000 plants.

Il est facile, au moyen d'une formule donnée par G. Gras (1), de calculer les espacements sur les lignes et entre les lignes à donner aux betteraves d'un champ, en fonction l'un de l'autre et du nombre de sujets par mètre carré.

Si e représente en centimètres l'espacement que l'on donne entre deux

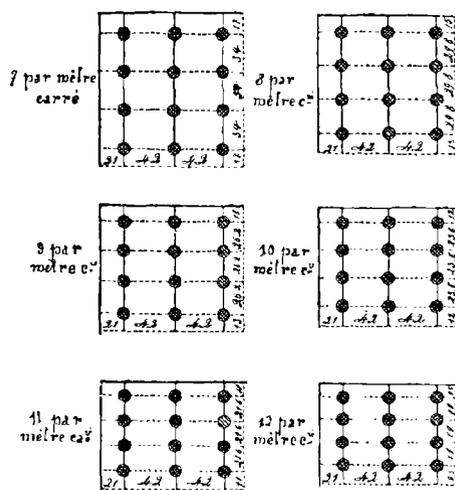


Fig. 104. — Espacement de 42 centimètres.

lignes, si d est la distance entre les betteraves sur la ligne et si n correspond au nombre de sujets par mètre carré, on a la relation :

$$e \times d \times n = 10.000$$

d'où :

$$d = \frac{10.000}{e.n}$$

formule d'où l'on peut tirer d , e , ou n .

(1) G. Gras. Espacements divers pour betteraves. *Annuaire de la Betterave*, 1896, p. 291 et suiv.

Nous donnons fig. 102 à 103 différents exemples d'espacements de betteraves.

Enfin, pour terminer, disons que le démariage est souvent immédiatement précédé par un roulage, soit au rouleau ordinaire soit au croskill, de manière à assouplir la surface du sol et à faciliter le travail de la binette. Dans le cas du rouleau, l'instrument doit courir parallèlement aux lignes et transversalement au contraire dans le cas du croskill.

216. Façons culturales complémentaires. — Aussitôt après le démariage les champs présentent un triste aspect ; à la place des jolies

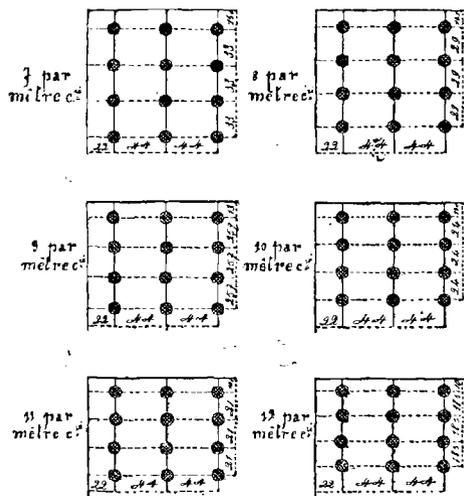


Fig. 103. — Espacement de 44 centimètres.

lignes vertes qui les sillonnaient naguère, on ne voit plus de place en place qu'une petite plante chétive, flétrie. Elle se redresse pourtant et s'accroît, à la condition de ne pas être gênée par les plantes adventives qui pullulent aisément sur ces terres enrichies par des fumures abondantes ; à la condition aussi, que l'approvisionnement d'eau du sol soit assuré.

On réussit à remplir ces deux conditions à l'aide des binages ; on fait passer entre les lignes soit une houe à cheval, soit des ouvriers armés de rasettes ; qu'on procède d'une façon ou de l'autre, les mauvaises herbes sont coupées et la surface de la terre est remuée. Ce dernier travail est d'une haute utilité. Le plus grand ennemi de la betterave est

la sécheresse ; or, l'eau coule sans pénétrer quand elle tombe sur une terre durcie par le soleil ; elle est retenue au contraire par une terre ameublie, elle y pénètre et est utilisée pour la végétation.

Ce n'est pas seulement pour éviter l'écoulement, sans profit, des eaux pluviales qu'il faut procéder aux binages, c'est surtout pour empêcher l'évaporation des eaux souterraines ; l'effet des binages est précisément opposé à celui des roulages ; on roule après les semailles pour faire monter l'eau des couches profondes à la surface, afin d'humecter les graines et d'assurer la germination ; mais, quelques semaines plus tard, cette ascension de l'eau jusqu'à la surface où elle s'évapore, devient nuisible. Les jeunes plantes ont formé des racines qui s'enfoncent dans le sol et vont chercher les réserves d'humidité qu'il renferme. Il faut conserver ces réserves, empêcher leur déperdition ; c'est à cela que sert le binage ; il rompt la continuité de la terre, recouvre les couches humides d'une matière pulvérulente, au travers de laquelle l'ascension de l'eau ne se fait plus.

Les binages détruisent les mauvaises herbes, et non seulement ils favorisent ainsi la bonne utilisation de la fumure en l'empêchant d'être absorbée par ces plantes au détriment de la betterave, mais encore, en empêchant toute végétation adventice, ils contribuent à la conservation des réserves d'eau du sol. La déperdition de l'humidité d'une terre n'est pas due seulement, à l'évaporation ; elle se fait aussi sous l'influence de la respiration des plantes. Celles-ci absorbent par leurs racines l'eau des parties profondes et viennent la rejeter, par les stomates de leurs feuilles, à l'état de vapeur, dans l'atmosphère. C'est l'une des raisons qui font que les terres à betteraves doivent être maintenues dans un état de propreté parfaite.

Les binages sont donc d'une utilité incontestable et il convient de les répéter le plus souvent possible ; ils ont encore l'avantage d'aider à la nitrification des réserves azotées du sol.

§ 4.

ARRACHAGE

217. — Dès que la betterave est mûre, ce qui se reconnaît au jaunissement des feuilles, ou parfois même, sans que la betterave soit mûre, dès que les sucreries veulent mettre en route, on procède à l'arrachage ; les industriels croient, à tort ou à raison, avoir avantage à commencer la fabrication du sucre le plus tôt possible et quelquefois même donnent des primes aux cultivateurs pour que la récolte se fasse très tôt. C'est

le plus souvent vers la fin de septembre ou le commencement d'octobre qu'on se met à l'œuvre. D'une manière générale, la récolte des betteraves se fait encore à la main ; les ouvriers, s'aidant d'une bêche ou d'une four-



Fig. 106. — Décolletage d'après Vivien.
La partie B est exactement décolletée,
la moitié supérieure ne l'est pas assez.

che extraient les racines du sol, les secouent et les rejettent sur le côté. Des aides (gamins, filles, femmes) les accompagnent et munis d'un couteau spécial, large, épais, bien affilé, séparent le bouquet de feuilles de la souche en opérant ce que l'on appelle le décolletage. Cette opération est très importante ; si, au point de vue des usines il convient qu'elle soit bien faite, c'est-à-dire à la naissance des premières feuilles (voyez fig 106), il est nécessaire, au point de vue du cultivateur, qu'elle ne soit pas exagérée. Un décolletage trop copieux, tel qu'il se pratique souvent, fait perdre d'assez grosses sommes.

Supposons que des betteraves à 8° de densité soient vendues sur la base de 25 francs à 7° ; ces racines vaudront, en usine, 35 francs la tonne. Supposons en outre que, dans le cas d'un décolletage exact, ces racines pèsent 0 k. 400, cela correspond à un rendement à l'hectare de 30.000 k. ; le produit brut sera de $30 \times 35 = 1.050$ fr.

Mais si, par un manque de soins, le décolletage a été exagéré, et qu'il ait réduit le poids moyen des souches à 0 k. 360, soit par conséquent un rendement de 27.000 k., le produit ne sera plus que de $27 \times 35 = 945$ fr. et la perte atteindra 105 francs par hectare.

La diminution est très importante ; elle est toutefois couverte en partie par la valeur comme engrais ou comme nourriture des collets restant sur le sol, mais comme cette valeur est toujours relativement faible, il n'en résulte pas moins une perte sèche notable pour la culture.

Un décolletage insuffisant n'offre pas beaucoup d'avantages pour les deux parties. Pour le cultivateur il provoque une augmentation de transport d'une matière qui ne lui sera pas payée et qui, laissée sur le sol eut restitué à celui-ci une certaine quantité d'éléments fertilisants. Le fabricant ne paie pas les collets mais sa prise en charge à la bascule régie se trouve augmentée par de la matière première de richesse et de pureté beaucoup inférieures à celles de la souche proprement dite. Le gain de

sucre qu'il réalise en comprenant les collets dans le déchet pourra couvrir en partie ses pertes en silos, dans les transporteurs et les laveurs. La valeur comparative des collets et des racines a été récemment étudiée par Weisberg, Pellet et Zamaron (1).

Weisberg a conclu de son étude: 1° La valeur analytique et industrielle des collets est toujours inférieure à celle des racines leur correspondant; 2° la valeur analytique et industrielle d'un collet dépend directement de celle de la betterave entière (2) et de la racine qui lui correspond. A une racine très riche et très pure correspond aussi, quoique à un degré plus faible, un collet d'une richesse saccharine et d'une pureté qui méritent d'être prises en considération; 3° comme dans l'état actuel de la culture, les betteraves travaillées sont généralement d'une pureté et d'une richesse saccharine assez élevées, les collets qui en font partie intégrante présentent encore au point de vue industriel assez de valeur pour que le fabricant puisse leur accorder droit d'entrée dans son usine.

Zamaron a étudié la même question mais il ne s'est pas placé au point de vue industriel comme Weisberg; il n'a comparé que les jus des racines et collets obtenus par rapage et pression et conclut des puretés de ces jus que les collets ne donnent que de la mélasse; si comme Weisberg il avait traité les jus des collets par les procédés d'épuration industriels il n'eût pas conclu ainsi.

Dans tous les cas ces deux auteurs n'ont pas envisagé la proportionnalité entre les collets et les racines, c'est ce qu'a fait Pellet.

La proportion de collets pour cent de betterave non décolletée, est très variable; Pellet a trouvé de 2 à 13 0/0 en poids, le plus souvent les chiffres varient entre 3 et 5 0/0. D'après cet auteur, les collets ont en général une richesse de 3 à 6 0/0 au-dessus de celle de la racine décolletée et la pureté est inférieure de 4 à 5 et jusqu'à 10°. En général lorsque la proportion de collet augmente, la richesse saccharine augmente également et la pureté du jus croît aussi dans une certaine mesure. Sans avoir fait d'expérience directe Pellet conclut que si l'on tient compte, à la fois, de la diminution de la richesse saccharine des collets et de la pureté inférieure du jus qu'on en extrait par la diffusion, la quantité du sucre extractible des dits collets est relativement bien faible, tandis que leur valeur comme substance nutritive, présente un certain intérêt pour le cultivateur.

On a cherché, depuis bien longtemps, à effectuer l'arrachage des betteraves mécaniquement, au moyen d'instruments spéciaux nommés *arracheuses*. Cette tendance, par suite de la rareté et de la cherté de la main-d'œuvre, s'est même beaucoup accentuée de nos jours. Divers dispositifs,

(1) *Bull. sucr. et dist.*, 19, p. 147, 379, 1901 p. 965, 1902.

(2) Collet et racine proprement dite.

tels que ceux de Bajac, de Frennet-Wauthier, etc. ont donné d'assez bons résultats ; néanmoins, on n'est pas encore parvenu à une solution complète et pratique du problème et il faut encore opérer la plus grande partie du travail à la main, à l'aide de bèches ou de fourches.

C'est à des ouvriers spéciaux, venant comme les bineurs, des contrées populeuses de la Flandre et du Nord de la France, que la culture s'adresse pour la récolte des betteraves ; mais, cette main d'œuvre tend à se raréfier de jour en jour et il faut envisager le moment où elle deviendra tout à fait impossible. C'est pour cela qu'il convient d'accorder une grande attention aux essais d'arracheuses mécaniques que l'on exécute chaque année, un peu partout.

En France, aussitôt après l'arrachage, les betteraves sont mises en tas et conduites à la sucrerie. Nous décrirons donc plus tard les méthodes qui sont usitées pour leur conservation.

CHAPITRE II

LES ENNEMIS ET LES MALADIES DE LA BETTERAVE

218. Généralités. — Plus une culture est ancienne dans une région, plus elle y est étendue et plus nombreuses sont les causes qui mettent en péril non seulement son développement, mais encore son existence. C'est le cas de la betterave. Or, la considération de la diminution des rendements, par le fait des maladies et des ennemis de toutes sortes, est de la plus haute importance pour l'avenir de cette culture et notre attention doit être appelée sur ce point d'une manière toute spéciale.

Nous diviserons ce chapitre de notre livre en quatre paragraphes et nous étudierons successivement les *petits ennemis animaux* de la betterave, les *végétaux parasites*, les *maladies bactériennes* et les *maladies cryptogamiques* de cette plante.

Relativement aux ennemis de la betterave, nous puiserons la majeure partie de nos renseignements dans l'excellent ouvrage publié en Autriche par Stift (1), traduit en français par M. Deutsch, et dans les fascicules parus du *Traité de fabrication du sucre de Vivien*.

§ 1.

LES ENNEMIS DE LA BETTERAVE

MÉLOLONTHINES (*Melolonthinæ*).

219. Hanneton commun (*Melolontha vulgaris*). — C'est l'un des coléoptères les plus connus ; d'après Brehm (2), il se reconnaît à ses taches triangulaires, d'un blanc crayeux, rangées sur les cotés abdominaux ; à la longue pointe terminale de l'abdomen, à la couleur testacée des antennes, des jambes et des élytres, tranchant sur le fond noir général ; à la pulvérulence blanche répandue çà et là sur le corps et qui disparaît par le frottement. Chez le mâle, la massue antennaire se compose de sept larges feuillets, et de six seulement chez la femelle.

(1) A. Stift. *Les ennemis de la betterave*. Vienne, 1899.

(2) Brehm. *Les insectes*, p. 198. Paris, J. B. Baillière, 1882.

Le hanneton, à l'état d'insecte parfait, n'est pas un ennemi de la betterave ; mais il n'en est pas de même de sa larve, le terrible *ver blanc* qui dévore la racine des betteraves et cause parfois d'importants dégâts.

Ceux-ci éclosent trente à quarante jours après la ponte et, dès la fin du premier été, les jeunes larves ont atteint une longueur de 15 millimètres ; leur développement complet dure de 3 à 5 années, au cours desquelles elles se font remarquer par leur extrême voracité et muent plusieurs fois. L'insecte parfait apparaît deux mois après le début du stade de la nymphe ; il est d'abord mou et pâle et sort de terre dans les premiers jours du printemps.

Pour se défendre contre les ravages causés par les vers blancs, la nature a donné à l'agriculteur toute une série d'alliés : la taupe, les musaraignes, les oiseaux, les carabes, etc. ; généralement, ces auxiliaires sont insuffisants. On a souvent, avec succès, fait ramasser les larves par des enfants qui suivent les charrues ; mais dans les années de grande invasion on n'arrive pas à un résultat suffisant. On a proposé de conduire les oiseaux de basse-cour, sur les labours, au moyen de poulaillers roulants ; ces aides se lassent vite du régime qui leur est offert et y renoncent au bout de quelques jours.

On recommande encore le déchaumage rapide qui met à nu la larve enfouie dans le sol et l'expose ainsi aux rayons solaires qui la tuent.

Decaux (1) a signalé à l'Académie des Sciences la remarque qu'il a faite en 1888-1889, 1890 et 1891 de champs de betteraves complètement indemnes, au milieu d'autres champs de céréales et de betteraves à moitié détruits par les larves du *melolontha vulgaris* (vers blancs). Ces champs indemnes avaient été fumés avec des chiffons provenant de la Compagnie du Chemin de fer du Nord, et ayant servi au nettoyage des locomotives, de la lampisterie, etc. Le pétrole ou autres composés hydrocarbonés dont ils étaient imprégnés avaient préservé les récoltes contre les insectes vivant en terre.

Il a fait la même remarque à Briastre (Nord), sur un champ dont les parcelles de terre voisines étaient infestées par l'*Heterodera Schachtii* (nématode).

M. Decaux pense que les chiffons imprégnés de pétrole ou d'autres composés hydrocarbonés ont une action destructive prolongée (au moins trois ans), sur les vers blancs, les vers gris, les nématodes, etc.

On a essayé aussi beaucoup d'insecticides ; Gaillot (2) notamment a fait beaucoup de recherches dans ce sens et a expérimenté les tourteaux de

(1) Decaux. *Sur un moyen de destruction des insectes nuisibles à la betterave, à la vigne et aux céréales*. C. R., 26 octobre 1891. *Bull. Sucr. dist.*, 9 ; 563 ; 1892.

(2) Gaillot. *Recherches sur la destruction des vers blancs*. *Bull. de la St. Agr. de l'Aisne*, 1890, p. 16 et suiv. ; *ibid.*, 1893, p. 299 et suiv.

ricin, la noix vomique, la belladone, l'ellébore, le sulfure de carbone, la benzine, etc., sans obtenir de résultats satisfaisants.

Le moyen de destruction le plus direct et le plus sûr est évidemment la chasse du hanneton sorti de terre dans le cours du mois de mai. En 1889, d'après Boucher-Cadart (1), on a détruit ainsi en Seine-et-Marne 574.800 kilos de ces insectes, représentant approximativement 690.000.000 d'individus ; d'après Gaillot (*loc. cit*) la même année, on en a détruit 582.000 kilos dans le département de l'Aisne. Quand il s'agit de récoltes pouvant s'élever à plusieurs milliers de kilos, on doit se préoccuper de l'usage qu'il conviendra d'en faire.

Le mieux serait de les tuer par l'eau bouillante additionnée de 10 0/0 de sulfate de fer, d'après Gaillot ; par l'eau bouillante seule ou le sulfure de carbone d'après Pagnoul (2) ; les insectes desséchés constituent un engrais qui aurait la composition suivante :

	Pour 0/0 kilos	Pagnoul	Gaillot
Eau		3.70	80.00
Azote.		12.00	2.50
Ac. phosphorique		1.02	0.50
Potasse		2.10	0.30

Les différences de composition sont évidemment dues à la différence des humidités.

Enfin, on a beaucoup parlé, dans ces derniers temps, d'un champignon parasite du ver blanc, le *botrytis tenella*, espèce très voisine du *botrytis bassiana* qui produit la muscardine des vers à soie, aussi désigné sous le nom d'*isaria densa*, susceptible d'être utilisé, sous forme de cultures pures, pour créer des champs d'infection et propager la maladie. Cette méthode nouvelle a été étudiée par de nombreux expérimentateurs, entre autres par Le Mout, qui en fut le propagateur, Danyzs, A. Gouin (3), Prillieux et Delacroix (4), Gaillot, etc. D'après ce dernier auteur elle est loin de donner, dans la pratique, des résultats surs et précis. Il en est de même d'un autre procédé de destruction reposant sur l'infection des larves par le *Bacillus graphitosus* de Krassiltschik dont parle Giard (5), et qui n'a pas donné de résultats bien nets.

220. Hanneton du marronnier (*Melolontha hippocastani*). — Il se distingue du précédent par une taille moindre, par la pointe abdominale

(1) Boucher-Cadart. *La question des hannetons*, broch.

(2) Pagnoul. *Sur la destruction des Hannetons. Bl. stat. Agr. du Pas-de-Calais*. 1894, p. 25.

(3) Voy. : *J. Agr. pratique*, 1894. T. I. N° 2.

(4) Prillieux et Delacroix, *Le parasite du hanneton. Bl. sucr. et dist.*, 9-38, 1891.

(5) *Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique*. 21. 1893.

rétrécie brusquement puis légèrement élargie vers l'extrémité, par la coloration rouge de la tête et du corselet. Cette espèce est moins commune : elle habite de préférence les grands bois (1).

221. Hanneton Foulon (Syn. : Foulon, Meunier, Scarabée des vignes, des sapins, du tonnerre, des dunes, Tigre, etc.) (*Melolontha* ou *Polyphylla fullo*). — C'est le plus beau des hannetons européens ; Harris a créé pour lui le genre *Polyphylla*, mais Brehm (2) le réunit aux hannetons. On le reconnaît à ses élytres rouge-brun, marbrées de blanc, à l'absence de la pointe abdominale, aux 5 articles de la massue des antennes de la femelle, etc. Lorsqu'on le fait tomber des branches il pousse un cri très prononcé résultant du frottement du bord tranchant de l'avant dernier anneau abdominal contre une cannelure située sur l'aile, à l'endroit où celle-ci est articulée pour la flexion. Le hanneton Foulon affectionne les terrains sablonneux. On a constaté quelques invasions plus ou moins abondantes ; par exemple celle de 1731 dans la Marche de Brandebourg, celle de 1879 dans les îles de Ré et d'Oléron ; il est apparu isolément en Hongrie. Sa larve ressemble au ver blanc, mais elle est beaucoup plus grande.

RHIZOTROQUES (*Rhizotrogus*).

222. Hanneton de la St-Jean. *Rhizotrogus solstitialis*. — Cet insecte appartient au genre *Rhizotrogus* qui se différencie nettement du genre *Melolontha* par la forme des antennes et la disposition des palpes labiaux. Le hanneton de la St-Jean est très petit ; il mesure 16 mm. ; sa manière de vivre est semblable à celle des insectes précédemment décrits mais son cycle évolutif ne dure qu'un an. Jusqu'ici ses larves n'ont été constatées sur la betterave que dans des cas isolés. On les détruit au moyen des procédés usités pour le hanneton ordinaire.

TAUPINS (*Elatérides*).

223. Taupin des moissons. *Elater lineatus* ; Syn. : *Agriotus segetis*. — L'insecte parfait est long de 8 à 10 mm. ; l'abdomen se compose de cinq anneaux ; chaque élytre porte huit rangées de lignes noires profondément ponctuées. La tête est petite, penchée vers le bas ; le corselet est bombé et aussi long que large ; il se termine, aux angles postérieurs, par deux fortes pointes. Les élytres sont fortement voutées.

224. Taupin velu. *Elater niger*. — Il est semblable au précédent, mais les élytres n'en sont pas sillonnées.

(1) Brehm. *Les insectes*, p. 204.

(2) Brehm, p. 204.

Les taupins, à l'état d'insectes parfaits, ne sont pas à craindre ; en revanche, les larves sont des ennemis extrêmement dangereux pour la betterave. On les désigne communément sous le nom de *vers fil de fer* ; elles se distinguent, comme les vers blancs, par une extraordinaire voracité. Les vers fil de fer sont longs de 1 à 2 centimètres, jaune brillant, cylindriques, enveloppés d'une peau cornée très dure ; ils sont assez résistants pour ne pouvoir être écrasés entre les doigts.

Le développement de ces larves est très lent ; elles s'attaquent à presque toutes les plantes cultivées et particulièrement aux betteraves ; elles détruisent les tissus tendres ou coupent complètement la tige. Dans le premier cas, le point attaqué noircit, mais la plante peut s'en tirer ; toutefois, il faut remarquer qu'elle ne donnera alors que des racines fourchues ; généralement elle meurt, de sorte qu'il faut semer de nouveau. Le ver fil de fer montre une prédilection marquée pour les jeunes germinations de betteraves, surtout, lorsque par suite de froids, la levée se fait lentement ; Quand les plantes commencent à se développer, il dévore la partie jeune et tendre de la tige, située juste près de la surface du sol, au point où les feuilles s'attachent, de sorte que le champ est bientôt dévasté. Comme on le dit communément, les *betteraves se mangent*.

Suivant Werner, le meilleur procédé pour détruire les larves de taupins est le ramassage à la main, derrière la charrue ; l'emploi des roulages, avant et après le semis, sans être absolument efficace, a été recommandé.

A Altenbourg (Hongrie), on a essayé de recueillir ces larves en s'aidant comme appâts, de tranches de pommes de terre enfouies en terre de 2 cm. 1/2 à 3 cm. ; on a aussi cherché à les détruire avec des fragments de tourteaux, dont l'ingestion devait les faire périr. Werner n'a obtenu aucun résultat de ces deux procédés ; Hollrung, au contraire, rapporte des expériences avec l'appât de pommes de terre, où il a réussi d'une façon remarquable. Ce dernier savant fait remarquer que les taupins ont besoin d'humidité et se dirigent de préférence vers les pièces de terre qui sont fraîches. En y apportant de la chaux ou des écumes de sucrerie il serait peut-être possible de rendre ces champs impropres à la vie de l'insecte.

Targioni-Tozzetti recommande l'emploi du sulfure de carbone.

En résumé, la lutte contre les larves des taupins est peu commode ; étant donné les ravages qu'elles occasionnent, il serait à souhaiter que l'on trouvât un moyen pratique de les détruire.

En 1900 on a constaté une invasion assez importante des taupins dans le Laonnois, sur les betteraves fourragères.

225. Silphides (*Silpha*).

Outre le genre *silpha*, cette famille comprend encore le genre *necropho-*

rus. Parmi les 67 espèces de silphes admises par Brehm (1), trois causent des dommages aux betteraves. Ces insectes se nourrissent de préférence de charognes ; d'après Hollrung, ils ne s'attaquent aux végétaux qu'en cas de nécessité. Les jeunes betteraves paraissent cependant constituer pour eux un aliment de prédilection. A vrai dire, ce sont surtout les larves qui sont dangereuses car leur voracité est extraordinaire ; les insectes parfaits ne sont pas à redouter.

226. Silphe noir. *Silpha atrata*. — Il est elliptique et mesure 11 mm. sur 6 mm. 5. Sa couleur est le noir brillant. Il possède une tête petite, dirigée perpendiculairement de haut en bas, recouverte par le bord saillant du corselet, qui est grand et semi-circulaire. Les élytres, fortement relevées sur les bords, sont arrondies en arrière, parcourues par trois côtes longitudinales saillantes et lisses ; les intervalles sont grossièrement ponctués. Comme dans les autres espèces du genre, les antennes, terminées en massue, possèdent 11 articles. La larve est dure et noire en dessus, molle et de couleur claire en dessous, composée de 12 segments. Aux trois anneaux antérieurs sont attachées six petites pattes thoraciques terminées en aiguillons ; l'anneau terminal, qui est le plus petit, porte à son extrémité dorsale deux appendices pointus. Le corps de cette larve s'élargit de la tête au milieu, puis se rétrécit brusquement ; sa taille est de 16 à 18 mm.

227. Silphe opaque. *Silpha opaca*. — Il est un peu plus petit que le précédent et ne mesure pas plus de 10 mm. Cette espèce se distingue par l'aspect soyeux de sa face dorsale qui voile un peu la couleur noire. Les larves sont peu différentes de celles du silphe noir. D'après Brehm (2) le silphe opaque est essentiellement phytophage et c'est à lui qu'on doit surtout rapporter les dégâts causés aux cultures betteravières.

228. Silphe obscur. *Silpha obscura*. — Il est ovale, un peu bombé, d'un noir terne. Le corselet est ponctué, arrondi, coupé droit en avant, légèrement échancré en arrière. Les élytres sont parcourues par trois côtes peu accusées dont les intervalles sont profondément ponctués. Sa larve diffère très peu de celle des silphes précédents.

Les dégâts causés aux cultures de betteraves par des insectes du genre silphe ont été signalés depuis longtemps ; en juin 1844, l'attention de Brehm était déjà attirée, par W. Ogilby, sur une larve qui avait rongé les betteraves d'une ferme de Castle Forward, Londonderry, et qui n'était autre que celle du silphe opaque. Un peu plus tard, en 1846, le Rev. C.

(1) Brehm. *Les Insectes*, p. 159.

(2) Brehm, p. 161.

Maxwell, de Birdstown, Londonderry, en fit de nouveau mention ; la même année, Bazin et Guérin-Meneville en constatèrent la présence en France. Depuis, en 1865, en 1870, en 1880, en 1888 et dans ces dernières années les ravages causés par les silphes devinrent grandissants.

D'après Gaillot (1), « le silphe fait son apparition dans notre région vers le 15 avril, un peu plus tôt ou un peu plus tard, suivant la température. Or, les ensemencements de la betterave étant plus ou moins précoces suivant ces mêmes conditions, il en résulte que les chances de destruction sont sensiblement les mêmes.

Ce sont d'abord les *boucliers* ou insectes parfaits qu'on rencontre, courant dans les ensemencements de betteraves ; ils paraissent surtout sortir des blés de betteraves, dans lesquels ils ont passé l'hiver ; ce n'est qu'assez rarement qu'on les voit voltiger, quand la température est assez élevée.

L'accouplement se produit aussitôt l'apparition des boucliers, la ponte lui succède ; on peut voir alors les femelles enfoncer dans le sol leur abdomen protractile et y déposer une trentaine d'œufs d'un blanc-jaunâtre, relativement gros pour le volume de l'insecte.

L'éclosion se produit, et, une quinzaine de jours après l'apparition des boucliers, les larves sortent de terre et commencent leur œuvre de destruction : on est alors fin avril ou commencement de mai.

Ces larves sont très agiles et douées d'un appétit vorace, elles grimpent sur les jeunes betteraves et dévorent tout le parenchyme des feuilles, ne respectant que les nervures et souvent aussi le cœur ; comme on dit vulgairement, elles ne laissent que des *balayettes*.

Si l'invasion a peu d'importance, si les betteraves étaient déjà assez fortes et que le cœur de la plante soit resté intact, ce n'est qu'un retard apporté à la végétation, et il est alors bien préférable de laisser la récolte en place que de la retourner : une pluie arrivant en temps opportun peut faire repousser vigoureusement la betterave et elle se défendra alors suffisamment contre ses ennemis, surtout si elle a à sa disposition du nitrate de soude, qui lui donne l'élan nécessaire.

Mais souvent les choses se passent d'une tout autre façon : les silphes s'avancent en bataillons serrés, dévorent les lignes de betteraves les unes après les autres : on peut suivre leur marche, depuis une bordure de blé de betteraves généralement, s'avancant vers l'intérieur de la pièce ; il suffit souvent d'un ou deux jours pour qu'une grande pièce de jeunes betteraves ait disparu.

Si la betterave n'a encore que deux feuilles, les larves la dévorent com-

(1) Gaillot. *Sur le silphe de la betterave. Bull. St. Agr. de l'Aisne.* 6^e année, 1895, p. 51 et 1896. p. 790. *Bull. suc. et dist.*, 13, 650.

plètement et la récolte est totalement perdue ; il faut réensemencer au plus tôt ; et bien souvent le second semis est anéanti comme le premier, surtout si des vents froids, communs à cette époque, ralentissent la végétation de la jeune plante

Dans bien des cas on est donc obligé de réensemencer deux ou trois fois, et il est facile de comprendre qu'il en résulte une perte considérable de temps et d'argent, sans compter que la récolte est fort compromise par le retard apporté à la végétation et la diminution du poids et de la qualité, qui en est la conséquence forcée.

Cette première génération de silphes n'a cependant pas une bien longue existence : en une quinzaine de jours les insectes sont arrivés à leur taille larvaire définitive ; ils ont alors près de 20 millimètres de longueur et on les voit s'enterrer à une dizaine de centimètres de profondeur. Cette existence relativement courte explique leur appétit vraiment extraordinaire. Ils mangent pour ainsi dire toute la journée, depuis huit ou neuf heures du matin jusqu'au coucher du soleil, se tenant cachés sous les feuilles au moment de la chaleur du jour. Parfois les plantes en sont toutes noires et on peut en recueillir une trentaine sur une seule betterave un peu forte. Il est vrai qu'il y en a un nombre plus considérable encore caché sous les mottes de terre entre les lignes de betteraves.

On a remarqué, dans les champs envahis, une infinité de petites proéminences de terre poudreuse, correspondant aux trous que les larves ont creusés pour subir la nymphose. Si l'on y cherche le silphe, on trouve, soit une larve immobile blanchâtre, soit une nymphe toute blanche, tranchant par sa couleur avec celle du silphe. Bientôt cette nymphe se transforme en insecte parfait : c'est un nouveau bouclier, qui sort de terre une quinzaine de jours après que la larve s'y est enfoncée, et qui va aussi manger des feuilles de betteraves, en petite quantité il est vrai ; mais le cycle recommence :

Nouvelle ponte, nouvelles larves, nouveaux dégâts !

Dans le courant d'une saison on peut parfois observer l'éclosion de 3 ou 4 générations de ces insectes, jusqu'en août, et l'on voit les conséquences d'une pareille puissance prolifique. Quand la betterave est forte, le silphe ne peut plus la faire périr et ses dégâts, bien que réels cependant, n'éveillent pas trop l'attention du cultivateur.

C'est à l'état parfait que le silphe passe l'hiver, s'abritant surtout dans des détritits végétaux : le fumier, les débris de betteraves tels que les feuilles et les collets lui fournissent un refuge. Il en est de même des débris ligneux des porte-graines, qui sont tout aussi exposés aux attaques de cet insecte que les betteraves sucrières.

L'enlèvement de ces détritits est donc un palliatif ; et, à ce point de vue, le ramassage des feuilles et des collets de betteraves par les moutons ou

par d'autres animaux est une pratique recommandable, qui, dans certains pays peu envahis, donne des résultats sérieux.

Mais quand le silphe s'est multiplié d'une façon exagérée dans une contrée, il ne faut pas trop fonder d'espoir sur l'efficacité de cette pratique culturale.

Heureusement certaines conditions météorologiques paraissent enrayer la multiplication du fléau ; on comprend que des pluies, arrivant au moment de l'éclosion ou de la nymphose, amènent la destruction d'un grand nombre de ces insectes.

Les printemps pluvieux leur sont préjudiciables et ils ne commettent des dégâts considérables que pendant les années sèches.

Il nous semble utile de passer en revue les principaux moyens préventifs, préconisés contre cet insecte.

Nous avons dit précédemment ce qu'il faut attendre du ramassage des débris et des collets de betteraves ; dans le même ordre d'idées, il serait indiqué de ne pas fumer trop tôt les terres à betteraves, ce qui est contraire aux principes de la culture de cette plante précieuse : de ce côté donc ne se trouve pas de remède bien efficace, car l'insecte parfait, très agile, saura bien aller chercher son logis d'hiver dans un endroit propice.

Il nous paraît presque puéril de discuter l'influence des engrais de poissons sur le développement du silphe ; comme les autres engrais organiques, ils peuvent abriter l'insecte parfait pendant l'hiver (1).

La nature légère du sol, le mode d'alternance des cultures et surtout le retour fréquent de la betterave dans un pays, jouent certainement un rôle considérable dans ces invasions ; mais c'est là la conséquence des conditions économiques de la culture d'une contrée, que l'on ne peut modifier à volonté.

Les façons culturales peuvent bien aussi détruire une certaine quantité de ces insectes ; mais nous assistons chaque année à la préparation admirable des terres à betteraves, cependant envahies par le silphe ; ce n'est donc encore là qu'un palliatif inefficace dans le cas d'invasions invétérées.

L'époque d'ensemencement joue aussi un rôle ; mais il est forcément insuffisant, puisque toutes les conditions qui permettent de les faire varier exercent aussi leur action sur l'époque d'éclosion de l'insecte.

Les semis serrés sont naturellement à recommander ; mais quand le nombre des silphes est considérable ce moyen est insuffisant.

Dans le même ordre d'idées, il est indiqué de ne démarier les betteraves attaquées, que le plus tardivement possible.

Il est cependant un moyen qui a donné, dans les cas d'invasions modé-

(1) Nous en parlons parce que nombre d'agriculteurs attribuent les invasions des silphes à l'usage des engrais de poissons.

rées, des résultats assez satisfaisants : c'est, quand l'invasion n'est à craindre que de blés succédant à des betteraves sucrières ou porte-graines dans lesquels les silphes ont pu passer l'hiver, de doubler les lignes en bordure de ces champs de blé. Si le nombre des insectes n'est pas trop considérable ils mettent un certain temps pour détruire cette bordure, où ils trouvent une nourriture abondante et, pendant ce temps, la betterave du reste du champ prend de la force et peut résister aux attaques.

Ces moyens préventifs sont insuffisants quand il s'agit d'invasions nombreuses ; il faut alors chercher des moyens défensifs.

Le ramassage et l'écrasement peuvent rendre de réels services, mais ce procédé est inapplicable en grande culture ».

Le roulage et le binage, préconisés par certains auteurs, sont absolument inefficaces.

L'emploi de bandes de zinc, de toiles goudronnées, ou l'établissement de petits fossés, a pu aussi servir à protéger les bordures de blé ; les bordures de zinc sont préférables. D'après Gaillot (*loc. cit.*) on doit les disposer comme suit :

« Les feuilles de zinc, les numéros 8 et 10 de commerce suffisent, sont découpées en bandes de 12 à 15 centimètres de hauteur ; à chaque extrémité elles sont recourbées, à angles très aigus, de façon qu'on puisse facilement les agraffer. Les bandes, posées sur le sol bien uni, sont enfoncées de 3 à 4 centimètres en terre et inclinées de façon qu'elles fassent avec l'horizon un angle de 50 à 60 0/0, dont l'ouverture est dirigée *en dehors* du champ à protéger. Elles sont maintenues en cette position par de petites fiches en fer, recourbées à leur extrémité supérieure, et placées sur la face des bandes de zinc tournées vers le champ de betteraves, ceci afin que les silphes venant du dehors ne puissent grimper le long de ces tiges rugueuses.

On a eu la précaution de replier, au moins à angle droit, toutes les feuilles de zinc, dans le sens de la longueur, sur une largeur de 2 centimètres environ, à la partie supérieure ; cette partie recourbée sera dirigée du côté de la bordure de blé.

On voit ainsi que cette bande, étant placée le long d'un blé de betteraves, les silphes ne pourront la franchir ; d'abord ils auront devant eux une surface lisse en surplomb ; ensuite ils ne pourront faire le tour de la partie recourbée.

Et de fait, les larves n'essayent même pas de franchir la barrière et très peu d'insectes parfaits volent au-dessus. On les voit courir d'un bout à l'autre de la bande et si l'on a eu le soin d'enterrer, *au niveau du sol*, contre la bande de zinc, des cloches de jardinier, par exemple, les insectes y tombent et il est très facile d'en détruire ainsi un nombre considérable.

Il faut compter sur une dépense première de 30 à 40 centimes par mètre courant, pour ces bandes dont la durée est illimitée.

En plaçant les bandes de zinc aussitôt l'ensemencement, on se met à l'abri des invasions de silphes ; mais il est évident qu'elles ne sauraient protéger contre ceux qui naissent dans la place ou qui s'y sont déjà introduits. Le résultat est donc incomplet dans les pays fortement contaminés. »

On a fondé quelque espoir sur les cultures intercalaires de plantes tendres, la laitue par exemple ; mais Gaillot a pu se convaincre que les silphes négligent complètement toute autre nourriture végétale, quand ils ont de la betterave à leur disposition.

Des pièges, constitués par des petits tas de mouton ou par des débris de viande ne lui ont aussi donné que des résultats nuls ou incomplets : toujours les silphes se sont portés de préférence sur la jeune betterave.

D'après Louis Comon (1) les rigoles creusées autour du champ, les barrières en tôle, planches, zinc, verre, etc., les cordons de poix ou de goudron, ceux de chaux vive, sont absolument inefficaces.

Enfin, on a expérimenté la destruction des silphes par voie chimique, au moyen de liquides divers épandus sur les parcelles envahies, au moyen de pulvérisateurs analogues à ceux utilisés dans les vignobles.

Dans cet ordre d'idées, Comon (*loc. cit.*) dit avoir réussi avec une émulsion de 1 litre de sulfure de carbone dans 1 hl. d'eau de savon. Nous avons expérimenté ce procédé qui nous a donné des résultats nuls. Les larves atteintes par la liqueur tombent bien sur le sol, restent immobiles, puis reviennent à la vie dès que le sulfure de carbone s'est volatilisé. Les émulsions de benzine, essence de thérebenthine, pétrole, etc., proposées dans le même but ne nous ont pas mieux réussi.

Fouquier d'Hérouel (2) a conseillé l'emploi de la préparation suivante, à la dose de 1 hl. à l'hectare.

Huile de colza	15 kilos
Savon vert	1 »
Eau	84 »

Il dit avoir obtenu avec elle de très bons résultats.

L'alcool amylique a aussi été préconisé, mais sans que son utilisation se soit généralisée. C'est Dubernard (3) qui a étudié l'action de ce corps ; il utilisa, pour ses expériences, une liqueur composée de :

Alcool amylique	2 litres
Savon noir	2 kilos
Eau	100 litres

(1) Comon. *Le silphe de la bett. dans le Nord. Sucrierie Indigène*, 43, 652, 1894.

(2) *Sucrierie Indigène*, 45, 1895.

(3) *La Betterave*. 1896, p. 275.

D'après Stift on a aussi employé les arrosages avec du jus de tabac, une décoction de feuilles de noyer, une émulsion composée de :

Nitrobenzol	5 gr.
Alcool amylique.	150 gr.
Savon vert	100 gr.

dans 10 ou 20 fois son volume d'eau.

Grosjean, le premier, conseilla d'agir d'une manière toute différente, en déposant sur les feuilles des betteraves, une matière toxique, destinée à tuer les silphes par ingestion et empoisonnement consécutif. Cet expérimentateur recommanda, dans une note présentée en juin 1896 à la Société Nationale d'Agriculture, de répandre sur les jeunes plantes, à l'aide d'un pulvérisateur, un liquide formé de 120 à 140 grammes de vert de Scheele (Arsénite de cuivre) ou de pourpre de Londres en suspension dans 1 hl. d'eau additionnée de 1 kilo de farine. En Allemagne, Hollrung expérimenta un procédé analogue. Ces méthodes possédaient divers inconvénients, dont le premier était, tout en détruisant les silphes, d'attaquer les plantes à protéger.

Enfin, Gaillot (1) en France, Hollrung (2) en Allemagne, parvinrent à résoudre le problème d'une façon complète et pratique ; mais, laissons parler M. Gaillot :

« Après nous être bien pénétrés, par des essais réitérés, dans des cases vitrées d'observation, que le silphe néglige toute autre nourriture, végétale ou animale, quand il a de la betterave à sa disposition, nous nous sommes limité à un seul ordre de recherches dont le principe était : *Déposer sur la feuille de la jeune betterave, servant de support et d'appât, un poison énergique, adhérent, inoffensif pour la plante, peu coûteux, et qui tuera l'insecte venant s'attaquer à ces feuilles.*

De sorte que si le problème était résolu, le dilemme suivant se poserait : Ou l'insecte mangera de la feuille et périra, ou il la négligera ; mais dans un cas, comme dans l'autre, le but serait atteint.

Les poisons végétaux, fabriqués ou résultant d'infusions de plantes, n'ont pas d'action caustique sur les feuilles ; mais ils ne nous ont donné que des résultats négatifs au point de vue toxique sur le silphe.

Nous savions que les Américains se débarrassent du doryphora de la pomme de terre en saupoudrant les feuilles de cette plante, de vert de Scheele ou de pourpre de Londres et que M. Grosjean avait recommandé l'emploi de ces insecticides contre le silphe, mais que les essais effectués dans le Pas-de-Calais en 1888 avaient échoué.

(1) *Bulletin de la Stat. Agr. de l'Aisne*, 1895 et 1896.

(2) Voir : Stift. *Les ennemis de la Betterave*, p. 17.

Il ne fallait d'ailleurs pas perdre de vue que la jeune betterave, si délicate, au moment de sa levée, où elle est le plus sensible aux attaques du silphe, est bien loin de présenter la résistance aux poisons, des tiges ligneuses de la pomme de terre.

Guidés tout d'abord par la question de prix de revient du traitement à trouver, nous nous sommes arrêtés à l'arsenic, poison énergique, bon marché et dont le cultivateur connaît un peu le maniement, puisqu'il l'applique encore de temps à autre contre les campagnols ou souris des champs.

Nos essais ont été conduits de la façon suivante :

Avec une solution saturée d'acide arsénieux, nous avons arrosé des jeunes betteraves dans une case vitrée renfermant des silphes : le lendemain, les plantes étaient mortes ; mais des insectes, qui avaient mangé de leurs feuilles, étaient aussi tués : l'arsenic est donc un poison pour les silphes, mais il est aussi dangereux pour les plantes ; cette action de l'arsenic sur les végétaux a été constatée il y a déjà longtemps, par Nobbe, et M. Lyttkens, en Suède, a confirmé ses conclusions plus récemment.

L'introduction de fortes doses d'arsenic dans le sol serait donc nuisible aux cultures ; mais les quantités employées dans un traitement insecticide n'étant en somme que minimales, il n'y a aucun danger de ce côté ; c'est d'ailleurs, ce dont nous nous sommes assuré de la façon la plus certaine dans nos cases d'essais.

L'acide arsénieux étant peu soluble, nous l'avons mis en dissolution au moyen d'alcalis ; mais, afin d'éviter le maniement des alcalis caustiques, nous nous sommes arrêté au carbonate de soude sec ou sel de soude des épiciers.

Des poids égaux d'acide arsénieux et de sel de soude se dissolvent à l'ébullition dans une assez faible quantité d'eau.

Cette liqueur d'arsénite de soude nous a exactement donné les mêmes résultats que la solution d'acide arsénieux ; pure ou étendue dans de l'eau de savon, elle tue bien les silphes qui l'absorbent, mais tue en même temps la jeune betterave.

Nous attribuons ce fait à l'état de solubilité du composé arsenical ; c'est pourquoi nous avons voulu engager l'arsenic en une combinaison insoluble. Le sulfate de cuivre, précipitant l'acide arsénieux à l'état d'arsénite de cuivre, et ajoutant son action toxique à celle de l'arsenic était tout indiqué.

Les betteraves arrosées avec de l'eau pure ou savonneuse, tenant en suspension cet arsénite de cuivre ou des verts de Scheele ou de Schweinfürth du commerce périssaient bientôt ou étaient profondément altérées ; nous estimons même que les composés cupro-arsénieux du commerce ne

sauraient convenir, étant dans un état de division bien moindre que le précipité obtenu directement, en solutions très étendues : leur emploi serait d'ailleurs plus coûteux

Cette absorption par la plante de l'arsenic à l'état insoluble nous intriguait fortement ; mais l'observation des lésions produites nous mit sur la voie ; quand de très jeunes betteraves ont été pulvérisées avec les bouillies précédentes, on ne remarque rien d'anormal pendant un jour ou deux, surtout si le soleil ne donne pas, et les silphes qui mangent leurs feuilles sont perdus. Mais, au bout de ce temps, on voit les plantes tomber sur le côté ; et, examinant la jeune tige, on la voit gangrénée, presque coupée au niveau du sol ; les faisceaux fibro-vasculaires du centre retiennent seuls les feuilles à la racine.

De tels sujets, abandonnés à eux-mêmes, ne périssent pas toujours ; mais, s'ils résistent, ils ne donnent qu'une betterave déformée et rabougrie.

L'acide carbonique de l'air et du sol pouvait seul ici mettre en liberté de l'acide arsénieux, qui corrodait la jeune plante ; et c'est ce que l'expérience directe nous a démontré.

Il était donc de toute nécessité, en poursuivant cet ordre d'idées, de neutraliser l'effet du gaz carbonique, et la chaux nous en donnait le moyen pratique.

Ajoutant donc de la chaux aux liquides précédents, nous avons obtenu une bouillie tuant sûrement le silphe qui en ingère quelque parcelle et n'exerçant plus aucune action corrosive sur la jeune betterave, à quelque dose qu'on l'emploie. Nous avons pu couvrir le sol de cette bouillie, sur de la betterave sortant à peine de terre : aucune tige n'a été brûlée et la betterave a continué à lever.

L'addition d'un peu de mélasse, qui forme du sucrate de chaux, que le gaz carbonique de l'air et des feuilles décompose, favorise l'adhérence de la poudre arsenicale que le liquide tient en suspension.

Après plusieurs semaines d'exposition à la pluie, des feuilles étaient encore recouvertes de la poudre mortelle.

Les silphes s'éloignent généralement des jeunes betteraves traitées par cette bouillie, mais ils ne les dédaignent cependant pas absolument.

Ils n'en mangent plus que peu, bien que nous en ayons vus fréquemment ramasser le poison sur le sol.

Quelque temps après l'ingestion de la drogue, on les voit inquiets, ils courent dans un sens, s'arrêtent, changent de direction : en un mot, on peut croire qu'ils ont des coliques, comme les animaux supérieurs qui ont absorbé de l'arsenic.

On ne tarde pas, d'ailleurs, à s'apercevoir que le poison détermine chez eux des désordres intestinaux et au bout de quelques heures ils sont litté-

ralement vidés et considérablement rapetissés. Leur corps est animé d'un tremblement particulier, très visible par les antennes ; ils éprouvent des convulsions, puis ils tombent dans le coma et meurent.

En somme, l'arsenic est un poison terrible pour ces insectes ; que la mort survienne après quelques heures ou le lendemain seulement, le poison absorbé ne leur pardonne pas.

Le lendemain d'un traitement effectué avec cette bouillie, nous avons pu, dans un champ fortement attaqué, ramasser 130 ailphes morts sur un seul mètre carré de surface ; on n'en voyait plus que quelques-uns sur les betteraves, et le même sort les attendait sûrement, puisque le besoin impérieux de manger les exposait constamment à prendre le germe de la mort.

Le problème posé nous paraît donc résolu ; la jeune betterave ne sert que de support et d'appât pour un poison énergétique, adhérent, inoffensif pour la plante et qui tuera tous les insectes venant s'y attaquer.

Après des essais nombreux nous nous sommes arrêté à la formule suivante :

1° Faire dissoudre dans un litre d'eau, à l'ébullition :

Acide arsénieux (arsenic blanc en poudre) 100 grammes ;

Carbonate de soude sec (sel de soude) 100 grammes.

2° Faire dissoudre dans quelques litres d'eau bouillante :

Sulfate de cuivre du commerce 1 kilogramme ;

3° Mettre en lait un kilogramme de chaux vive de bonne qualité et passer à travers un tamis fin.

4° Peser 2 kilos de mélasse.

Dans un vase en bois, un vieux tonneau par exemple, ou un récipient en tôle goudronné à l'intérieur, verser 90 litres d'eau environ, et y ajouter le 1^{er} liquide ; puis, en agitant constamment, verser la solution de sulfate de cuivre ; il se produit un précipité vert, extrêmement ténu, d'arsenite de cuivre.

Toujours en agitant, verser alors le lait de chaux, puis la mélasse. On obtient ainsi un hectolitre d'une bouillie bleu-verdâtre, qui ne laisse déposer que fort lentement un précipité dans lequel l'arsenic est uniformément réparti et que surnage un liquide verdâtre. Cet hectolitre revient à environ 80 centimes.

La quantité à employer à l'hectare dépend de la force des betteraves à traiter, mais on peut se baser sur une quantité moyenne de 3 à 5 hectolitres : soit une dépense de 2 fr. 50 à 4 francs par hectare.

L'emploi de cette bouillie arsenicale doit se faire avec un pulvérisateur ; en raison de son alcalinité elle peut être conservée dans des vases métalliques, en fer par exemple.

Les pulvérisateurs à dos d'homme ne nous paraissent guère d'un

usage pratique pour le traitement des betteraves ; tout au plus pourraient-ils rendre quelques services dans la petite culture.

Mais l'emploi des pulvérisateurs à traction, qui permettent d'arroser simultanément autant de lignes de betteraves qu'on le désire, remplissent parfaitement le but et les essais auxquels nous avons assisté avec ces instruments ont donné pleine satisfaction ; on arrive facilement à traiter entièrement 6 hectares par jour, avec un instrument conduit par un cheval prenant six routes de betteraves à la fois.

Les pulvérisateurs doivent, pour cette application, remplir les conditions suivantes :

1° Être d'une capacité d'environ 300 à 400 litres ; d'une construction simple et robuste ; être munis d'un tamis très fin pour éviter le passage de grumeaux de chaux, qui engorgeraient les orifices d'échappement ;

2° L'écartement des routes doit pouvoir être modifié à volonté suivant les espacements des lignes ;

3° Ils doivent être munis d'agitateurs automatiques ;

4° Le nombre et l'écartement des jets doivent être variables à volonté, de façon qu'on puisse les mettre en rapport avec l'écartement des lignes de semoirs ;

5° La hauteur des jets doit pouvoir se régler à volonté ; pour le traitement il est nécessaire que les orifices d'échappement soient à 10 ou 12 centimètres de la ligne environ ; le liquide devant être simplement distribué sur les jeunes betteraves, sans arroser notablement les interlignes ;

6° Il nous paraît indispensable que la direction de l'appareil soit donnée de l'arrière, tout comme celle d'un semoir ou d'une bineuse ; l'homme conduisant le cheval au cordeau et manœuvrant soit un levier, soit des mancherons qui servent à diriger les jets sur les lignes de betteraves seulement.

Il nous reste à voir comment on peut utiliser ce procédé dans la grande pratique agricole.

Nous estimons d'abord que, quand l'exploitation se trouve à proximité d'une fabrique de sucre, le mieux est que le liquide soit préparé d'avance à l'usine, dans de grands bacs en tôle goudronnés, puis transporté dans les champs au moyen de tonneaux en bois ou en tôle, semblables à ceux employés pour les purins.

Il est évidemment indispensable d'agiter le liquide des bacs avant de remplir les tonneaux.

Quand l'exploitation est éloignée de la sucrerie, celle-ci peut cependant se charger de la préparation du liquide arsenical ; le chimiste de l'usine, habitué au maniement des toxiques, pourrait se charger de cette opération.

Elle se fera dans un chaudron quelconque et, en amenant le liquide à un volume correspondant à 100 grammes d'acide arsénieux par litre ;

en colorant avec un peu de phtaléine ou d'une autre couleur dérivée de la houille, on aura un liquide qui appellera l'attention par sa couleur, dont la conservation est illimitée et qui, à la dose de 1 litre, servira à la préparation de 1 hectolitre de bouillie.

Dans un bac ou un récipient quelconque, la préparation se terminera, soit à la ferme même, soit aux champs, suivant les circonstances.

Le maniement de ces composés arsenicaux exige évidemment quelque prudence. Il faut que les ouvriers se lavent bien les mains avant de manger, après s'en être servi ; il faut aussi leur recommander d'éviter d'en salir leurs vêtements, le mieux est qu'ils les protègent avec de la toile à sac qu'il suffit ensuite de laver pour éviter tout danger.

Il faut aussi leur recommander d'éviter l'inhalation des poussières arsénicales, qu'elles proviennent des drogues mises en œuvre ou de leurs habits. »

Depuis sa divulgation, ce procédé a fait ses preuves dans la grande pratique, il est commode, peu coûteux, absolument efficace ; de plus il est applicable dans d'autres cas qu'aux sylphes, ce qui explique que nous ayons donné tant de détails.

229. Atomaire linéaire. *Atomaria linearis*. — Sa taille ne dépasse guère, en moyenne, 1 mm. ; son corps est ovale, allongé, un peu bombé, jaune ou brun clair, couvert de poils courts, ponctués ; les élytres présentent des ponctuations très fines ; le corselet, ponctué de la même manière, est carré avec les angles postérieurs tronqués. Les larves sont d'un brun rouillé.

Les premiers stades du développement et les diverses phases de la vie de cet insecte sont peu connues ; tout ce qu'on sait, c'est qu'à l'état larvaire, de même qu'à l'état d'insecte parfait, il constitue l'un des ennemis les plus redoutables de la betterave.

L'*Atomaria* est connu depuis longtemps en Autriche-Hongrie, puisque Eisbein l'a trouvé dès 1857, sur la propriété de Saint-Mikla's. Il se montre dès que les graines de betteraves germent, attaque les jeunes plantes à la tige, juste au-dessous de la surface du sol et détruit les parties souterraines. Il peut arriver que les champs soient complètement envahis et dans ce cas il est nécessaire de faire un second et même un troisième semis.

Par les temps chauds l'insecte se porte aussi sur les feuilles qu'il ronge complètement ; les dégâts se font souvent sentir jusque dans le courant de juin.

Il est probable que l'insecte parfait hiverne là où il est né ; pour se prémunir contre les dégâts qu'il peut causer il y a donc lieu d'appliquer le principe de l'alternance des cultures et ce serait une grosse faute de faire betteraves sur betteraves où il a été signalé.

CHARANÇONS (*Curculionidæ*).

230. *Cleonus punctiventris*. — Cet insecte a 15 mm. de long ; son corps noir porte des poils assez serrés et de petites écailles rondes, blanches ou gris-brunâtre. Les parties inférieures et les pattes sont gris-clair, avec des taches et des points noirs répandus sur le ventre, les cuisses, la partie inférieure des élytres et sur le corselet.

Sur ce corselet existent des saillies noirâtres et deux bandes latérales de même couleur. Les élytres sont plus brunes, tachetées en leur milieu ; le rostre est un peu élargi à son extrémité.

231. *Cleonus sulcirostris*. — Il est un peu plus étroit que le précédent et s'en distingue en outre par la disposition du fouet antennaire et des tarsi élargis, à semelle écailleuse. Le rostre est épais, à arêtes saillantes, avec trois sillons profonds qui le suivent dans toute sa longueur ; ses dimensions sont de 15 à 20 mm. sur 5 mm.

232. *Cleonus ucrainiensis*. Cet insecte est, jusqu'à maintenant, resté cantonné en Russie où il exerce quelques ravages dans les champs de betteraves.

Jusqu'en ces derniers temps, on ne connaissait que peu de chose de l'existence de ces charançons ; les observations de Rovara sont venues, récemment, apporter quelque lumière sur le sujet.

L'insecte parfait, qu'il s'agisse du *Cleonus punctiventris* ou du *sulcirostris*, hiverne dans les champs de betteraves, reparait au printemps et recherche les semis nouvellement levés qu'il peut détruire entièrement en un temps relativement court.

Il montre une prédilection marquée pour les betteraves jeunes, tandis qu'il ne mange que les parties les plus tendres des plantes bien développées, dédaignant les côtes et les feuilles du cœur. Son repas dure de dix heures du matin à quatre heures de l'après-midi et il faut profiter dans cet intervalle du seul moyen connu de le détruire : le ramassage à la main. Deux ou trois semaines après leur apparition, les *Cleonus* commencent à s'accoupler et vers fin mai les femelles fécondées creusent avec leur rostre, de cinq à treize petits trous dans le sol, dans chacun desquels elles pondent un œuf de la grosseur d'une tête d'épingle. Les ravages de ces coléoptères cessent à la mi-juin, époque à laquelle ils s'enfoncent en terre pour y mourir ; mais, les larves qui sortent des œufs poursuivent l'œuvre de destruction de leurs parents en s'attaquant aux racines.

La nymphose s'effectue en automne et les insectes, pour hiverner, s'enfoncent dans le sol à une profondeur suffisante pour éviter les atteintes de la gelée.

La véritable patrie des Cléonus est la Russie ; ils y sont bien connus depuis longtemps, comme ennemis de la betterave ; de là ils se sont répandus en Autriche, en Hongrie, et plus tard en Allemagne. Hollrung a signalé comme nouveau en Thuringe, en 1894, le *Cleonus sulcirostris*.

Les dégâts dus à l'extrême voracité de ces insectes sont tels qu'il est indispensable, d'après Stift, de faire preuve de la plus grande énergie dans la lutte contre ses invasions. Il paraît qu'en 1895, la seule sucrerie de Dioszegh, a pu ramasser sur ses domaines le chiffre colossal de 270 hectolitres de ces coléoptères. Pour détruire les cleonus, on s'efforce actuellement en Russie d'en infester les larves au moyen d'un champignon, la *muscardine*, qui comprend plusieurs variétés : l'*Isaria destrutix*, le *Botrytis tenella*, l'*Oospora destrutix* et le *Sporotrichum globuliferum*. Les études auxquelles se sont livrés J. Danysz et K. Wiese n'ont pas encore donné sur cette méthode de résultats définitifs (1).

Les procédés chimiques n'ont pas jusqu'ici donné de bons résultats ; ni les arrosages avec l'eau d'usine à gaz, le carbolinicum, la créoline, l'acide chlorhydrique faible, ni ceux avec le jus de tabac, etc., n'ont été efficaces. Moràvek (2) a recommandé comme excellentes les pulvérisations de chlorure de baryum en solution dans l'eau à la dose de 2 à 4.5 0/0, suivant l'âge et le développement des betteraves. Rovara préconise le vert de Schweinfurth (acéto-arsénite de cuivre) déjà employé avec succès par Hollrung à propos de la destruction des silphes ; il est évident d'ailleurs que les moyens employés pour détruire ces derniers doivent réussir avec les cleonus ; le procédé indiqué par Gaillot, par exemple, est tout indiqué.

233. Otioryncus raucus. — Le corps de l'*Otioryncus raucus* est épais, couvert d'une pubescence épaisse, jaunâtre. Les antennes et les pattes sont brun foncé. La face inférieure, la tête et le corselet sont parsemés de squamules. Le corselet est fortement incliné vers l'avant, à partir de son milieu. Le rostre est court ; il présente des ponctuations arrondies et une courte ligne médiane un peu saillante. Les dimensions sont de 8 mm. sur 3 mm. 75.

Cet insecte commence son œuvre de destruction dès avril ou mai. La façon dont vit la larve n'est pas encore bien connue.

234. Otiorynque de la livèche. Otioryncus ligustici. — Hollrung a constaté, en 1894, sur la betterave à sucre et les porte-graines, dans plusieurs contrées de l'Allemagne, une invasion menaçante de cet insecte.

(1) J. Danysz et K. Wiese. *Verein Dtsch. Zuckerind.*, liv. 549, octobre 1904, p. 879.

(2) *Oesterreich. Landwirthsch. Wochenblatt*, 1897, n° 28.

Le corselet de l'*Otiorhynchus ligustici* est fort, très bombé ; l'abdomen, de couleur testacée comme le corselet, se termine en pointe. Les élytres, finement chagrinées, ont une teinte terreuse passant au cuivre. La longueur totale de l'insecte, pattes allongées, est de 17 à 19 mm. ; le corps seul mesure 11 à 13 mm. du bout du rostre à la pointe terminale des élytres.

En France, les Otiorhynques se remarquent parfois en nombre prodigieux, surtout lorsque l'année est sèche. On peut les détruire de la même façon que les silphes.

235. *Tanymecus palliatus*. — Cet insecte vit d'ordinaire sur l'ortie et le chardon ; il est répandu dans toute l'Europe. On l'a rencontré isolément sur la betterave, mais on est peu fixé sur les dégâts qu'il peut lui infliger. Il est allongé, noir, recouvert d'écaillés rondes gris-blanchâtres sur les côtés et la face inférieure du corps, gris-brunâtre à la face supérieure. Sa taille est de 10 mm. environ.

Les observations font défaut quant à la façon de le détruire.

CHRYSOMÉLIDES.

236. Galerouque de la tanaïsie. *Adimonia tanacetii*. — L'*Adimonia tanacetii* est noir brillant ; les élytres en sont parfois brunes ; sa face dorsale est grossièrement et profondément ponctuée, sa taille varie entre 9 et 13 mm. sur 5 mm. La larve, munie de six pattes, est noire sur la face dorsale et d'un vert sale sur la face ventrale ; le dos est parcouru par deux rangées de verrues d'un noir brillant et de grosseur inégale ; l'abdomen est également couvert de petites verrues. L'insecte parfait et ses larves dévorent, en mai et juin, les feuilles de betteraves. On n'en a point encore observé d'invasion en masses ; cependant, en 1894, Gaillot (1) a constaté que l'*Adimonia tanacetii* avait causé quelques dégâts dans certaines régions de la Champagne.

Pour le détruire, en cas d'invasion de quelque importance, on pourra mettre en œuvre le procédé indiqué pour le silphe.

237. Altise des bois. *Haltica nemorum*. — Les altises ont la faculté de sauter comme des puces. L'*Haltica nemorum*, à l'état d'insecte parfait a environ 3 mm. de long sur 1 mm. de large ; elle est noire, à reflet verdâtre, facilement reconnaissable à la bande longitudinale jaune qui parcourt chaque élytre. Les antennes, moniliformes, sont jaunes à la base ; il en est de même des pattes, à partir du tibia.

(1) *Bull. Stat. Agr. de l'Aisne*, 1894, p. 55.

La larve a 3 mm. de long ; elle est blanc-jaunâtre et son dernier segment porte une petite carapace brune cornée.

L'insecte parfait hiverne dans tous les trous possibles et apparaît de bonne heure au printemps. La femelle fécondée, dépose ses œufs à la partie inférieure des feuilles. Au bout de dix à douze jours les larves en sortent et s'enfoncent aussitôt dans le parenchyme du limbe où elles creusent des galeries allongées, étroites, presque diaphanes. Quatorze jours après, les larves s'enfoncent dans le sol et quatorze jours encore plus tard apparaissent les insectes parfaits.

Cette altise s'attaque à diverses crucifères et, d'une façon particulière, aux jeunes semis de betteraves. Quand il pleut et que la végétation s'active, l'insecte se cache dans la terre ; mais dans le cas, au contraire, où la pluie fait défaut, des champs entiers peuvent être dévastés. Les feuilles attaquées, privées de leur parenchyme, apparaissent alors complètement blanches.

238. Altise potagère. *Haltica oleracea*. — Elle a 4 à 5 mm. de long ; sa forme est ovale très allongée ; sa coloration est d'un vert bleu brillant. La face dorsale est couverte de ponctuations fines et serrées. Le corselet est plus étroit que les élytres ; il présente, près de son bord postérieur, une dépression transversale.

Les dégâts causés par cette espèce sont les mêmes que ceux dus à l'altise précédente.

239. Altise du colza. *Haltica* ou *Psylliodes chrysocephala*. — Son corps est elliptique et bombé, bleu noir ; les élytres portent des stries ponctuées très nettes. La tête entière ou seulement sa moitié antérieure, la naissance des antennes et les pattes sont d'un brun rougeâtre. Cette altise ne s'attaque à la betterave qu'en l'absence de sa plante de prédilection.

240. Plectroscelis tibialis. — Cet insecte n'a encore été signalé que dans le midi de la France où il a commis de grands dégâts dans les champs de betteraves ; il est très petit et ne mesure pas plus de 1 mm. 5 à 2 mm. Sa façon de vivre est exactement la même que celle des altises. En 1893, sur plusieurs points du département du Gard, le premier et le second semis ont été complètement anéantis par le *Plectroscelis tibialis*.

Les altises, connues vulgairement sous les noms de puces de terre, pucettes, etc., sont des ennemis très à redouter pour la betterave ; pour éviter leurs dégâts, il convient d'activer par tous les moyens possibles la végétation des jeunes plantes, afin de leur donner de la vigueur. Il faut donc fumer abondamment et faire usage du nitrate de soude. Les façons culturales, binages, roulages, etc., plusieurs fois répétées sont à conseiller.

On a aussi proposé les arrosages avec divers liquides tels que l'eau d'absinthe, la décoction de tabac, la bouillie bordelaise, etc.

241. Casside nébuleuse. *Cassida nebulosa*. — La casside nébuleuse, comme sa proche parente la casside oblongue, dont quelques individus ont été observés en Bohême, appartient également à la famille des Chrysomélides. Sa forme est celle d'un ovale allongé ; l'expansion latérale du corselet et des élytres lui donne l'aspect d'un minuscule bouclier. Sa couleur est le brun rouge ; les élytres, d'un rouge cuivreux pâle, sont parsemées de petites taches noires ; chez les individus jeunes, il existe, sur le corselet, des taches d'un vert pâle. Ce corselet recouvre et cache complètement la tête et les pattes. Celles-ci sont jaune-rougeâtre ; la poitrine et le ventre sont noirs avec une bordure de même couleur que les pattes. La longueur totale de l'insecte est de 5 à 9 mm. ; sa largeur atteint 3 à 5 mm.

La larve est très plate, d'un vert clair, avec deux raies longitudinales pâles. Les soies caudales sont généralement relevées sur le dos et couvrent d'excréments qui forment à l'insecte une sorte de bouclier destiné à le protéger contre les intempéries. La longueur de cette larve est de 8 mm. 5, sa largeur de 4 mm.

Les cassides se montrent assez tard au printemps ; elles s'accouplent et les femelles fécondées déposent sur la face supérieure des feuilles un grand nombre d'œufs. Ceux-ci éclosent au bout d'un temps assez court et donnent naissance à des larves paresseuses qui ne laissent subsister que les nervures des limbes sur lesquels elles vivent.

La casside, aussi bien à l'état d'insecte parfait qu'à l'état larvaire, est beaucoup plus nuisible que les altises. Ses aliments de choix sont l'arroche étalée (*Atriplex patula* L) et les chénopodes, surtout le chénopode blanc (*Chenopodium album* L) ; il faut donc, pour restreindre les dégâts causés par la casside, éloigner le plus possible ces plantes adventives, des champs de betteraves. Parmi les autres moyens de destruction, il convient de signaler le ramassage à la main, l'emploi de l'infusion d'absinthe, des bouillies arsénicales, des bouillies cuivriques, etc., et les épandages de plâtre en fine poussière qui ont donné de bons résultats à Dœring.

HYMÉNOPTÈRES.

242. Tenthrède des feuilles de raves. *Athalia spinarum*. — La taille de cet hyménoptère est de 7 mm. ; ses antennes ont 10 à 11 articles ; sa coloration est généralement noire ; la face inférieure du thorax, le bord antérieur de sa face supérieure, l'écusson, l'abdomen et les pattes sont de couleur jaune. La larve de ce *tenthrévide* est munie de 22 pattes ;

elle est vert grisâtre, avec trois lignes longitudinales noires sur le dos ; elle mue cinq ou six fois et atteint une taille de 15 mm. La nymphe est blanc sale ; ses formes laissent déjà deviner celles de l'insecte parfait ; au bout de quatorze jours au plus celui-ci apparaît.

Ce sont les larves de cette guêpe qui sont surtout dangereuses. Elles sont très voraces et lorsque leur invasion est importante, les nervures même des feuilles sont dévorées. Les dégâts commencent en mai et se prolongent jusqu'en août.

Pour les détruire il y a lieu de pratiquer le ramassage ; un labour en automne permet aussi de ramener beaucoup de larves à la surface, où elles périssent par suite du froid si la saison est dure, ou bien sont la proie des oiseaux.

LÉPIDOPTÈRES.

243. Pieris. — Il en existe plusieurs qui se montrent à l'état isolé, de-ci, de-là, comme ennemis de la betterave ; ce sont : le *Pieris brassicae*, le *Pieris rapæ*, le *Pieris napi*, etc. Les papillons en sont blancs ; leurs chenilles sont fort connues. Les espèces suivantes sont beaucoup plus dangereuses et, à diverses reprises, ont causé des dégâts importants.

244. Noctuelle potagère. *Mamestra oleracea*. — C'est un papillon nocturne de couleur sombre ; le corps est large ; son extrémité abdominale est quelque peu effilée ; sa taille atteint 17 à 18 mm. ; il mesure 36 mm. d'envergure. Les ailes antérieures ont une coloration brun de rouille foncé, semée d'une pubescence blanche vers la lisière ; elles présentent une tache médiane ronde cerclée de blanc et une tache réniforme jaune orange. La ligne sinuée, blanche, dessine un W très accentué dont les pointes atteignent la base des franges ; celles-ci sont fortement ondulées. Les ailes postérieures sont jaune d'or ou blanc rougeâtre, plus sombres vers les bords.

Cette noctuelle apparaît en mai et en août ; elle dépose ses œufs en petits tas de 20 à 30 sur divers végétaux : chou, laitue, asperge, betterave, etc. La larve, munie de seize pattes, est d'abord d'un vert frais avec beaucoup de points blancs mêlés de points noirs disséminés sans ordre. Au-dessous des stigmates règne une ligne latérale claire. La tête est d'un brun corné. Plus tard la coloration verte du corps devient jaune-rougeâtre.

La noctuelle potagère ne cause pas de grands dégâts dans les betteraves ; elle a cependant été signalée en divers points de l'Autriche et du Wurtemberg.

245. Noctuelle des moissons. *Agrotis segetum*. — Cette autre noctuelle a 19 mm. de long et 42 mm. d'envergure. La tête et la face dorsale sont d'un gris cendré, assez souvent aussi d'un brun jaune. Les ailes antérieures sont aussi brun jaune; les postérieures sont blanches chez le mâle, enfumées chez la femelle. Celle-ci dépose ses œufs sur les plantes basses; 12 à 14 jours après la ponte, les jeunes chenilles surviennent et peuvent compter parmi les plus dangereux ennemis de la betterave. On les appelle communément *vers gris*. Cette larve possède seize pattes; elle est d'abord gris foncé, mais, après quelques mues, elle devient d'un gris jaune terreux. Lorsqu'elle a toute sa taille elle est longue de 3 centimètres et est de la grosseur d'une plume d'oie. Elle reste, le jour, cachée dans le sol, sous les pierres, ou bien, à fleur de terre, accolée à la betterave et enroulée sur elle-même. Pendant la soirée et durant la nuit elle ronge le collet des racines, mange les jeunes feuilles tendres, laissant de côté celles qui sont plus grandes et plus vieilles. Au bout de 2 ou 3 nuits, celles-ci ne tiennent plus à la betterave et le moindre vent les fait tomber. Un champ de la plus belle apparence peut être anéanti en quelques jours.

Le meilleur procédé de destruction de ces noctuelles consiste, d'après Stift, dans la recherche du ver gris, concurremment avec celle du ver blanc, derrière la charrue. Decaux a constaté qu'il était possible d'écarter ces deux sortes de larves en enfouissant, là où l'on craint leur présence, des chiffons imbibés d'huile minérale. D'après les recherches d'Otto, ce procédé ne produirait aucun effet.

Laboulbène a préconisé d'arroser les feuilles de la betterave avec l'extract aqueux du pied d'alouette.

Parmi les insecticides chimiques, citons celui de Papasogli; c'est un mélange de 900 parties d'eau, 50 parties de nitrobenzol et 50 parties d'acide sulfurique; on répand le liquide au pied des plantes attaquées.

Il existe encore d'autres noctuelles qui sont nuisibles aux betteraves; ce sont: l'*Agrotis exclamationis* qui apparaît en mai, juin et juillet, alors que l'*Agrotis segetum* se montre en juin, juillet, septembre et même octobre; l'*Agrotis Præta* qui vit en mai, juillet, août et octobre, etc.

Citons aussi la *Calocampa exoleta*, la *Brotolomia meticulosa*, la *Spilosoma lubricipeda* et la *Mamestra brassicæ* dont les larves causent des dégâts analogues à ceux du ver gris, mais qui apparaissent rarement en aussi grande quantité que ce dernier.

Afin de prévenir la propagation des larves ou chenilles de ces divers papillons on a recommandé de faire la chasse à ces derniers. Dans ce but, on dispose dans les champs, par les nuits calmes, chaudes et un peu orageuses, des tonneaux dont on a enlevé un des fonds. On enduit les parois intérieures de mélasse et on dispose une lampe ou une lanterne à

hauteur convenable. Tous les lépidoptères nocturnes, attirés par la lumière, se précipitent dans le tonneau, y voltigent et viennent forcément s'accoler contre les parois visqueuses du récipient. Au sujet des divers modes de destruction du ver gris qui ont été préconisés, nous conseillons à nos lecteurs de consulter l'excellent article de J. Fallou (1) trop long pour être résumé ici, et celui de Paul Noël (2), ils y trouveront des enseignements précieux.

245. Noctuelle gamma. *Plusia gamma*. — Les ailes antérieures du papillon possèdent un aspect métallique brillant ; elles sont marbrées de brun et portent en outre un dessin argenté et brillant figurant le γ grec. La longueur de l'insecte est de 21 mm., son envergure est de 42 mm. Les ailes postérieures sont d'un brun clair vers la base, avec le bord plus sombre et des franges blanchâtres. Le thorax porte une huppe.

C'est un papillon diurne ; on le rencontre depuis le printemps jusqu'à l'automne, mais il est surtout abondant en Juin. La femelle pond ses œufs sur la face inférieure de diverses plantes ; au bout de 14 jours, il en sort des chenilles vertes à douze pattes, portant sur le dos six lignes fines, blanchâtres ou jaunâtres ; les stigmates sont vert noirâtre. Au bout de 3 semaines, cette chenille atteint 3 cm. de longueur ; elle s'enferme alors dans un cocon blanc, transparent, collé à une feuille ou à une tige et y subit la nymphose. L'hibernation se fait à l'état de chenille, et même, ce qui est assez remarquable, à un stade quelconque de la croissance ; Taschenberg a constaté l'hibernation du papillon.

Les chenilles du *Plusia Gamma* sont aussi fréquentes et aussi dangereuses que celles des *Agrotis* ; elles s'attaquent aux feuilles de la betterave dont elles ne laissent que les nervures.

Pour les détruire, Dehoff a construit un appareil simple et commode, formé d'une sorte de rigole en bois dans laquelle un balai fait tomber les chenilles qui sont sur les feuilles. Cette machine est traînée par une bête de trait, ou un homme.

Un autre procédé de destruction consiste à creuser, de place en place, dans le champ, des trous d'environ 30 cm. de profondeur, dans lesquels on met du goudron liquide. Les chenilles qui voyagent tombent dans ces trous et y périssent.

Døring a employé, avec succès, le plâtre ordinaire, en poudre, épandu sur les feuilles de betteraves.

(1) J. Fallou. *Notice sur les vers gris en général. Sucrierie indigène*, 1895, p. 594.

(2) Paul Noël. *Nouveau réflecteur pour la chasse aux insectes nocturnes. Bull. de la Soc. des amis des Sc. Natur. de Rouen*. 1893. 1^{er} semestre. Voyez aussi : Gaillot. *Sur le ver gris. La betterave*. 3, 25, 1893.

246. Noctuelle de l'herbe aux puces. *Mamestra persicariæ*. — Ce papillon est assez commun et, de temps à autre, sa larve cause à la betterave des dommages assez sensibles.

Les ailes antérieures de l'insecte parfait sont noires, avec une tache réniforme blanche à noyau foncé. Les ailes postérieures sont jaune gris avec lisières et nervures noirâtres ; sa taille est de 49 mm. et l'envergure de 44 mm.

La chenille a 16 pattes ; elle est vert mousse, parfois brunâtre ; sur le dos, règne une ligne claire bordée d'une teinte sombre.

Comme moyen de destruction, on recommande le ramassage de ces chenilles.

DIPTÈRES.

247. Mouche de la betterave. — Sous le nom de *mouche de la betterave* on trouve décrits dans la littérature agricole, trois insectes dont les mœurs sont tout à fait semblables, les caractères de reproduction presque identiques et dont les larves sont désignées sous le nom général de *mineuses* ; on trouve pour l'appellation de ces mouches les trois noms suivants : *Anthomya conformis* ; *Pegomya hyosциani* ; *Hylemia coarctata*. Certains auteurs, Gaillot entre autres (1), n'hésitent pas à les considérer comme représentant le même insecte. Pourtant dans les descriptions, on trouve entre les deux premiers certaines différences que nous ferons ressortir dans la suite.

L'*anthomya conformis* est assez semblable à la mouche commune des appartements ; le mâle est allongé ; son corps est cylindrique, gris jaunâtre, avec une ligne dorsale bien marquée. Il n'y a pas d'épine marginale aux ailes et la nervure transversale est presque noire. Sa taille est de 5 à 6 mm. et son envergure de 9 à 10 mm. Le corps de la femelle est ovale, couleur gris plombé.

Vivien (2) décrit comme suit la pégomie : Les pégomies sont caractérisées par un front étroit (chez les mâles), des antennes à style stomenteux ou un peu velu ; l'abdomen est ordinairement cylindrique, les ailes allongées et les ailerons très petits..... La couleur générale est gris cendré ; l'abdomen est d'un gris rougeâtre avec une ligne de taches noires peu marquées ; les pattes sont rougeâtres et les tarsi noirs. Les ailes sont transparentes et dépassent l'abdomen.

La larve de l'*anthomya conformis* est acéphale, blanc sale, à onze articles cylindriques, atténuée en avant et en arrière. Lorsque son développement est complet, environ dix jours après l'éclosion, elle s'enfonce

(1) *Bl. Stat. agronom. de l'Aisne*, 11, p. 57, 1900.

(2) A. Vivien. *Traité complet de la fabrication du sucre*, p. 318, 1876.

en terre pour s'y transformer en poupe d'où la mouche sort après dix jours également ; c'est à l'état de poupe que l'insecte hiverne ; il sort dans les premiers jours du printemps ; bientôt a lieu l'accouplement et quelque temps après, la femelle pond sur la face inférieure des feuilles de betterave 3 à 10 œufs d'un beau blanc. Les larves, qui en sortent après dix jours d'incubation, s'enfoncent dans le parenchyme des feuilles qu'elles dévorent en ne laissant subsister que les deux épidermes ; c'est entre ceux-ci qu'on les aperçoit par transparence, ainsi que leurs excréments d'un noir verdâtre. Il y a deux générations, la seconde apparaît en août ; ce sont les larves de première génération qui causent le plus grand préjudice parce qu'elles s'attaquent à des feuilles jeunes ; la seconde génération est moins dangereuse car les feuilles sont plus résistantes lorsqu'elle apparaît.

La larve de la *pégomie* aurait les mêmes caractères de constitution et d'évolution sauf les restrictions suivantes : les plus précoces atteignent le terme de leur taille en 12 à 15 jours. On ne compte que 9 anneaux et il n'y a qu'une seule génération. La chrysalide a 4 à 5 mm., elle est cylindro-conique, d'une couleur ferrugineuse et ressemble beaucoup à celle des mouches ordinaires.

On a signalé des invasions de larves mineuses en 1879, 1892 et en 1900 ; pendant cette dernière année Geschwind a constaté que des larves de troisième génération avaient causé fin septembre des dégâts très importants. Cette observation semblerait indiquer que le nombre de générations que peut avoir la mouche de la betterave est assez variable et rapprocherait encore les *pégomies* de l'*anthomya*.

L'hylemie a été observée en 1883 par G. Kirgener de Planta dans le département de la Marne, particulièrement dans les plantations serrées (4). La courte description qu'il en a donnée se rapproche beaucoup de celle de l'*Anthomya conformis*.

Pour détruire la mouche de la betterave on a conseillé l'effeuillage, car les feuilles attaquées se flétrissent avant que les larves ne les aient quittées, de sorte qu'on les emporte et qu'on peut les détruire sûrement ; mais ce moyen n'est guère applicable en grande exploitation. D'une manière générale il faut activer la végétation et si la terre n'est pas très riche on peut essayer le nitrate de soude ; on n'aura de résultat avec ce procédé qu'autant que le sol ne contient pas déjà une quantité suffisante d'azote immédiatement assimilable. Dans le cas contraire, le nitrate aura plutôt une action funeste pour peu que le temps soit à la sécheresse ; des pluies abondantes arrivant au moment voulu remettront les choses en état mieux que tout autre moyen. On pourrait aussi, pour éviter le retour du fléau, procéder à des binages qui feront remonter les chrysalides sur le sol où elles seront la proie des oiseaux.

(4) Renseignements recueillis dans un journal local.

En résumé on n'a point, jusqu'à présent, trouvé de moyen réellement efficace pour détruire la mouche de la betterave. Il en est de même pour la *Musca stabulans* et l'*Aricia beta*, dont les larves causent à la betterave des dégâts tout à fait analogues à ceux de l'anthonomya.

ORTHOPTÈRES.

248. Courtillière (syn : Taupe-Grillon). *Gryllotalpa vulgaris*. — Ce gryllide est un des plus gros insectes d'Europe ; il mesure 5 à 6 cm. Le corps est massif et d'une forme toute particulière, coloré en brun, duveteux. Le corselet est large et la tête, inclinée vers le sol, en émerge avec deux antennes cylindriques situées immédiatement au-dessous de gros yeux ovales. Les élytres, de couleur cornée et parcourues par de grosses nervures noires, sont aplaties sur le dos ; leur longueur est à peu près celle du corselet. Les pattes antérieures, placées obliquement, rappellent celles de la taupe et sont admirablement conformées pour creuser ; les pattes postérieures peuvent, mais difficilement, être utilisées pour le saut. Les cuisses des jambes antérieures sont élargies ; les jambes elles-mêmes, courtes et très courbées, sont terminées par quatre larges dents. Le tarse s'insère au bord interne de la jambe. L'abdomen est lourd, cylindrique, formé de huit anneaux dont les derniers sont, chez la femelle, fortement raccourcis. Les larves ressemblent à leur mère ; elles n'ont pas d'ailes. Celles-ci apparaissent peu à peu et se développent de plus en plus à la suite de chaque mue. En septembre, ces larves s'enfoncent en terre pour hiberner.

La courtillière est un insecte d'une humeur vive et querelleuse ; ses larves s'attaquent aux racines qu'elles coupent, et affouillent le sol ; elles sont nuisibles aux betteraves, au même titre que l'insecte parfait. L'accouplement a lieu de la mi-juin à la mi-juillet et la femelle fécondée creuse, peu de temps après, à environ 10 cm. de profondeur dans le sol, une cavité assez semblable comme forme et dimensions à un œuf de poule. Elle constitue ainsi un nid fort résistant d'où rayonnent plusieurs galeries et qui est toujours situé dans un endroit découvert, bien exposé aux rayons solaires ; elle y pond 200 à 300 œufs blancs verdâtres, durs, résistants, de 2 mm. 75 de long sur 1 mm 75 de large. Ces œufs éclosent au bout de 3 semaines.

Pour détruire les courtillières, le moyen le plus sûr est la recherche des nids et leur destruction, le matin de bonne heure, alors que les feuilles sont encore humides de rosée et en se guidant sur les chemins que trace l'insecte pour sortir de son logis et y rentrer.

249. Perce-oreille. *Forficula auricularia*. — Cet insecte, si connu, a la tête brun-rouge ; les yeux sont noirs. Les jambes sont jaune d'ocre ;

les élytres très écourtées, l'abdomen terminé par une forte tenaille, dont les branches, chez le mâle, sont recourbées.

Le perce-oreille ronge les racines des jeunes betteraves. Hollrung mentionne un cas où, au mois de juillet, on trouva ces insectes entre les feuilles du cœur qui semblaient comme grêlées. Pour les détruire, on peut enterrer à la charrue les lignes du bord du champ attaqué ou les traiter au vert de Schweinfurth.

RHYNCOTES.

250. *Aphis papaveris*. — Les insectes ailés sont noir brillant; l'abdomen est d'un vert sombre; les aptères sont noir velouté, parfois tachetés de blanc. Ce puceron habite en grandes colonies la face inférieure des feuilles et des pétioles, l'aisselle des tiges, etc; ils pompent la sève et affaiblissent ainsi le végétal; d'un autre côté, ils entravent la végétation par suite de leur sécrétion gluante qui vient enduire les parties vertes de la plante, bouche les stomates, empêche la respiration et attire les fourmis.

Cet insecte attaque surtout les betteraves à graines, au moment de la floraison; il peut causer de grands dégâts.

Dans la lutte contre le puceron, diverses substances sont à mentionner; à l'École polytechnique de Carlsruhe, ce qui a le mieux réussi est un mélange d'une solution de Quassia à 1,5 0/0 avec une solution de savon noir à 2,5 0/0, répandue au pulvérisateur. Dans le même but, Nessler a proposé un liquide composé comme suit:

Savon mou.....	40 gr.
Jus de tabac	60 »
Alcool amylique	50 »
Eau.....	5 litres

Enfin, on a préconisé le kerosène, la résine, l'eau de goudron, l'émulsion de pétrole, etc.

Geschwind a expérimenté un grand nombre de préparations soit à base de cuivre, de fer, de naphthaline, de pétrole, de sulfure de carbone, de jus de tabac; dans tous les cas il n'a obtenu que des résultats insuffisants et parfois nuls. Il s'est alors adressé aux substances pulvérulentes et, parmi elles, le charbon de bois nicotiné, employé en insufflation, lui a donné une destruction absolument complète des pucerons. Pour préparer ce charbon de bois nicotiné, on réduit en poudre très fine du charbon de bois ordinaire, on imprègne la masse de jus de tabac des manufactures, de manière à obtenir une pâte pas trop liquide qu'on laisse

sécher à basse température. Cette dernière condition doit être observée scrupuleusement car la nicotine possède une certaine tension de volatilisation. Après dessiccation complète, on broye de nouveau et on obtient une matière pulvérulente à odeur vireuse désagréable, qui, comme nous l'avons dit plus haut, s'est montrée très efficace.

ARACHNIDES.

251. Tétranyque tisserand. *Tetranychus telarius*. — C'est un acarien ; il est long de 4 mm., d'un jaune qui passe au rougeâtre ou au brunâtre ; son rostre est barbelé.

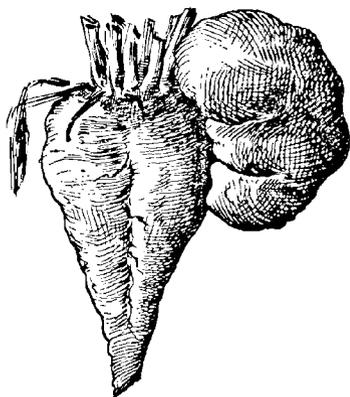


Fig. 107.

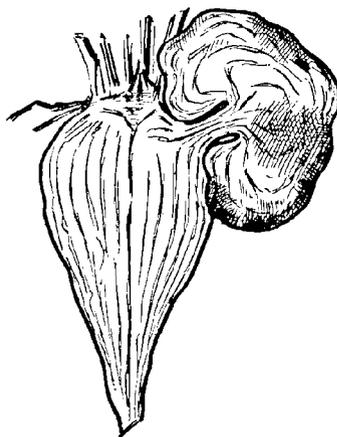


Fig. 108.

Betterave goitreuse ; aspect extérieur et coupe.

Le tétranyque tisserand se meut avec vivacité sur les feuilles de betteraves, à la face inférieure, où, par un temps favorable, il pullule, protégé par un tissu soyeux qu'il fabrique lui-même. Les feuilles externes se recroquevillent ; on y voit des places blanches, puis elles se dessèchent.

Pour combattre cet acarien, on peut employer les procédés mentionnés à propos des pucerons.

252. Histiostoma feroniarum. — On connaît depuis longtemps une curieuse maladie de la betterave, caractérisée par la présence sur le collet des racines, le plus souvent au niveau des premières feuilles ou peu en dessous, de tubérosités charnues, irrégulières, bosselées, plus ou moins grosses. Cette affection a été désignée en Allemagne sous le nom de goître de la betterave (Rübenkropf).

Les goîtres peuvent atteindre un volume considérable ; nous avons recherché, sur deux sujets différents, le poids comparatif de ces tumeurs et des racines qui les supportaient ; cette détermination nous a donné les chiffres suivants :

	Poids total du sujet	Poids de la racine	Poids de la tubérosité
	—	—	—
	k. gr.	k. gr.	k. gr.
I	0,715	0,220	0,495
II	0,620	0,270	0,350

A première vue, il semble qu'une très grande surface de la racine est hypertrophiée ; les tissus de prolifération sont appliqués très intimement sur la surface des sujets et paraissent faire corps avec eux ; généralement cependant, il n'en est rien et un examen plus attentif montre que les tubérosités sont rattachées à la souche génératrice, par un pédicule, parfois très mince et qui, en s'épanouissant, donne une masse possédant l'apparence d'un gros champignon irrégulier. La coupe dessinée fig. 108 montre fort bien cet aspect particulier ; elle nous fait voir, en outre, que le goître possède une certaine régularité de structure interne. Loin d'être formé, comme on le croirait de prime-abord, par une masse de tissu cicatriciel se développant au gré des circonstances causales de son apparition, il est au contraire constitué par une série de systèmes cellulaires qui, par leurs rapports entre eux, présentent une grande analogie avec les mêmes tissus dans la souche. Des coupes transversales et tangentielles nous ont fait voir que les tubérosités sont formées de zones circulaires concentriques de faisceaux fibro-vasculaires, alternant avec du parenchyme, partant de la racine et donnant l'impression d'une hernie des tissus de celle-ci. Nous reviendrons bientôt sur cette structure si spéciale, mais nous ferons immédiatement remarquer que tous les goîtres que nous avons eus en main, même ceux que nous avons nous-mêmes extraits du sol, étaient tous plus ou moins altérés à leur surface. Celle-ci était toujours constituée par une couche plus ou moins épaisse de tissus pourris, noirâtres, très décomposés.



Fig. 109. — Coupe tangentielle du goître de la figure 108.

En France, on ne semble pas s'être occupé de cette maladie ; il n'en n'est pas de même à l'étranger. Parmi les savants qui ont étudié la pathologie du goître de la betterave, nous devons citer : Schacht,

Haberlandt (1), Briem, Strohmer et Stift (2), Bartòs (3), Stoklasa (4), Bubak (5-6), etc. D'après ce dernier auteur, le goître renferme moins de

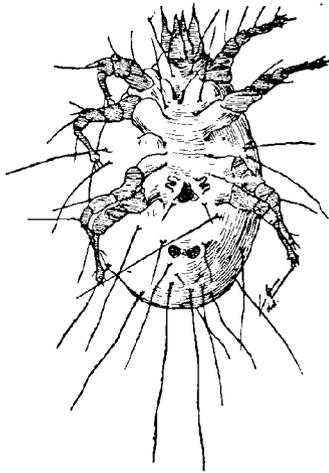


Fig. 110. — Acarien du goître de la betterave.

saccharose que la betterave qui lui sert de support ; Strohmer et Stift attribuent cette diminution de la teneur en sucre à une consommation plus grande d'hydrates de carbone, sous l'influence d'une respiration et d'un accroissement plus énergiques ; les mêmes auteurs ont aussi montré que les goîtres renfermaient une quantité notable de sucre inverti et qu'ils étaient plus riches en matières azotées que les betteraves saines.

D'après Briem, les tubérosités naissent sous une influence mécanique ; Stoklasa admet, avec quelques réserves, qu'elles se développent à la suite de l'infection des racines par des nématodes du genre *Tylenchus* ; enfin, récemment, Bubak annonça que dans les nombreuses betteraves goîtreuses qu'il avait examinées, il avait remarqué la présence constante de petits

acariens, qu'il décrit sous le nom d'*Histiostoma Feroniarum* et qui, selon lui, sont la cause probable de la diathèse.

Cette dernière conclusion, étant donné surtout la précision des dires de l'auteur et les précautions expérimentales qui l'avaient amené à la formuler, a paru à Geschwind devoir mériter confirmation. Il a donc recherché ces acariens dans les goîtres de betteraves qu'il a pu se procurer. Il a opéré de diverses façons ; soit comme le recommande Bubak, en laissant séjourner dans la chambre humide des tranches des sujets atteints de l'affection, transportant sur lamelle et examinant au microscope les petits insectes blanchâtres ou jaunâtres qui ne tardaient pas à apparaître sur les échantillons, soit encore en faisant des coupes microtomiques, soit enfin,

(1) *Oest. Ungarische Z.*, 5, 746, 1896.

(2) *Ibid.*, 21, 257, 1892.

(3) *Ibid.*, 27, 733, 1898.

(4) *Ibid.*, 28, 118, 1899.

(5) *Ibid.*, 29, 232, 1900. — *Listy cukrovarnicke*, 18, 249, 1900. — *Bl. suc. et dist.*, 18, 239, 1900.

(6) *Oest. Ungarische Z.*, 30, 237, 240, 243, 1901. — *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 25, 349, 1901. — *Bl. suc. et dist.*, 18, 1032, 1901.

en procédant par dissociation, au moyen du scalpel et de l'aiguille, sous l'objectif même de l'instrument.

Dans tous les cas, il a trouvé des insectes dont la figure 110 est un dessin exécuté à la chambre claire. Leurs dimensions sont fort variables ; on peut s'en assurer par les chiffres ci-dessous :

Longueur	0 mm. 245	0 mm. 385	0 mm. 525
Largeur.	0 mm. 145	0 mm. 210	0 mm. 350

Il avait donc réussi à vérifier le fait principal annoncé par Bubak, c'est-à-dire la présence constante d'acariens dans les tubérosités des betteraves goitreuses. A vrai dire, il ne les a trouvés que dans les parties altérées, alors qu'à l'encontre des dires du savant autrichien, il n'a pu parvenir à les découvrir dans les parties saines. Bien mieux, il a remarqué que ces acariens étaient le plus souvent localisés dans de petites cavités, ménagées dans l'intérieur de la zone pourrie et remplies d'une matière brune, de nature humifère, provenant de la décomposition du goître. Cette première constatation lui fit immédiatement douter de la spécificité de ces insectes. Nous reviendrons tout-à-l'heure sur ce sujet.

A côté des acariens, Geschwind a rencontré dans les tissus altérés des betteraves goitreuses, une faune et une flore des plus variées, constituées par des coccis, des bactéries, des moisissures diverses, etc., introduites probablement à la suite d'une infection secondaire. En outre, il a remarqué, d'une manière constante, la présence de nématodes particuliers appartenant probablement au genre *Tylenchus*, qui, comme on le sait, affectionne les matières en décomposition.

Ces nématodes, à cause de la rapidité de leurs mouvements, sont d'une étude difficile ; ils sont aussi très petits ; Geschwind leur a trouvé les dimensions suivantes :

Longueur.	0 mm. 210	0 mm. 250	0 mm. 230
Largeur.	0 mm. 017	0 mm. 022	0 mm. 018

On peut facilement les mettre en évidence, sous le champ du microscope, soit en dissociant une petite parcelle du goître dans une goutte d'eau glycinée, soit en examinant le suc de raclage des parties pourries. Ces animalcules doivent être considérés comme saprophytes, mais il est encore possible que ce soit eux, qui occasionnent la pourriture des goîtres, aux tissus desquels ils peuvent s'attaquer de préférence, parce que ceux-ci sont plus délicats et plus tendres.

Geschwind a encore remarqué, côte à côte de ces divers êtres organisés, de nombreuses larves, de dimensions très variables, puisque leur longueur

oscillait entre 1 mm. et 5 mm., possédant des mandibules cornées fort robustes et une organisation complexe. Elles doivent être sans intérêt pour le sujet qui nous occupe et, pas plus que les nématodes, ne nous paraissent avoir une relation de cause à effet avec la formation du goître.

On a vu plus haut comment Geschwind a été amené à douter de la spécificité des acariens ; ses premières observations l'ont incité à les considérer comme étant de nature saprophytaire. Il suppose que leur présence dans les goîtres est correlative ou peut-être même causale de l'altération des tissus les plus extérieurs ; en d'autres termes il admet qu'ils peuvent être des hôtes habituels des matières en décomposition.

Pour vérifier cette hypothèse, il était intéressant d'examiner des betteraves non goitreuses mais atteintes de pourriture pour une cause ou pour une autre. Il s'est adressé à des betteraves ensilées, dont plusieurs portaient des traces de pourriture sèche ; d'autres étaient fortement rhizotoniées et très altérées ; d'autres encore, probablement sous l'influence du *Phoma beta* montraient un collet noirâtre, décomposé ; d'autres enfin avaient subi les atteintes de la gelée. Dans tous les cas, il a retrouvé les acariens de Bubak, constamment accompagnés par les nématodes dont nous avons parlé et, d'une manière assez irrégulière, seulement en cas d'altération très accentuée, par des larves dont la nature n'a pas été déterminée.

De son côté, Sellier a retrouvé ces acariens et ces larves sur des betteraves fourragères de la récolte 1900, conservées jusqu'en juillet 1901 ; les racines étaient alors très altérées mais elles ne paraissaient avoir eu aucune maladie.

Nous nous croyons donc en droit de conclure à la présence constante de ces acariens dans les tissus de betteraves altérées pour une cause quelconque, et nous pensons que leur non spécificité, dans les cas de goîtres, est ainsi mise hors de doute (1).

Mais, si on ne peut incriminer des bactéries, absentes de la partie saine des tubérosités, si on ne peut s'en prendre, ni aux acariens de Bubak, ni aux anguillules, comment alors se faire une idée de la genèse de l'affection ?

En tenant compte, d'une part, des observations détaillées dans les lignes précédentes, d'autre part, des particularités remarquables de structure mentionnées en débutant, nous ne voyons que deux explications possibles et, à vrai dire, aussi vraisemblables et aussi plausibles, l'une que l'autre.

On peut, en effet, supposer que le goître n'est que la résultante du déve-

(1) Stift (*loc. cit.*) prétend avoir examiné une betterave goitreuse ne portant pas d'acariens.

loppement souterrain d'un bourgeon foliacé adventif et anormal qui, n'arrivant pas tout d'abord au contact de l'air, se transforme en un corps tubéforme, lequel, par suite de sa situation près du collet, absorbe une grande partie des matières de réserve élaborées par les feuilles et s'hypertrophie. A l'appui de cette thèse, nous signalons ces bouquets foliacés portés par des pédicules qui se rattachent souterrainement à la racine et que l'on peut remarquer chez les porte-graines et même, parfois aussi, chez les betteraves de première année.

Il est encore possible que l'origine des tubérosités si caractéristiques se rattache à une lésion primordiale, plus ou moins profonde, altérant l'intégrité de la zone génératrice de l'un des cercles de faisceaux.

Nous devons faire ici une digression ; on a vu dans le cours de cet ouvrage, que le développement anatomique de la racine de betterave est régi par des lois parfaitement déterminées et que cette plante grossit suivant deux plans perpendiculaires, dont l'un, dans lequel l'accroissement est minimum, est celui qui passe par les deux sillons saccharifères et dont l'autre, dans lequel il est maximum, est parallèle au plan des cotylédons ; en outre, la transformation des éléments du parenchyme en tubes, vaisseaux, fibres, etc., commence toujours, dans chaque cercle fibro-vasculaire surnuméraire, simultanément en deux points situés face à face sur le diamètre passant par ce dernier plan et disposés à une distance du centre plus ou moins grande suivant le cercle considéré. Ces deux points sont ceux où l'accroissement en grosseur et, par conséquent, l'énergie de division des cellules sont maxima.

Si donc on admet que la lésion dont nous parlions plus haut et qui peut d'ailleurs reconnaître une origine quelconque — blessure causée par un instrument aratoire, la mandibule d'un insecte, la dent d'un rongeur, etc. — affecte la zone génératrice d'un faisceau situé justement en l'un de ces points, il devient facile de comprendre comment le goître peut se produire. L'arc générateur, à l'endroit atteint peut, par suite de la formation d'un callus, tendre à proliférer et à former de nouvelles cellules en direction centripète (1) ; mais, comme au fur et à mesure de l'avancement de ce travail de réparation la grandeur de la lésion diminue, le tissu nouvellement formé ne trouve plus une surface suffisante pour se loger et il doit forcément se rejeter vers l'extérieur en même temps que se comble l'espace qui, sans cela, resterait vide en dessous. Il en résulte que de cette manière, se forme progressivement un bourrelet charnu qui, se développant de plus en plus, accuse finalement la forme caractéristique d'un champignon porté par un pédicule. C'est ce que l'on remarque chez les goîtres.

(1) Par rapport au centre de la surface lésée et non par rapport à l'axe de la racine.

Comme nous l'avons dit plus haut, la condition essentielle de la réalisation de ce phénomène de réparation doit dépendre de la situation d'une lésion suivant le diamètre de plus fort accroissement de la racine. Si cette condition est remplie, il est évident que le goître lui-même devra se trouver dans le plan de ce diamètre ; il était donc intéressant de vérifier le fait. Malheureusement, n'ayant pas conservé les premiers sujets sur lesquels avaient porté ses recherches, Geschwind ne peut affirmer s'il est ou non l'expression constante de la réalité. Sur les quatre dernières betteraves goitreuses qu'il a examinées, il était absolument visible que la tubérosité de chacune de ces racines se trouvait nettement dans le plan perpendiculaire au plan des sillons saccharifères ; mais nous devons à la vérité de dire que Stift a donné dans son ouvrage, *Krankheiten der Zuckerrübe*, la reproduction d'une betterave portant plusieurs goîtres disposés irrégulièrement.

Il est donc impossible de dire si la théorie de Geschwind est exacte ; tant que la preuve expérimentale n'en sera pas faite, on ne pourra lui accorder qu'une créance limitée malgré sa vraisemblance et la facilité avec laquelle on peut la faire concorder avec les faits.

MYRIAPODES.

253. Millepattes commun. *Iulus terrestris*. — Il est long de 3 cm. 7, d'un gris noir avec deux bandes longitudinales jaunâtres. Il est formé, comme toutes les espèces voisines, d'un grand nombre d'anneaux semblables. Le millepattes commun possède 90 paires de pattes. Pendant le repos il se tient enroulé sur lui-même en forme de spirale, position qu'il prend aussi dès qu'on le touche.

254. Millepattes moucheté. *Iulus guttulatus*. — Celui-ci a 3 cm. 4 de long ; il est brun jaune et, de chaque côté du corps, règne une rangée de taches d'un rouge sang très apparentes.

La manière de vivre des deux espèces est la même, mais le *Iulus guttulatus* paraît plus dangereux que le précédent. S'il apparaît en masses, il peut détruire les semis ; il se montre particulièrement à craindre dans les printemps humides et froids, lorsque les semences restent longtemps dans le sol sans germer. Il perfore la graine et dévore les germes ; si les petites plantes sont développées, il perfore ou creuse des cavités dans les jeunes racines.

On limitera les dégâts causés par les millepattes, en n'épargnant pas la semence et en ne semant pas trop tôt ; en outre, on passera la houe de bonne heure et avec soin.

On recommande aussi de faire tremper les graines dans une solution

d'acide phénique et de sulfate de magnésie. On emploie encore, avec succès, des tranches de pommes de terre que l'on dépose sur le sol et sous lesquelles les millepattes se rassemblent ; il est alors facile de les ramasser et de les détruire.

HELMINTHES.

255. Nématodes de la betterave : 1^o *Heterodera Schachtii* Schmid. — Les nématodes sont les ennemis de la betterave les plus dangereux ; leur existence souterraine, leur petitesse, leur grand nombre, rendent la lutte contre eux très difficile ; le mieux connu de ces helminthes est l'*Heterodera Schachtii* ; il fut découvert par Schacht dans les environs de Halle en 1859 ; en 1871, A. Schmidt l'étudia de nouveau ; enfin, en 1881, les travaux de Kühn et de Liebscher, puis plus tard de Vanha et Stoklasa (1) le firent connaître d'une manière complète ; beaucoup de savants français s'en sont aussi occupés ; parmi eux nous devons citer tout particulièrement A. Girard, Cornu, Prillieux, Schribaux, Chatin, etc. Le développement de l'*Heterodera Schachtii* est très compliqué.

L'œuf est réiniforme, ses dimensions sont 0 mm. 12 sur 0 mm. 048 ; les larves éclosent, soit dans le corps même de la femelle, soit dans le sol. Ces larves sont d'abord très simples, non sexuées ; leur longueur est de 0 mm. 45 sur une épaisseur de 0 mm. 02 ; elles sont filiformes, terminées en cône allongé. La cavité buccale est déjà armée d'un aiguillon puissant, creux intérieurement.

Après avoir abandonné l'œuf ou le corps de la mère, la larve s'enfonce dans une fine radicelle dont elle a, au préalable, percé l'épiderme, à l'aide de son style ; elle se tient alors au repos, subit plusieurs mues, grossit et, finalement, s'immobilise. Lors de la mue, l'aiguillon disparaît ; il est bientôt remplacé par un nouveau, plus faible. En grossissant, cette larve soulève l'écorce de la jeune radicelle ; c'est à ce stade que s'opère la différenciation des sexes.

En continuant à grossir, la larve de l'*Heterodera* prend bientôt la forme d'un petit citron, et les organes sexuels se développent. La peau devient plus rugueuse, et l'on voit pendre au corps la dépouille de la précédente mue. Petit à petit, l'épiderme de la radicelle finit par éclater et le nématode paraît alors à la surface, sa petite tête restant seule piquée dans les tissus. C'est la forme femelle qui, arrivée à son développement complet et fécondée, est absolument immobile ; à ce stade elle est longue de 0 mm. 8 à 1 mm. 2 et épaisse de 0 mm. 5 à 0 mm. 9 ; outre l'épiderme, elle est recouverte d'une peau opaque, dure, à surface rugueuse, qui n'est qu'un organe de protection.

(1) J. Vanha et J. Stoklasa, *Zuckerrüben Nematoden*. Berlin, 1896.

Dès que les œufs ou les embryons qu'elle renferme sont arrivés à maturité, la femelle meurt. Les œufs se forment en grande quantité; chaque individu peut en renfermer jusqu'à 300; ce sont eux qui, en remplissant

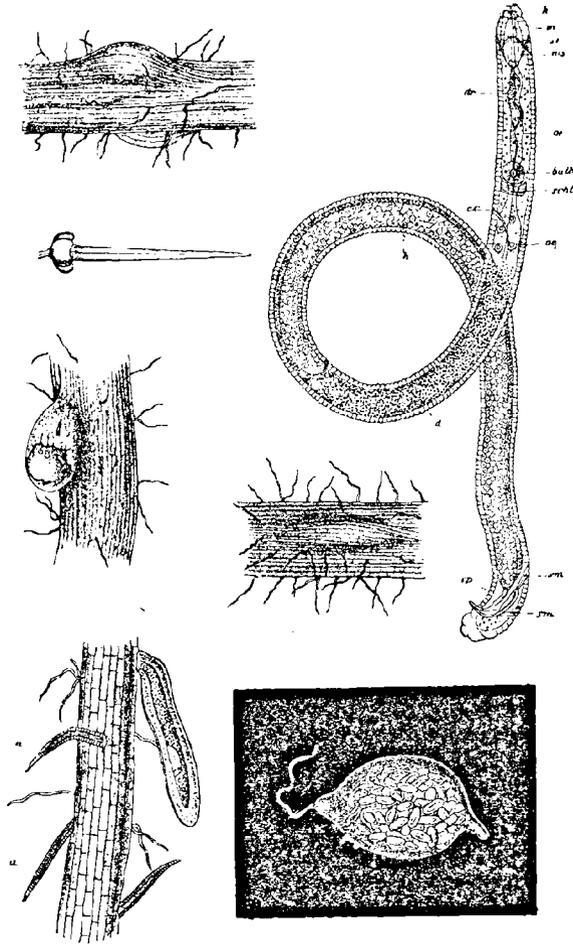


Fig. 414 à 418.
Heterodera Schachtii à ses différents états de développement.

l'ovaire distendu, puis le reste du corps, donnent à la femelle la forme caractéristique en citron qui est son attribut. Comme dans le cours d'un été il peut se produire 5 à 7 générations, on peut juger de la rapidité avec laquelle se propage l'infection.

Pour arriver à la forme mâle, les larves passent par une série de métamorphoses très compliquées et de nombreuses mues. Ce mâle, arrivé à son complet développement, abandonne la racine qui le supportait et se met en quête de femelles à féconder. Il meurt bientôt après. Complètement développé il est long de 0 mm. 8 à 1 mm., et épais de 0 mm. 025 ; il est vermiforme, muni d'un style creux, robuste, long de 0 mm. 03 à l'aide duquel il perce les tissus végétaux et suce les sucs cellulaires.

Les larves asexuées restent très longtemps vivantes, même lorsqu'elles sont privées de la nourriture qui leur convient ; l'*Heterodera Schachtii* est donc, à cause de cela, très difficile à faire disparaître d'un champ, même si on y cultive pendant plusieurs années des plantes qu'il n'attaque pas. Chatin a même démontré que cette anguillule peut réaliser son développement complet dans une terre dépourvue de toute végétation.

Là où il apparaît en masses importantes, les rendements s'abaissent énormément en dépit des soins apportés à la culture. L'action du parasite se fait sentir peu après la levée des plantes ; dès juillet, on remarque déjà, au milieu d'étendues de betteraves dont le développement est normal, des taches plus ou moins étendues où le feuillage des racines est plus clair, jaunissant, terne et flasque. Si la maladie est intense elles finissent par périr toutes et la betterave devient noire ; lorsque l'infection est bénigne, les racines restent petites, courtes et possèdent un chevelu extrêmement abondant.

D'après Stoklasa (1) les betteraves nématodées sont beaucoup moins sucrées que les saines et la différence peut aller jusqu'à 6 0/0.

La teneur en cendres de la matière sèche des feuilles des racines saines est de 22,14 0/0 avec 5,07 0/0 de chaux ; chez les sujets nématodés, cette teneur n'est que de 10,07 0/0 et la teneur en chaux s'abaisse à 2 0/0.

Les betteraves attaquées se conservent mal ; elles s'allèrent facilement en silos et la teneur en sucre va, naturellement, en diminuant.

La betterave, la ravenelle, les sanves, constituent des aliments de choix pour ces nématodes ; d'après Gaillet (2), la luzerne, le trèfle, la minette, les pois, les haricots, la vesce, les pommes de terre, la chicorée, les carottes sont réfractaires à leurs attaques.

L'une des causes de l'extension des ravages de l'*Heterodera Schachtii*, est l'emploi, par la culture, des terres de silos de sucrerie et des boues de lavage des betteraves (3) et, d'après Vivien, en France, les nématodes sont en voie de décroissance partout où l'on a cessé l'emploi de ces rési-

(1) Stoklasa. *Betrachtungen über krankbleiten der Zuckerrübe in Böhmen*, 1894-1896. *Ber. der Vers. St. f. Z. I. in Prag.* I, p. 10, 1896.

(2) Gaillet. *Bull. stat. agronom. de l'Aisne*, 1896, p. 53.

(3) *Bl. suc. et dist.*, 11, 562, 1894.

du (3). On peut cependant les utiliser sans danger en les alcalinisant avec de la chaux (4).

D'après Kühn, il faut leur adjoindre de la chaux vive dans la proportion de 1 à 6 ou mieux de 1 à 4 ; pour les boues de sucreries, il suffit, pour y détruire complètement les nématodes, de maintenir l'eau qui les imprègne, à une alcalinité, évaluée en chaux, égale à 0,10 ou 0,20.

L'*Heterodera* ne supporte pas la dessiccation ; il peut donc sembler possible de le détruire ou d'entraver sa multiplication, en travaillant fréquemment le sol en temps de sécheresse.

D'autre part, il est facile de constater qu'il ne résiste pas non plus à la submersion ; Vanhà a en effet montré que, si on l'immerge dans l'eau, il périt au bout d'un temps variant de 18 heures à 4 jours. La submersion des champs, après la récolte, est donc tout indiquée. Malheureusement ce procédé n'est possible que dans des cas exceptionnels.

Willot dit avoir expérimenté, avec succès, les arrosages avec des eaux ammoniacales provenant de la fabrication du gaz d'éclairage. D'après Stift et divers autres auteurs, cette méthode peut nuire aux végétaux et, relativement à la destruction des nématodes, elle donne des résultats incertains. Cependant il est juste d'ajouter que les expériences officielles qui ont été faites à ce sujet sont la plupart incomplètes ou entachées de fautes d'expérimentation. L'enfouissement de vieux chiffons imprégnés d'huile minérale n'a pas donné non plus de résultats suffisants.

Hollrung (5) qui a expérimenté le sulfure de carbone injecté dans le sol, n'a obtenu que des résultats peu satisfaisants. De son côté, Gaillot (6) a constaté que cette substance, employée à la dose de 3000 k. à l'hectare, n'avait produit aucun effet.

Hollrung dénie également toute efficacité à l'utilisation de la chaux, comme amendement. Pour réussir avec ce corps, il faudrait en effet en incorporer à la terre une quantité suffisante pour élever son alcalinité au point de tuer les nématodes, et dans ces conditions le procédé devient inapplicable.

Dans ces dernières années on a aussi proposé pour combattre ces dangereux ennemis de la betterave, l'emploi des crudes, de divers sels ammoniacaux, etc., qui, d'après certains auteurs, se seraient montrés efficaces.

Gaillot (1) est d'avis que la solution pratique de la question se trouve dans l'alternance des cultures ; il faut, d'après lui, faire revenir le moins souvent possible, les betteraves sur les terres nématodées et y cultiver des

(3) *Bl. suc. et dist.*, 16, 226, 1898.

(4) Gaillot. *Bull. st. agr. de l'Aisne*, 1893, p. 350.

(5) Hollrung. *Les nématodes de la betterave et Centralblatt*. 30 mai 1896, *Bl. suc. et dist.*, 14, 106, 1896.

(6) Gaillot. *Bull. Stat. Agronom. de l'Aisne*, 1897, p. 55.

(1) Voy. : Gaillot : *Bull. Stat. Agronom. de l'Aisne*. Années 1892 à 1897.

végétaux qui, comme la luzerne, le trèfle, les pois, etc., sont absolument réfractaires aux anguillules.

Le même auteur a expérimenté les fumures vertes à l'aide de la morelle (*Solanum nigrum*) qui, par le principe toxique qu'elle renferme, la *solanine*, pourrait empoisonner les nématodes. Ces essais ont donné des résultats négatifs (1).

Les betteraves envahies donnent des cendres qui sont beaucoup moins riches en potasse que les cendres des betteraves saines, et Hellriegel dit que l'*Heterodera* nuit à la végétation, non-seulement en absorbant les sucs de la plante, mais encore en la privant de la potasse si nécessaire à son développement. En se basant sur cette hypothèse, on a essayé de donner aux terres nématodées des fumures intensives avec divers sels potassiques, en particulier avec la kainite. Les opinions sur cette façon d'opérer sont très variables et il ne semble pas, quant à maintenant, qu'on doive s'y arrêter.

Les nématodes ont eux-mêmes des ennemis ; parmi ceux-ci il faut citer un acarien, le *Gamasus crassipes*, qui attaque les femelles pleines d'œufs. D'un autre côté, divers cryptogames : le *Tarichium auxiliarium*, l'*Isaria destructor*, l'*Entomophora calliphora* et l'*Entomophora radicans* les tuent, comme le *Botrytis tenella* tue le ver blanc. Peut-être trouvera-t-on de ce côté une solution pratique et élégante de la question, mais, jusqu'à présent, rien n'a encore été fait dans ce sens. Actuellement, la meilleure méthode pour réussir à se débarrasser des nématodes est encore celle dite des *plantes pièges* préconisée par Kühn. On utilise comme plantes-pièges, divers végétaux mais plus spécialement la navette d'été ; pour réussir il faut que toutes les prescriptions données par le Dr Kühn soient minutieusement observées ; sinon, au lieu d'amener la destruction des *Heterodera*, on peut, au contraire, provoquer leur multiplication.

Dès le printemps, du 10 au 15 avril, on doit effectuer l'ensemencement de cette navette sur les champs infestés. Le sol doit être bien préparé et suffisamment réchauffé pour que la graine lève rapidement et régulièrement. Il faut semer très dru, mettre environ 38 kil. de graines à l'hectare et se servir de semoirs en lignes. Ce dont on doit se préoccuper avant tout, c'est de bien saisir le moment pour la destruction des plantes-pièges, et, par là, des nématodes qu'elles sustentent.

Sans l'aide du microscope on ne peut rien faire de bon, car ce moment précis est celui où les larves fixées sur les radicelles sont arrivées au stade de l'immobilité, ce qui, avec un peu d'habitude, se reconnaît au gonflement caractéristique des radicelles.

Dès que la levée est faite, c'est-à-dire environ dix jours après le semis,

(1) Gaillot. *Bull. Stat. Agronom. de l'Aisne*, 1897, p. 55.

on doit commencer les recherches en enlevant soigneusement les plantules avec la bêche, sans arracher, ni briser les racines ; quant à la terre qui y adhère, on s'en débarrassera par des lavages. Il est nécessaire de bien saisir le moment où les larves sont parvenues à leur degré maximum de développement. Pour les mâles, ceci se présente lorsque leur formation, à l'intérieur de la peau larvaire, sans être terminée, est cependant assez avancée pour permettre de juger de la forme générale du petit ver. Quant à la femelle, elle devient pyriforme et s'immobilise dès qu'elle arrive au stade de maturité sexuelle. On doit commencer la destruction aussitôt que le gonflement du corps de la larve soulève l'épiderme des racines ; mais on ne doit pas attendre que ce dernier se creve. Pour faciliter les recherches, on coupe les radicelles avec des ciseaux, on les débarrasse de toutes traces de terre et on les immerge dans un liquide composé comme suit :

Eau.	100 gr.
Iodure de potassium	10 »
Iode	1 »

Cette solution iodée teint les nématodes en brun foncé et il est dès lors facile de les reconnaître au microscope.

Quand le moment d'agir est arrivé, il faut procéder sans retard, abandonnant tout autre travail, à la destruction de cette première sole. Pour cela on travaille la terre à l'extirpateur dans les deux sens, de façon à déraciner toutes les plantes, puis on donne deux ou trois tours de herse. Dès lors on ne touche plus au champ et on laisse le fourrage se faner ; Au bout de deux jours la dessiccation des racines est généralement suffisamment avancée et les nématodes sont morts ; on enterre alors la récolte à la charrue, sans tarder on prépare le champ pour un nouvel ensemencement et l'on recommence les opérations que nous venons de décrire.

Une parcelle fortement infestée demande, pour être nettoyée à fond, quatre et même cinq semis successifs de navette. Le travail est considérable, difficile, coûteux, mais il n'existe actuellement aucun autre moyen d'obtenir à nouveau une culture de betteraves rémunératrice.

2^o *Heterodera radicum* (Müller). — Cette espèce se distingue à peine de la précédente ; toutefois, d'après Vanha, la femelle serait plus robuste et de forme moins régulière. Le mâle atteint une longueur de 1 mm. à 1 mm. 5 et une épaisseur de 0 mm. 024 à 0 mm. 039.

L'*Heterodera radicum* est assez rare ; il a été observé en Autriche-Hongrie. Vanha a constaté, sur les racines de betteraves infestées par ce nématode, de nombreux renflements dont la grosseur atteignait celle d'une noisette.

En 1901 Stift (1) a trouvé l'*Heterodera radicolica* sur des betteraves envoyées d'Égypte par Pellet et a donné une bonne description de ce parasite.

D'après Stoklasa (2) la femelle fécondée possède les mêmes dimensions que celle de l'*Heterodera Schachtii* et l'organisation des deux espèces, au moment de la maturité sexuelle, est analogue pour les deux sexes. Le développement et la fécondation ont lieu dans les tubérosités et les larves, en quittant le corps de la mère, ne pénètrent pas toujours dans la terre, mais restent dans les espaces intercellulaires ou dans les faisceaux vasculaires et produisent de nouveaux tubercules.

Les expériences de Stoklasa ont démontré que, non seulement la racine, mais aussi le feuillage de la betterave atteinte par l'*Heterodera radicolica* avaient un moindre développement que chez les betteraves saines du même champ. D'après les constatations faites dans les pays sucriers, le rendement d'un champ infecté par ces nématodes est à peu près inférieur de moitié à celui d'un champ voisin, mais indemne.

256. Nématodes du genre *Dorylaimus*.

1^o *Dorylaimus condamni*. — Sa longueur varie de 3 à 10 mm. ; son diamètre est de 0 mm. 112, le corps est délié, cylindrique, marqué de stries longitudinales très fines, terminé en pointe mousse. Le stylet buccal est mobile, creux, très solide ; il est actionné par plusieurs faisceaux musculaires.

Les jeunes larves, qui ne diffèrent des individus adultes que par le manque d'organes sexuels, possèdent deux stylets dont l'un, plus petit, est placé un peu de côté.

Les œufs parviennent à maturité dans le corps de la mère ; ils en sortent isolément, pour se transformer en embryons dans le sol, dès qu'ils ont atteint une longueur de 0 mm. 25.

2^o *Dorylaimus incertus*. — Il diffère de l'espèce précédente par sa taille qui dépasse généralement 9 mm. et atteint souvent 15 mm. Le stylet est fort, tubulaire, coupé obliquement en avant. Ses parois sont plus épaisses et sa lumière plus petite que chez le *Dorylaimus condamni*. Le mâle est encore inconnu.

3^o *Dorylaimus makrodorus*. — Ce nématode est long de 4 mm. ; son stylet, très particulier, est en forme d'aiguille à coudre et d'une longueur beaucoup plus grande que chez les autres *Dorylaimus* ; il est guidé, vers le milieu de la cavité buccale, par un anneau chitineux.

Les *Dorylaimus* se nourrissent principalement du suc des radicelles et

(1) A. Stift ; *Oest. Ungarische Z.*, 30, p. 403, 1901.

(2) J. Stoklasa. *Ber. d. Versuchstation f. Zuckerind. Prag. in*, 1896, p. 17.

LES ENNEMIS DE LA BETTERAVE

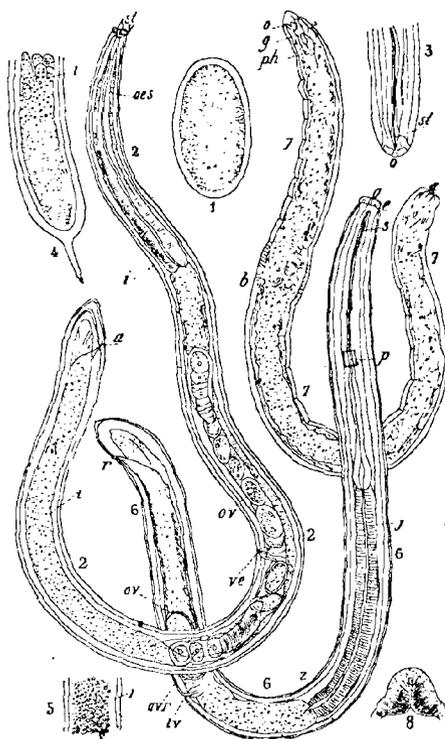


Fig. 118 bis. — Nématodes du genre *Dorylaimus*
et Enchytréides.

des tissus jeunes ; ils vivent librement à la surface des racines et passent facilement de l'une à l'autre. Les betteraves atteintes ne se distinguent pas de celles infestées par les *Heterodera*, sauf lorsqu'on fait un examen attentif du sol et du végétal à l'aide de la loupe.

Ces nématodes sont très répandus en Europe ; il est difficile de lutter contre leurs ravages. Ils résistent en effet à la sécheresse, à l'humidité, vivent sur les racines des plantes adventices aussi bien que sur celles de la betterave, etc. Pour cette dernière raison il n'est pas possible d'utiliser la méthode des plantes pièges ; les *Dorylaimus* ne s'enfoncent pas dans les tissus des végétaux et vivent librement dans le sol. Vanha pense qu'on peut les détruire au moyen d'un fort épandage de chaux vive ou d'écumes de défécation sur les terres infestées.

257. Nématodes du genre *Tylenchus*. — Ces helminthes, qui sont encore peu connus, sont extrêmement répandus et ressemblent, par leurs formes, à l'*Heterodera Schachtii* ; ils s'en distinguent parce que leur corps ne se renfle à aucun stade de leur développement.

Les *Tylenchus* conservent toujours leur mobilité ; ils vivent librement dans le sol et attaquent les racines de nombreux végétaux. D'après Vanha, ce sont eux qui causent la maladie de la betterave désignée sous le nom de pourriture sèche. Il est probable que cette pourriture ne résulte que d'une façon indirecte des attaques de ces nématodes. Ceux-ci, en effet, en affaiblissant la résistance des tissus aux dépens desquels ils vivent doivent préparer le terrain pour l'infection ultérieure par divers microorganismes, sous l'influence desquels s'effectuerait la décomposition des parties malades.

L'amendement du sol avec de fortes quantités de chaux vive serait probablement un bon moyen pour combattre l'extension de ces vers. Vanha recommande de bien assécher le sol par des façons culturales convenables, de fumer abondamment avec des engrais azotés et phosphatés et de donner aux jeunes plantes des binages répétés (1).

258. Enchytréides. — Les Enchytréides, dont on connaît plus de 40 espèces, appartiennent à la classe des *Annelides*, ordre des *Oligochètes*. Ce sont de dangereux ennemis, non seulement pour la betterave, mais aussi pour beaucoup d'autres plantes cultivées ; ils sont blancs, filiformes, annelés, d'une longueur variant, suivant les espèces, entre 3 et 20 mm. ; tout le long du corps ils portent des faisceaux de deux à douze soies courtes. Entre le premier et le second segment se trouve, à la face ventrale, une fente buccale qu'ouvrent et ferment des muscles spéciaux. Le second seg-

(1) Au sujet des *Tylenchus*, lisez : J. Vanha. *Ueber den Parasitismus von Rübenneematoden der Gattung Tylenchus (Bast)* Z. Zuckerind. in Böhmen, 21, 422, 1887.

ment contient un pharynx musculéux qui, grâce à des faisceaux musculaires puissants, est susceptible d'être protracté et retracté ; il est creux, tapissé d'une cuticule et sert à l'animal d'appareil de préhension pour s'emparer de sa nourriture. Au près du pharynx se trouvent de petits stylets protractiles, à l'aide desquels le ver transperce le tissu des plantes.

Les Enchytréides sont hermaphrodites ; le développement de l'embryon, encore peu connu, se fait dans le sol. L'existence active de ces nématodes se déroule au printemps et au commencement de l'été ; par les temps humides on les trouve assez près de la surface du sol ; par les temps secs, au contraire, ils se tiennent à une certaine profondeur, contre les racines.

D'après Vanha, dans certaines contrées, notamment en Moravie et en Bohême, les Enchytréides sont plus répandus que les Heterodera eux-mêmes. On les a rencontrés en Allemagne, en France, en Italie, en Russie, etc. ; ils constituent de dangereux ennemis de la betterave.

Pour les combattre, Vanha recommande le procédé suivant :

- 1^o Fumer fortement avec de la chaux et des écumes de sucrerie.
- 2^o Assurer l'assèchement du sol par des travaux appropriés.
- 3^o Se servir d'une quantité convenable d'engrais chimiques afin de favoriser le plus possible la végétation.
- 4^o Employer des semis drus et faire revenir le moins souvent possible les betteraves sur les mêmes terres.

Cette méthode, d'une efficacité relative, est aussi à recommander dans le cas de l'infection des sois par les nématodes du genre *Dorylaimus* ; elle ne nécessite pas de grands frais.

§ 2.

LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS PARASITES DE LA BETTERAVE

Ce n'est que tout récemment que l'on a découvert des végétaux supérieurs parasites de la betterave ; à la vérité nous n'avons pas encore entendu dire qu'on en ait constaté la présence dans les cultures françaises ; mais comme les plantes dont il s'agit ont déjà, malheureusement, leurs représentants en France, nous avons cru devoir les décrire tout en souhaitant que nos lecteurs n'aient pas de sitôt l'occasion de vérifier à leurs dépens l'exactitude de nos descriptions. Les végétaux supérieurs parasites de la betterave ne sont encore qu'au nombre de deux : l'un est l'orobanche, l'autre la cuscute.

259. Orobanche. *Orobanche tinctoria* (Forsk) ou *Orobanche lutea* (Desf.). — C'est V. Mosseri (1) qui a le premier signalé l'apparition d'une

(1) *Bl. sucr. et dist.*, 18, 892, 1901.

orobanchée sur la betterave à sucre en Egypte (communication à l'Institut égyptien du Caire, 12 avril 1901). La plus grande partie des betteraves d'un champ d'expériences, situé à Maady-el-Khabiri (ligne de Helouan), portaient sur une ramification de leurs racines principales, plusieurs de ces bulbes écailleux, rarement un seul. Jusqu'ici la betterave avait été considérée comme réfractaire à l'orobanche. Mosseri donne des parasites qu'il a trouvés, la description suivante :

« L'orobanche qui nous occupe est une *gesneracée*, dépourvue de chlorophylle, parasite sur les racines, à tige de 25 à 50 cm. de longueur et de grosseur variable suivant qu'il y a un ou plusieurs tubercules sur une même plante nourricière.

La tige est une véritable hampe florale, glabre, aphyllé, munie de fleurs disposées en spirale tout le long de sa partie apparente au-dessus du sol.

Fleurs hermaphrodites irrégulières, pourvues de 3 bractées, dont deux petites internes, latérales, laciniées, linéaires, lanceolées, subulées, enroulées et une grande externe, lancéolée, obtuse, de un pouce de longueur environ, droite, à bord denté recouvrant la hampe, à carène prismatique érigée, trièdre extérieurement, de un pouce et demi de longueur environ.

Calice plus petit que la corolle, d'environ 1 cm. 1/2 de longueur, de couleur jaune brun, gamosépale tubuleux, 5-fide, à lobes obtus, érigés.

Corolle jaune, campanulée, à tube corollin cylindrique de 3 à 4 cm., à limbe ouvert, 5-fide à lobes égaux, obtus et présentant deux fossettes à la face extérieure du tube corollin au-dessus des lobes, androcée comprenant quatre étamines insérées au-dessus du quart inférieur du tube corollin, à anthères transversales, hirsutes, conglutinées, à filets poilus à la base.

Gynécée à un ovaire libre uniloculaire, oblong, présentant à la base un anneau circulaire jaune ; style plus long que les étamines, recourbé au sommet ; stigmate bilobé, tronqué, de couleur jaune. Fruit capsulaire uniloculaire polysperme.

Cette description détaillée répond exactement à celle que Forskal a donnée de l'*orobanche tinctoria* dans la flore d'Egypte ; c'est aussi l'*orobanche lutea* de Desfontaines, mentionnée sous ce nom par Atcherson et Schweinfurth ».

Les graines issues des capsules restent enfouies dans le sol pendant de longues années sans perdre leur faculté germinative. Elles ne germent que si elles se trouvent au contact d'une racine de végétal convenable.

Les champs voisins de la pièce de betteraves où fut observée l'*orobanche lutea* étaient infestés par d'autres orobanches (*minor*, *racemosa*) mais on n'y a point trouvé la variété qui avait attaqué la betterave.

Prillieux a décrit la germination de l'embryon de l'orobanche et le méca-

nisme par lequel le parasite se fixe sur sa racine nourricière ; cette description est reproduite dans le mémoire de Mosseri.

Les racines de betterave bien développées semblent mieux résister à l'attaque du parasite quoiqu'elles présentent manifestement des signes d'altération et de dépérissement ; la richesse saccharine reste faible.

Comme remèdes on conseille d'arracher les hampes avant leur maturité et de labourer les plantations aussitôt après la récolte ; il faut aussi ramasser avec soin les bulbes pour les brûler, car à côté de la germination par la semence existe un autre processus de reproduction, la voie asexuée. Un semishâtif est également avantageux, car alors les betteraves sont plus en état de résister à leur ennemi quand celui-ci fait son apparition.

260. Cuscute. — C'est en juillet 1901 que la cuscute a été signalée, pour la première fois, sur la betterave sucrière ; cette observation fut faite par A. Stift sur des plantes envoyées de l'ouest de la Hongrie au Laboratoire pour l'Industrie sucrière Austro-Hongroise à Vienne (1).

Les racines étaient, en général, normalement développées ; par contre les feuilles avaient un aspect tout à fait surprenant. Sur les pétioles apparaissaient de nombreux fils jaunes-verdâtres ou rouges qui les recouvraient soit partiellement, soit entièrement. Les feuilles étaient souvent enveloppées par le réseau et formaient alors des balles de la grosseur d'un poing d'enfant. D'autres feuilles étaient comme revêtues d'un tissu qui ne laissait passer que leurs pointes ; sur d'autres encore, le développement était moins intense et il n'y avait que quelques fils qui s'entrecroisaient sur les pétioles et les limbes.

Lorsque Stift fit cette observation le parasite n'était pas encore en fleur et il ne put en déterminer sûrement l'identité botanique ; cependant à certains caractères il a cru reconnaître la *Cuscuta Europea* L. Cette espèce vit ordinairement sur les haricots, le trèfle rouge, blanc ou batardé, la vesce, le chanvre, le houblon et encore sur le froment, les chénopodes, etc.

D'après les renseignements recueillis, la cuscute n'est apparue que sur un seul champ, mais celui-ci a été envahi complètement ; la récolte précédente avait été du blé venant après trèfle. Ce dernier avait été fortement attaqué par la cuscute, et même, de l'entrelacement de quelques betteraves, on a retiré quelques plantes de trèfle (*Medicago lupulina* L.). Stift pense qu'il y a relation de causalité entre l'invasion dont souffrait la betterave et celle qu'avait supportée le trèfle deux ans auparavant. La betterave ne peut manquer de souffrir de l'attaque de la cuscute, car son appareil foliaire ne saurait résister longtemps. La constatation de cette

(1) *Wochensch. Rubenzucker. Ind.*, p. 405, 1901.

nouvelle affection est trop récente pour qu'on ait des renseignements sur les dégâts qu'elle cause et les mesures à prendre pour en prévenir le retour ou la combattre.

§ 3.

LES MALADIES DE LA BETTERAVE

261. Généralités. — On pourrait répartir ces maladies dans trois grands groupes : 1^o Maladies d'origine quelconque ; 2^o Maladies d'origine bactérienne ; 3^o Maladies cryptogamiques proprement dites. Malheureusement la cause de beaucoup d'entre elles est encore trop indéterminée pour que l'on puisse adopter une pareille classification.

En général, les diverses affections qui peuvent atteindre la betterave, reconnaissent pour cause efficientes des germes très différents ; ceux-ci, dans les conditions ordinaires, végètent à l'état saprophyte et ils n'évoluent soudainement, d'une façon parfois désastreuse, que sous l'influence de circonstances climatiques favorables à leur développement ou défavorables à la vie de la plante.

Pour combattre les effets nuisibles de ces infiniment petits, il convient évidemment de favoriser le plus possible la végétation de la betterave soit par l'emploi de fumures convenables, soit par des façons culturales. Cette règle est applicable à tous les cas.

262. Brûlure de la racine (Wurzelbrand). Syn. *Pied chaud* (1), *mal du pied*, *pied noir*, etc. — Nous avons déjà parlé de cette maladie à propos des germes microbiens et autres accompagnant les graines de betteraves ; cela nous permettra d'être maintenant très succincts. Le mal du pied est extrêmement répandu ; c'est surtout en Hongrie que ses ravages atteignent le maximum d'importance.

C'est une affection du jeune âge de la plante ; à ce stade de son développement, la betterave est très peu résistante et elle peut périr sous l'action des causes les plus diverses. Généralement, peu après l'apparition des cotylédons au-dessus du sol, on voit ces organes jaunir, se flétrir et disparaître en se couchant à la surface de la terre ; en même temps la racine prend une teinte un peu violacée, qui se fonce de plus en plus, et se transforme finalement en une coloration noir brunâtre.

On a attribué ce phénomène à l'évolution, au sein des tissus des jeunes germinations, de microorganismes tels que : *Bacillus subtilis*, *B. fluorescens liquifaciens*, *B. mesentericus vulgatus*, *B. mycoides*, etc. Nul doute, en effet, que ces bactéries ne soient l'une des causes de la maladie. Nous disons, à

(1) Voy. : Vivien. *Traité de la fabrication du sucre*, p. 289.

dessein : l'une des causes, car il y en a d'autres, extrêmement nombreuses, tout aussi énergiques que la première, et pouvant agir concurremment avec elle. Parmi ces dernières, il faut citer l'infection des germes de betteraves par des cryptogames, pouvant d'ailleurs aussi affecter les plantes au cours de leur développement. Parmi ces parasites mentionnons : le *Pythium de Bryanna*, le *Phoma beta*, le *Rhizoctonia violacea*, etc.

Mentionnons encore comme pouvant produire le *mal du pied* ou *brûlure de la racine*, des êtres d'une organisation plus complexe, tels que divers nématodes : *Tylenchus*, *Dorylaimus*, *Enchytreides*, etc., que nous avons déjà étudiés en détail.

Il en résulte que cette affection ne peut se rapporter à une cause unique, bien déterminée.

Les parasites dont nous venons de parler peuvent provenir de deux sources différentes ; ou bien ils sont apportés par la graine elle-même, ou bien ils sont présents dans le sol sur lequel on a effectué le semis. Pour ce qui est relatif au premier cas, nous renvoyons le lecteur à ce que nous avons dit au début de cet ouvrage. Quand à l'infection du sol, ou plutôt de certains sols, elle est évidente et ressort d'ailleurs des observations qui ont été faites par différents auteurs.

Vivien, par exemple, a remarqué que le *mal du pied* se reproduisait presque constamment sur les mêmes terres ; de son côté, Geschwind a constaté, il y a quelques années, que cette maladie sévissait et se reproduisait tous les ans avec une grande intensité sur des betteraves plantées dans des terrains provenant de tourbières assainies (1).

L'évolution de l'affection, néanmoins, reconnaît des causes favorables très nettes, parmi lesquelles toutes celles sous l'influence desquelles la végétation est retardée. Les conditions climatiques extérieures, la trop grande humidité du sol, le manque d'aération, une alimentation insuffisante, etc., pourront donc provoquer le *mal du pied* et les conclusions à en tirer, au point de vue de la lutte contre la maladie, sont très simples. Il faut mettre la terre dans les conditions les meilleures possibles pour que les jeunes plantes végètent vigoureusement et rapidement ; pour ce faire, il est nécessaire d'assainir les champs par le drainage, de donner de nombreuses façons agricoles, de fumer abondamment, etc.

Stoklasa (*loc. cit.*) a reconnu expérimentalement que le manque de chaux dans le sol provoquait presque régulièrement l'apparition de la *brûlure de la racine* ; il faut donc aussi faire usage d'amendements calcaires.

Pour l'étude des autres moyens préventifs, nous renvoyons, comme

(1) Voy. : Stoklasa. *La brûlure de la racine des betteraves à sucre*. Trad. Geschwind. *Bull. suc. et dist.*, 17, 600, 1900.

nous l'avons fait plus haut, à la deuxième partie de ce livre ; nous conseillons aussi à nos lecteurs de consulter l'excellent livre de A. Stift (1) dans lequel ils trouveront de nombreux renseignements.

Ce dernier auteur décrit aussi une maladie toute différente qu'il désigne sous le nom de *brûlure persistante de la racine* (Dauerwurzelbrand). Les betteraves atteintes de cette affection possèdent un aspect très particulier. Leur épiderme, crevassé dans tous les sens, donne l'impression d'un cuir enveloppant des tissus absolument sains. En outre, dans ces racines, on ne constate aucune diminution de la teneur en sucre.

D'après Hollrung, cette maladie est assez fréquente depuis quelques années, et elle atteint parfois 50 0 0 des sujets d'un champ. On l'a attribuée à des insectes, à des coups de foudre, etc. Il est probable qu'elle dépend de conditions climatiques extérieures plus ou moins favorables ; peut-être les bactéries du sol jouent-elles aussi un rôle dans son évolution.

263. La Gale de la betterave (2). — Cette affection est décrite dans l'ouvrage de Stift sous le nom de *Rübenschörf* ; elle est spéciale aux racines, les feuilles des betteraves atteintes continuant à se développer normalement. La maladie se porte de préférence vers la partie supérieure des sujets et le plus souvent elle est très nettement limitée par de grandes parties saines. Aux places malades, l'épiderme est détruit ; il se forme une dépression plus ou moins profonde, dont la surface est colorée en rouge brun ou en brun foncé. Cette surface est irrégulière, rude, couverte d'escharres. En dessous de cette zone altérée, les tissus de la betterave restent sains et ce fait différencie nettement cette affection de la *pourriture sèche* dont nous avons déjà parlé à propos des nématodes.

La teneur en sucre des racines atteintes s'abaisse fortement ; voici, à ce sujet, divers chiffres qui ont été donnés par Briem et Hollrung.

	Betteraves malades		Betteraves saines	
	Hollrung	Briem	Hollrung	Briem
Sucre 0/0 de betterave.	9,20	7,20	14,23	11,70

Stift (*loc. cit.*) a trouvé, pour des betteraves du même champ, les poids et les teneurs suivantes :

(1) A. Stift. *Die Krankheiten und thierischen Feinde der Zuckerrübe*, p. 7 à 31, 1900. Voy. aussi : E. Audisio. *Le mal du pied. Bl. suc. et dist.*, 17, 88, 142, 1900.

(2) Cette affection a déjà été bien décrite en 1880, par Vivien, sous le nom de *teigne*. Voy. : A. Vivien. *Traité de la fabrication du sucre*, p. 297.

N° des essais	Poids des sujets	Sucre dans la betterave Extraction alcoolique	Observations
I	600 gr.	13.5	Betteraves saines.
II	292 »	13.7	Betteraves un peu malades.
III	607 »	13.4	» » » »
IV	445 »	11.4	» fortement atteintes.
V	618 »	11.0	Betteraves atteintes sur 1/8 de leur surface.
VI	343 »	11.0	» » » » »
VII	412 »	8.9	» » 1/4 »

Tous les ans on rencontre des betteraves atteintes de cette affection ; néanmoins, les dégâts causés par celle-ci sont faibles. La cause en est encore assez obscure. D'après Frank, les cellules mortes de l'assise corticale supérieure renferment de très petits coccis, qui seraient spécifiques.

Les conditions d'apparition de la maladie ne sont pas encore suffisamment élucidées pour que l'on puisse instituer un mode de traitement bien efficace. Néanmoins on peut augurer de bons résultats de l'emploi des amendements calcaires, du drainage et de façons agricoles énergiques.

264. Gale profonde de la betterave. — Nous traduisons ainsi les mots : *Tiefschorf der Rübe*, qui ont été employés par Sorauer (1) pour dénommer une maladie particulière de la betterave analogue à celle que nous venons de décrire.

Les sujets examinés portaient des cavités profondes, scarifiées, à surface ondulée, fendillée, etc. Le tissu correspondant à ces cavités est mort ; il possède une apparence fongueuse et renferme des bactéries que Sorauer considère comme spécifiques. D'après cet auteur, l'apparition de cette affection est liée avec certaines conditions climatiques ; un temps chaud et sec, d'une certaine durée, par exemple, serait favorable à son évolution.

Somme toute, nos connaissances sur la question sont très restreintes et il serait difficile, actuellement, de donner un mode de traitement rationnel.

265. Erysipèle de la betterave. — Cette maladie a été décrite en 1900 par Hollrung (2), sous le nom de *Gürtelschorf* ; elle est apparue assez abondamment en Allemagne, en 1899, et paraît être une forme plus accentuée des deux affections précédemment décrites. Les feuilles restent normales ; seules, les racines sont atteintes et leur forme est souvent ramifiée.

(1) Sorauer, *Verein Dtsch Zuckerind.* 1899, p. 1035 et *Bl. sucr. et dist.* 17, 903, 1900. Traduction E. Sellier.

(2) Hollrung, *Dtsch. Zuckerind* 1900 et *Bl. sucr. et dist.* 17, 902, 1900. Traduction E. Sellier.

D'après une note publiée en Allemagne par les soins du ministère de l'Agriculture (1), les symptômes du *Gürtelschorf* sont les suivants :

1^o Dans la période bénigne de la maladie, des places plus ou moins grandes de la surface de la betterave prennent une teinte foncée et montrent un grand nombre de petites gerçures longitudinales et transversales. En même temps que l'épiderme se gerçe, les tissus qu'il recouvrait se subérifient. Ces anomalies se constatent dans la partie la plus épaisse de la betterave ; elles se continuent aussi vers la partie inférieure en s'étendant circulairement. La tête de la betterave et la queue n'offrent rien de particulier.

2^o A côté des parties subérifiées, la croissance du corps de la betterave reste stationnaire ; cela n'a pas lieu régulièrement, mais à des places isolées, qui plus tard forment des vallonnements comme si ces phénomènes étaient dûs à des blessures mécaniques, ou encore, et c'est le cas le plus fréquent, sur deux côtés placés vis-à-vis l'un de l'autre sur la betterave et particulièrement aux sillons où se trouvent les radicelles ; dans ce cas, la coupe de la betterave n'est pas ronde, mais ovale. Souvent, ces places s'étendent plus ou moins autour de la betterave ; par la diminution de la végétation, et comme la croissance a lieu au-dessus et au-dessous, il semblerait que la racine a poussé longtemps serrée par un cordon. A côté, on voit des sillons et des parties mamelonnées qui croissent irrégulièrement et donnent à la betterave une certaine ressemblance avec la surface d'un cerveau.

Mais il ne s'agit jusqu'ici que d'une maladie spécifique de l'épiderme, tandis que l'intérieur paraît tout à fait normal. On n'a donc affaire ici qu'à une véritable formation ulcérée et pas du tout à une autre maladie de la betterave, comme par exemple la pourriture sèche.

La maladie peut encore entrer dans une période où le processus de mortification atteint aussi le tissu parenchymateux intérieur du corps de la betterave, de sorte que les parties ainsi malades sont recouvertes de tissus morts, ressemblant à de l'amadou, et de faisceaux vasculaires devenus libres. L'étranglement est alors si important que la section finit par devenir complète. A ce dernier stade, certains autres facteurs, qui sont cependant indépendants du *gürtelschorf*, doivent également jouer un rôle. On trouve dans les parties mortes des larves de différents insectes, particulièrement de plusieurs sortes de mouches, ainsi que des moisissures.

On connaît peu de chose sur l'origine du *gürtelschorf* proprement dit. On est seulement assuré qu'il n'est pas causé par les sols pierreux ou une mauvaise rotation d'assolement. Par contre, certaines propriétés du

(1) C. B. Zuckerind, p. 866, 1900 et *Bl. sucr. et dist.*, 18, 235, 1900. Traduction E. Sellier.

sol, le manque de chaux et l'encroûtement du terrain qui peut être causé par cette pénurie de calcaire ou par des températures défavorables, peuvent avoir une influence sur l'apparition du gürtelschorf. On n'a pas encore pu découvrir si des moisissures ou des bactéries, ou une sorte de nématodes appartenant au genre *Tylenchus*, agissent aussi en même temps. Frank n'a trouvé aucune bactérie à laquelle on puisse rapporter l'affection. La perte causée par le gürtelschorf dans les champs où il apparaissait aurait été de 20 à 30 quintaux par arpent mais on a constaté aussi des diminutions de rendement de 50 à 60 p. 100 de la récolte normale. Le jus des betteraves malades contenait de 1 à 3 p. 100 de sucre en moins que celui des racines normales cultivées dans les mêmes conditions. Le stade plus ou moins avancé de la maladie peut du reste influencer la qualité du jus.

266. Bactériose de la betterave. — Cette maladie est connue depuis fort longtemps ; Stift (1) en a repris l'étude en 1899. Cet auteur a trouvé que le poids des racines malades qu'il avait en mains oscillait de 150 gr. à 500 gr. ; elles étaient flasques ; leur partie inférieure, de la pointe à la moitié et parfois jusqu'au collet était colorée en noir ou en brun foncé. Sur une section, la chair présentait une coloration noirâtre et une apparence grasse tout à fait caractéristique ; chez beaucoup de sujets le tissu du parenchyme était presque entièrement détruit. L'odeur des betteraves coupées était aussi bien spéciale et rappelait celle de la caroube, ainsi que Sorauer l'avait observé déjà pour la bactériose. Beaucoup de racines étaient couvertes de moisissures communes ; quelques unes renfermaient du *Micrococcus prodigiosus* Ehrenberg. La tête des betteraves paraissait entièrement saine ; en coupant, la surface n'était pas colorée, mais elle brunissait à l'air et après quelque temps il apparaissait, à la place des faisceaux vasculaires sectionnés, des gouttelettes d'un liquide noirissant aussitôt (2).

Ces phénomènes, joints à d'autres observations, permettaient de reconnaître la maladie désignée par Frank sous le nom de *bactériose* de la betterave.

L'auteur rappelle les travaux antérieurs faits sur cette maladie par Sorauer, Kramer, Stift, Arthur et Golden, W. Busse, Frank, Linhart, Stoklasa et enfin les analyses d'Herzfeld.

Il a lui-même analysé séparément quelques betteraves possédant bien

(1) A. Stift. *Oest. Ungarische Z.* 18, 605, 1899 et *Bl. sucr. et dist.* 17, 903, 1900 (Traduction E. Sellier).

(2) Ce dernier phénomène n'est nullement spécifique de la bactériose ; ainsi que l'a fait remarquer Gonnermann, on constate le même noircissement sur des betteraves saines.

les caractères de la maladie ; les résultats de ses analyses ne signalent aucune particularité probante ; on n'a remarqué, sans pouvoir l'expliquer, qu'une richesse anormale des cendres en alumine (1).

Stift a fait des essais d'infection sur des parties de betteraves saines, stérilisées et placées dans des chambres humides. Il est parvenu à provoquer sur ces parties saines des phénomènes qui ont une certaine ressemblance avec la bactériose ; cependant il est encore impossible de se prononcer avec certitude.

On a entrepris d'autre part des essais de culture pour étudier la morphologie de l'agent causal de la maladie. Dans les cultures sur plaques se développent rapidement de nombreuses colonies de formes diverses. A l'examen, on constata la présence de nombreux cocci dont l'étude ne fut pas poussée plus loin ; une autre forme se distinguait par une liquéfaction rapide de la gélatine nutritive ; on en fit des cultures pures en stries et piqûres. Ces organismes possèdent une vigoureuse mobilité et des dimensions notables : 0,9 à 1 μ . de large sur 4 μ . de long ; les extrémités sont toujours arrondies. Les préparations à l'état vivant, observées en gouttes, montraient des bâtonnets enfermés par deux dans une capsule avec de nombreux et délicats flagellas qui ont été différenciés d'après la méthode de Löffler. Le sucre d'une gélatine-peptone fut complètement décomposé sous l'action des bactéries, sans dégagement gazeux, ce qui fait supposer une décomposition par hydrolyse. La solution, qui déviait à droite à l'origine, avait acquis un pouvoir rotatoire levogyre sensible, et elle ne précipitait pas de cuivre par ébullition avec la liqueur de Fehling. En gélatine piquée, la liquéfaction commence déjà le deuxième jour ; le liquide se trouble, contient des flocons qui tombent au fond du tube et des membranes blanches qui restent en suspension.

Les cultures sur plaques se liquéfient aussi au deuxième jour avec des excavations caractéristiques. Le microorganisme est strictement aérobie et absolument différent du *B. mycoides*.

Des essais de culture sur pomme de terre n'ont pas donné jusqu'ici de résultats positifs ; par contre, des essais d'infection sur des morceaux de betteraves saines stérilisées, montraient aux places des piqûres un écoulement muqueux de couleur sombre. Il faut mentionner que des essais de contrôle sur des betteraves saines ont toujours indiqué sans exception l'absence du bacille étudié.

Bien que cette étude ne puisse être considérée comme terminée, les essais précédents paraissent confirmer ceux de Sorauer, de Kramer et de Frank, qui attribuent la maladie à une bactérie (2).

(1) Cette alumine a pu être apportée par de l'argile retenue dans les parties malades des betteraves (N.d.A.).

(2) Voyez aussi. *A. Agronom.* 27, 244, 1901.

Herzfeld (1) a examiné des betteraves atteintes de bactériose et leur a trouvé la composition suivante :

	Mars Betteraves		Avril Betteraves	
	Malades	Saines	Malades	Saines
Poids spécifique du jus	1,050	1,049	1,064	1,074
Cendres dans le jus	0,51	0,44	0,91	0,73
Polarisation du jus	15,4	15,6	9,45	11,73
Sucre inverti.	0,21	0,09	0,23	0,20
Saccharose dans la betterave.	—	—	9,35	11,62

Stift (2) a également comparé par l'analyse, des racines saines et malades. (Nous donnons le tableau page suivante).

Il résulte de ces chiffres, que les betteraves atteintes de la bactériose sont d'une très faible valeur pour le fabricant de sucre. Néanmoins, aucune méthode n'a encore été donnée pour combattre cette maladie.

267. Jaunisse de la betterave. — Cette maladie a été étudiée par Prillieux et Delacroix (3).

Il y a quelques années, on constata dans certaines régions de la France, en particulier dans le Nord, le Pas-de-Calais et les environs de Paris, une affection de la betterave qui n'avait pas encore été observée. On la désigna sous le nom de *jaunisse*.

Cette maladie semble prendre naissance dans les pièces où ont végété les porte-graines. Tous les cultivateurs sont d'accord sur ce point. C'est, en général, dans la première quinzaine de juillet qu'elle fait son apparition. Toutefois en 1898 à cause du retard de la végétation, elle ne s'est montrée qu'un peu plus tardivement, environ une semaine plus tard que l'année précédente.

Au début, les feuilles semblent avoir perdu un peu de leur turgescence normale ; les pétioles sont moins rigides et la pointe du limbe s'abaisse vers le sol. En même temps, dans toutes ces feuilles, dans celles de la périphérie d'abord, puis, peu après, dans celles du cœur, le limbe se montre très finement marqueté de vert et de blanc, comme dans la *mosaïque* des feuilles du tabac. Cette apparence est encore plus nette, quand on observe les feuilles par transparence ; les parties décolorées, surtout sur les feuilles très jeunes, sont translucides.

Progressivement, la différence de couleur entre les petites taches

(1) Voyez : Stift. *Die Krankheiten der Zuckerrübe*, p. 75.

(2) Voy : Stift. *Die Krankheiten der Zuckerrübe*, p. 76.

(3) Prillieux et Delacroix. *La jaunisse, maladie bactérienne de la betterave. Bl. suc. et dist.*, 16, 234, 1898.

	Betteraves très altérées		Betteraves moins atteintes que les précédentes				Betteraves sèches peu malades	
	Fraîches	Matière sèche exempte de sable	Fraîches	Matière sèche exempte de sable	Fraîches	Matière sèche exempte de sable	Fraîches	Matière sèche exempte de sable
Eau.....	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Albumine.....	86.83	—	75.40	—	63.06	—	30.62	—
Substances azotées non albumi- noïdes.....	0.69	5.30	1.25	5.03	4.06	11.01	2.31	4.69
Graisse (extraite à l'éther).....	0.06	0.46	0.19	0.77	1.32	3.58	1.63	3.31
Saccharose (extraction alcool- ique).....	0.70	5.37	0.78	3.14	1.21	4.28	0.68	1.38
Sucre inverti.....	0.40	3.07	1.40	5.64	1.30	3.52	12.40	23.17
Substances extractives non azo- tées.....	1.65	12.67	1.50	6.04	0.52	1.41	2.70	5.48
Fibres brutes.....	6.37	48.94	13.05	52.58	19.89	53.93	21.27	43.16
Cendres pures.....	1.50	11.52	4.06	16.36	4.27	11.58	4.29	8.71
Sable.....	1.65	12.67	2.59	10.44	4.31	11.69	3.99	8.10
	0.45	—	0.08	—	0.06	—	0.11	—

blanches et vertes du limbe devient moins marquée, les unes et les autres prennent une nuance jaunâtre et la feuille finit par se dessécher ; elle a alors une teinte indécise qui varie du jaune au grisâtre.

A partir de juillet les racines des pieds fortement atteints ne grossissent plus ; bien que leur teneur en sucre reste normale, la perte totale peut atteindre 50 p. 100 de la récolte.

Si l'on conserve les betteraves malades et qu'on les replante au printemps suivant pour en faire des porte-graines, les feuilles qui apparaissent montrent tous les caractères pathologiques énumérés plus haut. Néanmoins, la hampe florale prend naissance et les fleurs s'y développent.

Quand on examine au microscope les feuilles malades, on voit facilement, dans les cellules qui correspondent aux régions décolorées de la feuille, de très nombreuses bactéries courtes, en forme de tonnelet, tourbillonnant rapidement dans le liquide cellulaire. Les corps chlorophylliens se décolorent et leurs contours deviennent moins marqués que dans les cellules restées intactes ; les granulations y sont plus réfringentes et plus apparentes qu'à l'état sain.

Sur les porte-graines atteints, on trouve les bactéries, non seulement dans les feuilles, mais encore dans les bractées florales et le calice. Il est donc présumable que ces bactéries persistent, probablement à l'état de spores, dans le glomérule.

La bactérie des betteraves atteintes de jaunisse a été cultivée au laboratoire par Prillieux et Delacroix et elle a servi à produire des infections artificielles.

Trois rangées de betteraves, semées en sol stérilisé et repiquées dans un petit jardin dépendant du laboratoire, ont été arrosées avec de la culture de la bactérie diluée à 4 pour 5 d'eau. Elles présentaient quelque temps après, de la façon la plus nette, les caractères de la maladie, tandis que trois autres rangées voisines de betteraves extraites de la ferme de Joinville et non infectées sont restées absolument saines.

Les feuilles desséchées des betteraves atteintes de jaunisse l'année précédente, transmettent la maladie aux jeunes plants de betteraves. Le fait a été constaté par l'expérience suivante :

Les feuilles sèches de pieds malades ont été réduites en poudre grossière que l'on mélangea au sol d'un jardin en avril. De jeunes plants de betteraves y furent repiqués. Quelques semaines plus tard tous étaient infectés ; au contraire, d'autres jeunes betteraves provenant du même semis et replantées dans un champ non contaminé ne présentaient aucune trace de maladie.

D'autres auteurs, Troude, Stift, ne reconnaissent pas aux bactéries trouvées par Prillieux et Delacroix l'action spécifique que ces auteurs leur attribuent. De nouvelles recherches sont encore nécessaires, surtout en

ce qui concerne la détermination des règles à suivre pour en combattre l'extension. M. Troude a entrepris cette étude dans les cultures de M. Gruyelle père, dans les environs de Lille. Les résultats n'ont pas encore été publiés, mais le professeur de l'école de Douai a donné les chiffres suivants qui sont les moyennes de nombreuses analyses :

	Betteraves saines	Betteraves malades
Sucre dans la betterave	13,10	10,80
Quotient de pureté du jus. . . .	85,	82,
Récolte à l'hectare.	27.000	18 000 k.

Chez les betteraves saines la production de sucre à l'hectare était par conséquent de 3.537 kil., tandis qu'elle n'atteignait que 1.944 kil. chez les betteraves malades. Cette diminution est extrêmement importante et correspond à 45 0/0.

268. Albinisme des betteraves. — Cette maladie est très commune ; il est bien rare en effet, que dans un champ de betteraves on ne puisse remarquer au moins quelques racines qui en soient atteintes. L'aspect du feuillage de ces plantes malades est d'ailleurs caractéristique. Tout ou partie du limbe prend en effet une coloration d'un blanc de lait, légèrement jaunâtre, panachant les feuilles de la façon la plus imprévue. Tantôt ces parties blanches se montrent sous la forme de larges macules pouvant envahir la totalité des organes verts ; tantôt ces taches, plus petites et isolées, n'affectent qu'une faible partie de la surface des limbes ; tantôt encore elles se présentent sous la forme d'un semis irrégulier de points blancs. Cette affection résulte évidemment d'une altération de la chlorophylle et elle doit entraîner une modification correspondante dans la composition de la plante.

Briem a examiné à ce point de vue les feuilles blanches et les feuilles normales ; il a trouvé :

	Parties blanches	Parties vertes
Eau.	88,92 0/0	85,23 0/0
Matière organique	8,92 »	11,15 »
Cendres	2,16 »	3,62 »

La cause de l'albinisme de la betterave n'est pas encore connue.

269. Mildiou de la betterave. — Cette maladie est due au développement d'un *Peronospora*, le *Peronospora Schachtii* Fuck, qui attaque les feuilles jeunes, celles du cœur principalement, arrête la végétation et souvent même entraîne la mort des betteraves. Dans le cas où l'invasion s'arrête sous l'influence de conditions météorologiques défavorables

comme cela se produit quand le temps est sec, les betteraves peuvent continuer à végéter ; des touffes de jeunes feuilles se développent à la place de celles qui sont mortes, mais les effets du mal persistent en partie et se traduisent par une diminution considérable de la quantité de sucre contenue dans les racines (1).

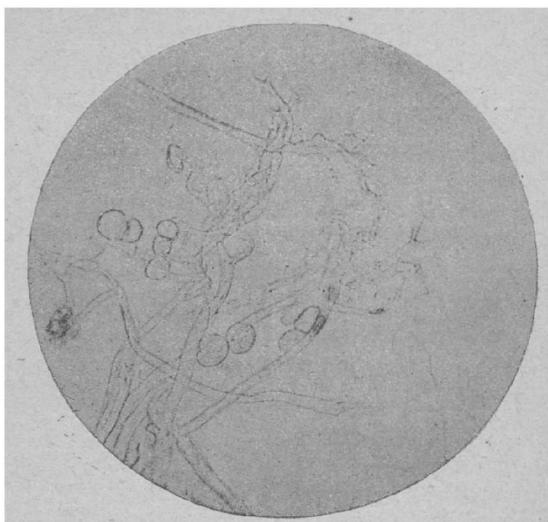


Fig. 119. — Tubes mycéliens et conidies du *Peronospora Schachtii* ; photogramme de Kühn à Naarden.

Le mildiou de la betterave s'est montré en France avec une dangereuse intensité en 1852, dans les environs de Valenciennes, en 1866, dans le Limousin, en 1882, aux environs de Paris. Hollrung l'a signalé en 1894, dans la province de Saxe. Il est beaucoup plus commun, probablement, qu'on ne le pense généralement, et d'après Prillieux (2) il est souvent la cause véritable d'une maladie que l'on attribue à de petits champignons noirs, voisins des *Alternaria* qui se développent sur les jeunes feuilles quand elles ont été tuées par le *Peronospora*.

Les feuilles attaquées par le *Peronospora Schachtii* sont contournées, déformées, un peu épaissies, cassantes ; elles présentent d'ordinaire des boursouffures sur leur face supérieure et, en dessous, aux places correspondantes, elles sont couvertes d'un revêtement gris lilas, dû aux conidiophores chargés de conidies de cette couleur, qui sortent par les stomates. Ce revêtement peut même couvrir toute la face inférieure des feuilles attaquées.

(1) A. Girard. *Bulletin de la société nationale d'agriculture*, 1882, p. 536.

(2) Prillieux. *Maladies des plantes agricoles*. 1, p. 138.

Le mycelium du *Peronospora* de la betterave est formé, d'après Prillieux (*loc. cit.*) comme celui de la vigne, de tubes non divisés, ramifiés, irrégulièrement dilatés par places (fig. 119). Ces tubes rampent entre les cellules et y enfoncent des suçoirs qui sont de véritables petits rameaux qui pénètrent dans les cellules nourricières et s'y bifurquent à plusieurs reprises.

Les branches du mycelium qui rencontrent des stomates sortent par ces ouvertures et forment au dehors de petits troncs conidiophores. Un peu dilatés à la base, ceux-ci se ramifient par des bifurcations ascendantes, se terminant par des ramuscules en alène et portant à leur extrémité des conidies ovoïdes-globuleuses de couleur gris-lilas.

Placées dans l'air humide ces conidies germent facilement en émettant, sur un point quelconque, un tube de germination qui peut pénétrer dans la feuille. La germination se fait très rapidement ; en quatre ou cinq heures l'infection est opérée (fig. 120).

Les feuilles envahies meurent rapidement, se dessèchent ou pourrissent. On peut y trouver en abondance des œufs globuleux lâchement renfermés dans des oogones. Ils offrent une très grande ressemblance avec ceux du *Peronospora* de la vigne (1).

L'existence de ces spores dormantes permet d'expliquer très simplement le mode de propagation de la maladie d'une année à l'autre. Avant leur découverte, on devait admettre avec Kühn (2) que c'était grâce à son mycelium, hivernant dans le collet des racines conservées pour fournir des porte-graines, que le *Peronospora* revivait l'année suivante et produisait de nouveaux conidiophores sur les betteraves replantées au printemps.

Il conviendra, dans le but d'éviter la propagation du fléau, de veiller avec grand soin à ce que les feuilles des sujets malades ne soient portées à l'étable ou au fumier ; sans cette précaution on courrait risque d'en apporter les germes dans les champs où on cultivera la betterave l'année suivante.

L'alternance des cultures met heureusement grand obstacle à la propagation du *Peronospora Schachtii* et empêche que la maladie qu'il produit ne se perpétue comme cela a lieu pour le *Peronospora* de la vigne.

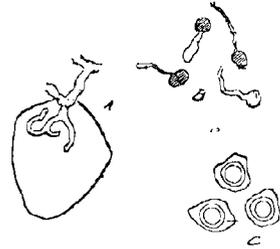


Fig. 120. — *Peronospora Schachtii* A, Conidiophore. — B, Conidies en germination. — C, Œufs (d'après Prillieux).

(1) Prillieux. *Sur une maladie de la betterave*. *l. R.* 1883, p. 536.

(2) Kühn. *Zeitschr. d. landw. Centralver. d. Prov. Sachsen*, 1872.

En outre, il est tout indiqué, pour se garer d'une infection toujours possible, d'avoir recours aux traitements préventifs à la bouillie bordelaise, recommandés dans le même but par A. Girard, à propos de la *maladie de la pomme de terre*.

270. Tumeurs charbonneuses de la betterave. — Cette maladie est à peu près semblable, par l'aspect extérieur des lésions, à celle que nous avons décrite sous le nom de *goître de la betterave* et qui reconnaît une tout autre cause.

Les tumeurs charbonneuses de la betterave sont dûes à un parasite que Trabut (1) a fait connaître sous le nom d'*Œdomyces leproides* et qui a attaqué, en 1894, les betteraves du champ d'expérience de l'école d'agriculture de Rouïba près d'Alger.

Les racines atteintes présentaient à leur collet, au niveau des premières feuilles, des tumeurs irrégulières, bosselées, atteignant la grosseur du poing. Certains sujets en portaient un nombre assez grand pour que leur poids atteignit le tiers de celui de la racine. Le tissu de ces corps est charnu et, sur une coupe, se montrent de petites taches brunes ; ils sont fort resserrés à leur base et semblent portés par un pédicule. M. Trabut les considère comme produits par la tuméfaction et la déformation soit d'une feuille soit d'un bourgeon entier.

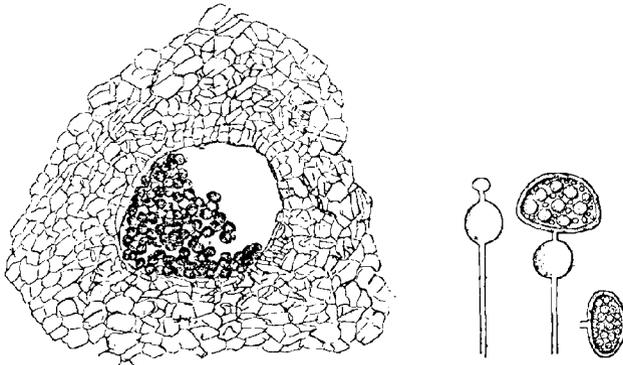


Fig. 121 et 122. — *Œdomyces leproides*. A gauche, coupe du tissu d'une tumeur, passant par une logette où se produisent les spores (d'après Prillieux) ; à droite, spores d'*Œdomyces leproides* (d'après Trabut).

L'étude microscopique de ces tumeurs montre qu'elles sont formées par un parenchyme charnu composé de cellules à parois délicates, dans

(1) Trabut. *Sur une ustilaginée parasite de la betterave*, C. R. 118, juin 1894. — R. Gén. bot., 6, 1894.

lequel sont creusées des cavités où sont logées des amas de grosses spores brunes, arrondies, souvent un peu aplaties d'un côté. Elles sont portées à l'extrémité de rameaux sporifères extrêmement déliés qui sont subitement renflés en vésicules incolores peu au-dessous de l'insertion de la spore. Leur enveloppe est épaisse et lisse. Ces spores sont de très grande taille et leur diamètre mesure environ 35 μ .

Les alvéoles où sont enfermées les spores dans le parenchyme de la tumeur sont nettement limitées ; elles sont généralement arrondies ou ovales (fig. 121 et 122).

Le *charbon de la betterave* est assez rare et actuellement on ne connaît pas encore de moyens efficaces pour le combattre.

271. La Rouille de la betterave. *Uromyces Betae* (Pers) Kühn ; Syn. : *Uredo Betae* Pers. — *Uredo cinta* β Strauss. — Les feuilles de la betterave sont fréquemment atteintes en été par cette rouille. Elles présentent alors de petites pustules courtes, ovoïdes ou presque rondes, très nombreuses, qui crèvent l'épiderme et laissent échapper une poudre d'un brun jaunâtre formée par les uredospores de l'*Uredo Betae* Pers. Elles sont ovales ou arrondies, presque lisses, ne portant à leur surface que des petits points saillants assez clairsemés et d'une extrême finesse. A leur équateur sont des spores par où, lors de la germination, sort un tube germinatif qui pénètre dans la feuille et y devient un mycelium qui va bientôt former, sous l'épiderme, de nouvelles touffes d'*Uredo*.

A l'arrière saison, aux spores d'*Uredo* sont mêlées des téléutospores qui sont d'un brun plus foncé que les uredospores. Elles sont arrondies, elliptiques ou ovales, lisses, d'un brun noirâtre, avec une papille terminale incolore. Elles émettent, par leur sommet, un promycelium dont les sporidies germent sur la feuille de betterave.

Les spores d'*Uredo* et les téléutospores se montrent du mois de juin au mois d'octobre.

Les aécidiales et *Aecidium* apparaissent en avril ou mai (1).

La Rouille de la betterave peut, quand elle prend un grand développement, épuiser notablement la plante et produire une diminution sensible de la récolte. Ce n'est pas, heureusement, le cas général et le plus souvent la maladie est bénigne, tout en étant extrêmement commune.

Pour combattre la rouille de la betterave il est à recommander d'enlever du champ et de détruire les feuilles des sujets atteints ; on a proposé aussi d'arroser les parties malades avec de la bouillie bordelaise ou encore, de juin à août, avec un liquide composé de 30 parties de nitrobenzol,

(1) Voy. : Prillieux. *Maladies des plantes agricoles*, 1, p. 245.

150 parties d'alcool amylique, 100 parties de savon de potasse, étendu de 15 fois son poids d'eau (1).

En général, cependant, l'affection cause si peu de dégâts qu'il est inutile d'avoir recours à ces méthodes.

272. Maladie à *Sclerotium semen*. *Thyphula variabilis* Riess.
— Le mycelium de ce champignon produit des sclérotés d'environ 2 millimètres de diamètre, d'abord blancs puis successivement brun clair et brun foncé.

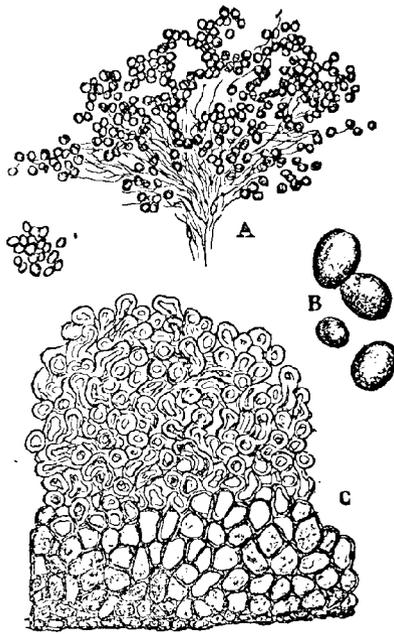


Fig. 123. — *Sclerotium semen*. A, mycelium formant des sclérotés (grandeur naturelle). — B, sclérotés grossis. — C, Coupe d'un scléroté à un plus fort grossissement. (D'après Prillieux).

Leur ressemblance avec des graines de végétaux leur a fait donner le nom de *Sclerotium semen*. Ces tubercules sont constituées à l'intérieur par une sorte de parenchyme blanc formé par des filaments mycéliens ramifiés et entrecroisés. Vers l'extérieur, ces filaments grossissent et se divisent, par des cloisons plus rapprochées ; chaque article forme une cellule

(1) Voy : Stift. *Die krankheiten der Zuckerrübe*, p. 96.

ovoïde. Les cellules superficielles constituent l'écorce brune du sclérote ; elles sont un peu aplaties et leurs parois, assez épaisses, sont fortement colorées en brun foncé (fig. 123).

Ces sclérotés se rencontrent assez fréquemment sur les feuilles et les tiges pourrissantes de plantes fort diverses. Quand les conditions sont favorables, chacun d'eux produit une pousse blanchâtre dressée de 1 à 2 centimètres, un peu renflée en massue sur une longueur de 1 à 2 millimètres. Cette partie plus épaisse est couverte d'un hyménium grisâtre dont les basides claviformes portent 4 sterigmates, à la pointe desquels naissent des spores cylindriques dont la membrane est incolore et lisse (fig. 124).

Un mycelium portant des sclérotés qui paraissent identiques à ceux du *Sclerotium semen* semble parasite de la betterave.

D'après Prillieux (1), des échantillons de betteraves envahies par un mycelium qui en rongeaient les tissus et produisait en abondance de petits sclérotés pareils à ceux du *Typhula variabilis* ont été envoyés d'Espagne au Laboratoire de pathologie végétale ; on assure que sous ce climat ce parasite produit des dégâts extrêmement considérables dans les cultures de betteraves.

En France, jusqu'ici, on n'a pas signalé le *Sclerotium semen* comme parasite.

273. Mort de la betterave. *Rhizoctonia violacea* (D. C.) Tul. (Syn : *Racine*, *pourriture rouge*, etc). — Les betteraves attaquées par cette maladie, qui en Allemagne est aussi nommée *pourriture rouge de la betterave* (Rothfäule), présentent une coloration violette caractéristique. Cette coloration est celle des filaments mycéliens du cryptogame spécifique, la *rhizoctone violette*, qui, en s'entremêlant et rampant de tous côtés sur la surface de l'épiderme, forment à la racine une sorte de revêtement arachnoïde. De place en place, ces filaments mycéliens se serrent les uns contre les autres de sorte qu'il devient fort difficile de les distinguer (fig. 125) ; il se forme ainsi, de place en place, de petites ponctuations irrégulières, hémisphériques, que l'on appelle *corps milliaires* et qu'on peut facilement apercevoir à l'œil nu. Si on fait une coupe au travers d'un de ces corps et

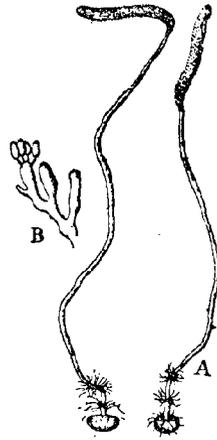


Fig. 124. — *Typhula variabilis*. A, Pousses de *Typhula variabilis* émises par les sclérotés. — B, Baside (D'après Brefeld et Prillieux).

(1) Prillieux. *Maladie des plantes agricoles*. 1, p. 305.

du tissu de la racine qui les porte, on voit que les filaments du revêtement arachnoïde de la rhizoctone, après avoir formé une masse feutrée où ils sont entremêlés et serrés, s'allongent en s'orientant vers la surface de la racine. Ces filaments, en s'allongeant, pressent sur la couche subéreuse qui forme le tégument de la betterave et s'insinuent entre les cellules du périoderme. Ils se pelotonnent alors dans leur intervalle et par leur pression tendent à les écarter davantage. Ils dissocient ainsi les cellules du périoderme, mais sans les percer. Ce n'est que quand la couche subérifiée est traversée, que les filaments, jusque là serrés les uns contre les autres, s'épanouissent dans le tissu sous-jacent, s'irradiant dans tous les sens, pénétrant librement à travers toutes les cellules, rongent le tissu qui n'offre plus de résistance (fig. 126).

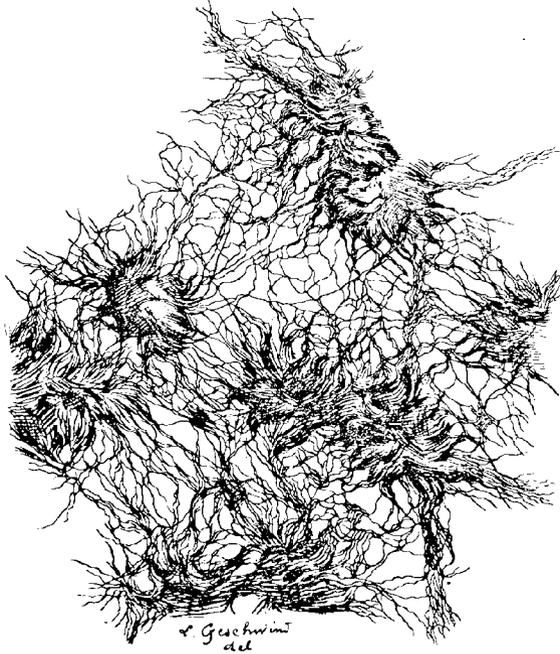


Fig. 125. — *Rhizoctonia violacea*. Vue du revêtement arachnoïde sur l'épiderme de la betterave. (Reproduction à la chambre claire par L. Geschwind,

là où on ne trouve sur la racine qu'un revêtement arachnoïde violet, sans *corps milliaires*, le tissu sous-jacent reste intact ; ce n'est que sous ces corps que la pénétration de la rhizoctone a lieu et que la désorganisation du parenchyme se produit. Isolés, les filaments byssoides du mycélium ne peuvent traverser l'écorce. C'est l'action exercée par le tissu du

corps milliaire sur la couche superficielle de la racine qui, seule, rend possible la pénétration du parasite.

D'après Prillieux (1), c'est donc bien à tort que Sorauer (2) a supposé que les filaments déliés qui parcourent les tissus altérés de la racine, la corrodent et vont former au dehors des perithèces stériles et incomplète-

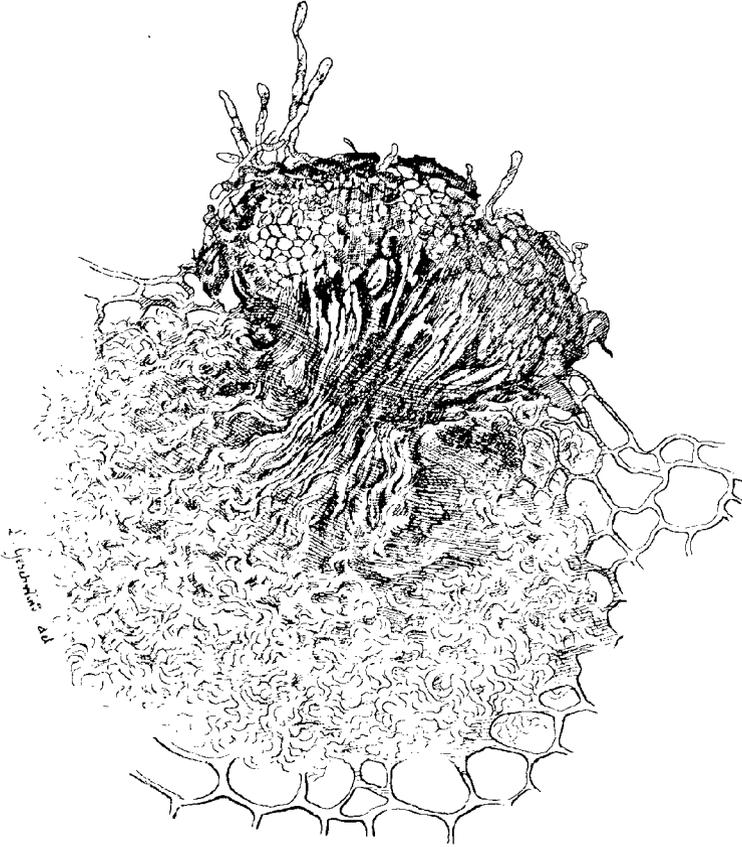


Fig. 126. — Coupe faite par E. Sellier dans un corps milliaire du *Rhizoctonia violacea*, sur la betterave ; reproduction à la chambre claire par L. Geschwind.

ment formés. Ces corps milliaires n'ont avec les perithèces des Sphæriacées qu'une ressemblance toute superficielle. Leur organisation rappellerait plutôt celle des suçoirs des parasites phanérogames ; mais ils sont surtout analogues aux petits sclérotés du *Rosellinia guercina*, grâce auxquels se fait

(1) Prillieux. *Maladies des plantes agricoles* 2, p. 455.

(2) Sorauer. *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*, 2^e édit. 2, p. 355.

la pénétration du mycelium à l'intérieur de la racine pivotante des plants de chêne. Ce sont de même, des organes spéciaux, chargés exclusivement d'assurer la pénétration de la rhizoctone à l'intérieur de la plante nourricière,

La *rhizoctonia violacea* attaque non seulement les betteraves, mais aussi le safran, les pommes de terre, la luzerne, etc. On a considéré comme fructification de la rhizoctone de la luzerne, non seulement les pycnides désignées par Fuckell sous le nom de *Byssothécium circinans*, Fuckell ou *Hendersonia Medicaginis*, Saccardo (*Hendersonia circinans*), mais encore une forme conidienne, *Lanosa invals*, de Fries et une forme parfaite, le *Leptosphaeria circinans* (Fuckell) Sacc., qui ne devrait pas être confondue avec l'*Amphisphaeria zebrina* De Not. ; d'après Prillieux (*loc. cit.*) il n'est pas bien sûrement établi que ces diverses fructifications correspondent à la forme stérile constituée par le *rhizoctonia violacea* Fuck. Les perithèces ont été observés par Fuckel, en automne, sur des racines entièrement pourries d'une luzerne tuée par la rhizoctone. Ce n'est pas là une preuve suffisante pour attribuer le perithèce de la Sphæriacée à la rhizoctone violette ; de nouvelles observations sont nécessaires pour trancher cette délicate question. Somme toute, le mode de propagation de la maladie est encore inconnu.

Ce qu'on connaît bien, par exemple, ce sont les dégâts qu'elle cause parfois aux cultures betteravières. Généralement, peu après l'apparition du revêtement arachnoïde et aussitôt le développement des corps milliaires, le tissu sous-jacent prend une teinte brunâtre qui s'accroît de plus en plus pour arriver finalement au noir brun. En même temps, l'altération des tissus gagne vers le centre, la végétation se ralentit et en fin de compte on ne récolte que des racines de mauvaise qualité et de faible valeur ; la teneur en sucre diminue au fur et à mesure que s'avance le processus de décomposition des tissus. D'après Stoklasa (1) des betteraves faiblement rhizoctoniées renfermaient 11,6 0/0 de sucre ; à un stade plus avancé, elles en renfermaient 8,4 0/0 ; plus tard encore on ne trouvait plus que 2,2 0/0 et, finalement, après décomposition à peu près complète, la teneur en sucre s'était abaissée à 0,6 0/0. Gaillot (2) pense que la maladie dite *des bois defrichés* doit être rapportée au *Rhizoctonia violacea* ; mais il nous paraît que l'on désigne sous ce nom beaucoup d'affections très différentes.

En 1899, nous avons étudié avec M. Vivien (3) les variations occasionnées par le cryptogame dans la proportion des divers éléments constituants de la racine. Nous extrayons de la note publiée par M. Vivien le tableau suivant très intéressant à consulter :

(1) Cité par Stift. *Die Krankheiten der Zuckerrübe*, p. 68.

(2) Gaillot. *St. agronom. de l'Aisne*, 1895.

(3) Vivien. *Sucrierie indigène*, 55, p. 35.

	Betteraves du Laonnais		Betteraves de Toluse		Betteraves du Cambresis				Betteraves Rhizoclonées du Pi-Quentinois
	Saines	Rhizoclonées	Saines	Rhizoclonées	Choisies parmi les moins malades et débarrassées des parties malades	Rhizoclonées	Saines	Rhizoclonées	
Nombre de racines { pivotantes..... { racineuses.....	49 } 20 4 } 320	41 } 45 4 } 320	43 } 45 3 } 650	43 } 46 3 } 640			12 } 15 3 } 653	21 } 24 3 } 393	» 388
Poids moyen des racines..... Cent kilos contiennent	16.45 0.87 6.78 76.20	42.85 4.50 8.13 77.50	46.20 0.96 6.84 76.00	44.55 1.00 7.05 77.00	43.80 4.40 7.90 77.20	43.80 4.40 7.90 77.20	16.00 4.12 4.68 78.20	13.75 4.20 9.95 75.10	12.40 2.07 7.38 78.15
Sucré..... Matières minérales..... Matières organiques diverses..... Humidité.....	100.00 90.14 83.27 8°26	100.00 87.60 81.48 7°51	100.00 93.90 86.71 8°30	100.00 92.55 85.80 7°16	100.00 96.32 89.84 7°22	100.00 96.32 89.84 7°22	100.00 97.05 90.31 8°21	100.00 96.36 89.73 7°37	100.00 95.66 89.27 7°16
Poids du jus..... Volume du jus..... Densité du jus à 15°C..... Un hectolitre de jus contient	19.40 0.48 0.72 1.34 86.62	15.77 0.30 0.41 0.72 87.83	18.69 0.29 0.72 2.05 86.55	16.94 0.41 0.78 2.26 87.43	45.36 0.36 0.78 2.37 88.35	45.36 0.36 0.78 2.37 88.35	17.18 0.15 0.72 3.54 86.65	15.32 0.32 0.67 2.46 88.10	13.90 0.32 1.12 3.37 88.45
Sucre..... Rédacteurs..... Cendres..... Matières organiques..... Eau.....	108.26 0.123 1.95 89.64 26.94	107.51 0.098 1.71 80.12 17.01	108.30 0.142 1.94 85.93 25.95	107.76 0.135 1.87 83.82 23.52	107.22 0.234 1.91 81.44 19.61	107.22 0.234 1.91 81.44 19.61	108.24 0.125 1.96 79.57 23.86	107.37 0.109 1.86 78.80 22.52	107.16 0.141 1.73 74.29 12.35
Acidité du jus (exprimée en SOH?)..... Sucre par cent kilos de betteraves par degré de densité du jus..... Quotient de pureté Vivien..... Quotient sain.....	0.458 0.664 0.978	0.227 1.000 1.766	0.124 0.517 0.765	0.165 0.731 1.136	non dosé » »	non dosé » »	0.213 0.997 1.331	0.193 0.775 1.404	0.206 0.946 1.666
Azote albuminoïdal	0.987 4.150 6.410	1.418 6.250 11.033	0.775 3.231 4.781	0.403 4.568 7.400	non dosé » »	non dosé » »	1.531 6.406 8.518	1.206 4.843 8.775	1.292 5.943 10.442
0/0 de betteraves..... 0/0 de matières sèches..... 0/0 de sucre.....	0.082 0.344 0.507	0.488 0.892 1.463	0.139 0.579 0.858	0.135 0.595 0.925	non dosé » »	non dosé » »	0.026 0.119 0.163	0.148 0.597 1.221	0.138 0.630 1.412
Azote sous forme soluble, des nitrates, composés ammoniacaux, amidés etc. 0/0 de betteraves..... 0/0 de matières sèches..... 0/0 de sucre.....	0.240 1.008 1.485	0.415 1.892 3.229	0.263 1.096 1.623	0.300 1.326 2.066	0.462 2.027 3.347	0.462 2.027 3.347	0.239 1.096 1.494	0.344 1.372 2.625	0.344 1.576 2.778

Cette campagne de 1899 a été, en France, absolument remarquable au point de vue des dégâts causés par la Rhizoctone violette. Dans le Laonnois, le St. Quentinnois, le Cambrésis, certaines régions de l'Oise, etc., la maladie a sévi avec une extrême intensité causant des pertes considérables aux agriculteurs et aux fabricants de sucre.

Les betteraves atteintes par la Rhizoctone violette ne se conservent pas en silo, et on doit les travailler dès leur arrivée à l'usine si l'on veut en extraire du sucre avec un peu de profit.

Cette maladie présente une très grande résistance ; elle persiste plusieurs années dans le sol. Gaillot a signalé des cas d'infection allant de la betterave sur la pomme de terre ou la luzerne et vice versa. Nous devons dire, cependant, qu'il paraît nécessaire que certaines conditions climatiques, encore mal connues, soient remplies, pour que la maladie se développe avec intensité car on a observé une récolte de betteraves saines sur un champ ayant porté des betteraves rhizoctoniées l'année précédente.

Les années humides, dit on, sont les plus favorables au développement de la Rhizoctone ; cependant d'après Vivien, on ne lui a jamais vu causer autant de dommages qu'au cours de cette année de 1899 qui a été extraordinairement sèche. Dans les sols sablonneux, où la betterave a le plus souffert de la sécheresse, on a en outre constaté plus de betteraves malades que dans les sols argileux.

Chaque fois qu'une plante souffre, elle est sujette aux atteintes des insectes et des cryptogames et c'est peut-être à ce ralentissement dans sa croissance qu'il faut attribuer le grand développement de la Rhizoctone qui a atteint les betteraves de 1899 et a causé de si grandes pertes chez certains cultivateurs qui n'ont pas obtenu 18.000 kilos en moyenne à l'hectare et ont eu peu de densité.

En 1899 la Rhizoctone a fait son apparition en septembre, au moment des pluies qui ont suivi une sécheresse de plus de deux mois et les betteraves atteintes ont été complètement entravées dans leur développement ; à partir de ce moment elles n'ont plus fait ni poids ni sucre.

Le remède n'est pas connu, mais fort heureusement, il est rare de voir cette maladie atteindre un aussi fort développement qu'en 1899. Vivien pense que le chaulage pratiqué à la dose de 3 à 4.000 kilos par hectare doit réussir, car la maladie ne s'est montrée que sur les sols acides (siliceux) et il n'en a constaté aucun cas sur les terrains calcaires.

De toute façon il est nécessaire de détruire les foyers d'infection, ou tout au moins de les isoler dès qu'ils apparaissent dans les cultures, en creusant par un fossé la place envahie et rejetant la terre dans l'intérieur du cercle contaminé, comme on le fait, depuis Duhamel, pour les cultures de Safran dans le Gâtinais, et comme de Candolle le recommandait déjà pour la luzerne *couronnée*.

A la culture qui aura été attaquée par la rhizoctone il conviendra de faire succéder des céréales et autres plantes annuelles sur lesquelles le cryptogame ne se développe pas, mais on ne devra pas oublier que beaucoup de mauvaises herbes peuvent être attaquées par lui et qu'elles suffisent à assurer la persistance de la végétation dans le sol du redoutable parasite. Les façons de nettoyage devront donc être faites et répétées avec le plus grand soin.

274. Pourriture du cœur de la betterave. *Pleospora putrefaciens* (Fuck.) Frank. Syn. : Forme conidienne : *Cladosporium putrefaciens* (Fuck.) Sacc. — *Sporidesmium putrefaciens* Fuckel.

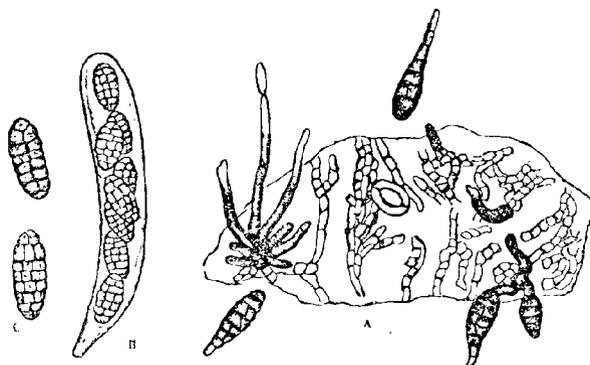


Fig. 127. — *Pleospora putrefaciens*. A, mycelium et conidies des formes *Cladosporium* et *Clasterosporium*. — B, Asque de *Pleospora*. — C, Spores isolées un peu grossies (D'après Frank et Prillieux).

Cette affection est désignée en Allemagne sous le nom de *brunissement des feuilles* (Blattbräune).

La pourriture du cœur de la betterave peut être produite par plusieurs champignons parasites. Celui qui en est la cause la plus habituelle est le *Peronospora Sachtii* déjà décrit, qui attaque directement les petites feuilles du cœur, les couvre d'un revêtement velouté lilas puis les désorganise. Il en est un autre, dont nous parlerons bientôt, le *Sphaevella tabifica* qui cause aussi la pourriture du cœur en attaquant d'abord les pétioles et en gagnant de là, le collet, qu'il désorganise et qu'il tue.

Dans les deux cas, les feuilles mortes du cœur se couvrent bientôt d'un revêtement noir olivâtre formé de fructifications de *Cladosporium*, d'*Alternaria* et de *Macrosporus* qui sont simplement saprophytes.

Fuckel a pensé qu'un champignon de la forme *Alternaria*, qu'il a nommé *Sporidesmium putrefaciens*, pouvait être par lui-même la cause de la mort des petites feuilles du cœur de la betterave. Frank, tout en signalant un autre champignon parasite comme cause de la pourriture du cœur de la betterave, admet cependant que le *Sporidesmium putrefaciens* de Fuckel est vraiment parasite sur les feuilles de betterave. Il lui attribue plusieurs formes conidiennes, et le rapporte à une espèce particulière de *Pleospora* qu'il nomme *Pleospora putrefaciens* (1).

C'est sur les feuilles déjà âgées que Frank a observé ce cryptogame, formant à leur surface une couche veloutée d'un brun olive. Le mycelium, qui produit au dehors ses fructifications conidiennes, forme à l'intérieur des cellules épidermiques une couche de filaments divisés en cellules courtes par des cloisons transversales rapprochées ; ils sont souvent serrés les uns contre les autres de façon à former presque une lame continue, d'où émanent les conidophores (fig. 127).

Ce sont le plus souvent des tubes dressés, bruns, plus ou moins courbés, un peu irréguliers, assez gros et courts, qui portent à leur sommet chacun une seule spore claviforme, fort semblable à une spore d'*Alternaria*. C'est cette forme qui a reçu de Fuckel le nom de *Sporidesmium exitiosum*. Saccardo l'a rapporté au genre *Clasterosporium*, qui diffère seulement du genre *Polydermus* parce que ses conidies ne se montrent pas en file les unes au bout des autres.

Après que bon nombre de ces conidies en massue cloisonnées, se sont détachées du sommet de leur conidiophore, on voit, dans la même louffe des filaments bruns qui s'allongent davantage et produisent à leur extrémité, des spores plus petites, ellipsoïdes, uni ou bi-cellulaires qui se rapportent à la forme *Cladosporium*.

Enfin, à l'arrière-saison, sur les feuilles mourantes couvertes de noir, s'organisent à l'intérieur du tissu de petits corps arrondis qui sont des rudiments de perithèces de *Pleospora*. C'est seulement quand la feuille morte est demeurée quelque temps sur le sol que les asques commencent à se former. Ces asques contiennent 8 spores cloisonnées, muriformes, d'un brun jaunâtre (fig. 127, B).

D'après Frank, le *Pleospora putrefaciens*, ne cause pas à la betterave les dommages importants que lui attribuait Fuckel.

275. Maladie des pétioles des feuilles de betteraves. *Sphaerella tabifica*. *Phoma tabifica*. Prill. et Delacr. Syn. : *Phoma betæ* Frank. — C'est Prillieux (2) d'abord, puis ensuite Frank (3) qui ont donné l'étude

(1) Frank. *Die krankheiten der Pflanzen*, 2^e édit. 1795 ; 11^e part., p. 298.

(2) Prillieux. *La pourriture du cœur de la betterave*. *Bull. de la Société mycologique*, 7, 15, 1891.

(3) Frank. *Zeitschrift für Rübenzuckerind.* 42, 903, 1892 et *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, 3, 90, 1893.

complète de cette maladie. Elle est la conséquence de l'invasion d'un champignon parasite qui attaque tout d'abord les pétioles des grandes feuilles complètement développées. Voici la description qu'en a donné Prillieux (1) :

« Dans un champ de betteraves de très belle venue, on voyait, à la fin d'août, des grandes feuilles s'abaisser vers la terre, en courbant leur pétiole à peu près comme si elles étaient fanées, ainsi qu'on le voit si souvent à la fin d'une journée chaude, où un brillant soleil a causé un excès de transpiration. Mais elles ne se relevaient pas pendant la nuit ; elles devenaient jaunes, souvent seulement sur une moitié de leur étendue et finissaient par se dessécher plus ou moins complètement. J'ai pu constater sur des milliers de plants, que cet abaissement des feuilles suivi d'un dessèchement partiel ou complet du limbe est la conséquence d'une altération du long et robuste pétiole de la feuille qui présente, à sa face supérieure, sur une grande partie de sa longueur, souvent même sur toute son étendue, une sorte de grande tache desséchée, blanchâtre, qui est entourée d'une auréole brune. Cette vaste tache qui se prolonge parfois au delà même du pétiole, jusque dans le bas de la nervure médiane, atteint souvent 20 à 25 centimètres de long ; elle correspond à une désorganisation profonde de tout le tissu sous-jacent qui est devenu d'un brun foncé et s'est desséché. La couleur blanc-fauve de la surface est produite par l'air qui pénètre tout le parenchyme desséché que recouvre l'épiderme. L'abaissement de la feuille vers le sol est dû à l'inégalité de tension des tissus de la face inférieure du pétiole qui sont demeurés sains et de ceux de la face supérieure qui sont désorganisés.

« Bien souvent l'épiderme qui couvre le tissu mort sur la tache est crévassé en diverses places et laisse voir, à travers ses déchirures, le parenchyme tué et bruni.

« D'ordinaire, la décomposition pénètre profondément et atteint les faisceaux fibro-vasculaires dont la couleur brune signale l'altération qui s'étend au delà de la tache. La désorganisation se propage, en suivant les faisceaux, jusqu'au cœur même de la betterave ; elle envahit les tissus jeunes du collet, voisins du bourgeon terminal, et entraîne ainsi la mort de toutes les feuilles naissantes.

« C'est alors qu'on voit se produire le noircissement et le dessèchement de ces petites feuilles du cœur et qu'elles se couvrent d'un velouté brun verdâtre, où les spores en massues retournées de la forme *Alternaria*, semblables à celles qui ont été figurées sous le nom de *Sporidesmium* ou *Glausterosporium putrefaciens*, se trouvent mélangées à des conidies de *Glausterosporium* et de *Macrosporium*.

(1) Prillieux. *Maladies des plantes agricoles*, 2, p. 264.

« Dans les tissus morts du pétiole s'étend un mycelium rempli d'un plasma creusé de nombreuses vacuoles; on le retrouve aussi dans le parenchyme mortifié du collet. Il fructifie en abondance sur l'épiderme de la tache desséchée en produisant de petites *pycnides* brunâtres qui se distinguent à l'œil nu comme de petits points de couleur foncée semés sur la surface blanche du tissu mort (fig. 128).

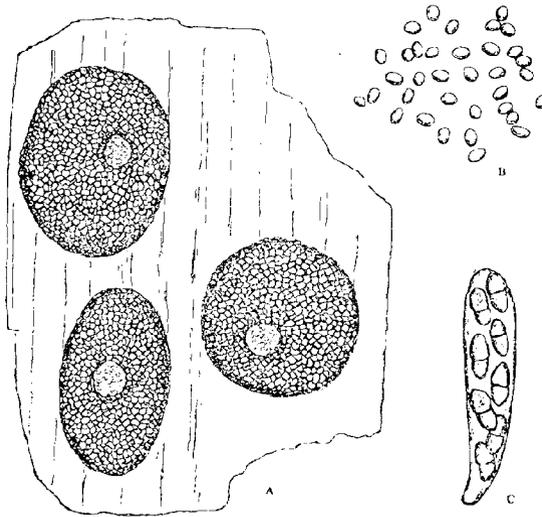


FIG. 351.

Fig. 128. — *Phoma tabifica*. A, trois conceptacles (pycnides) de *Phoma tabifica*. — B, spores libres sorties de ces pycnides, très grossies. — C, Asque de *Sphaerella tabifica* (d'après Prillieux).

« Ces pycnides superficielles, à peu près globuleuses et percées au sommet d'un pore, sont remplies de spores ovoïdes, incolores, qui, à l'humidité, sortent par le pore terminal, agglutinées les unes aux autres en un long fil muqueux. Ces pycnospores ont environ 5 à 7 μ de long sur 3 à 4 μ de large. Sous cette forme à pycnides, le champignon a été nommé *Phyllostica* ou *Phoma tabifica*; c'est le *Phoma Betae* de Franck.

« Parfois, le même parasite attaque le limbe de la feuille et y forme des taches arrondies qui peuvent atteindre 15 à 20 mm. de diamètre et plus. Elles sont d'un brun pâle avec des lignes concentriques plus foncées où se trouvent en quantité des pycnides pareilles à celles que l'on observe sur les grandes et longues taches des pétioles (1).

(1) Prillieux et Delacroix. *Bull. de la Soc. mycologique de France*, 7, février 1891.

« La maladie causée par le *Phoma tabifica* a atteint son apogée vers le 13 septembre. A partir de ce moment, il se développe autour du cœur mort, à l'aisselle des feuilles inférieures insérées sur une partie demeurée saine du collet, des bouquets de petites feuilles qui restent vertes et fournissent à la plante un nouveau feuillage, grâce auquel, les betteraves attaquées peuvent végéter jusqu'à l'époque normale de l'arrachage. Seulement, ces pousses sont peu nombreuses, restent faibles et permettent seulement à la plante de continuer une vie languissante. Sur les pieds où les repousses ne se produisent pas, la vie de la betterave s'éteint vers la fin de septembre ou le commencement d'octobre.

« La perte produite par cette maladie des pétioles et du cœur de la betterave est considérable.

« On peut espérer obtenir un bon résultat de l'enlèvement des feuilles qui s'abaissent et dont le pétiole commence à s'altérer ; on évitera ainsi, sans doute, si l'opération est faite à temps, que le mal ne gagne le corps même de la betterave.

« A l'arrière-saison, les pétioles tués par le *Phoma tabifica*, portent, au milieu de diverses espèces certainement saprophytes, un *Sphaerella* provenant d'un mycelium blanc qui paraît identique à celui du *Phoma*. Il est à peu près certain que c'est la forme à périthèces du même parasite ; de là le nom de *Sphaerella tabifica* qui lui a été donné.

« Les périthèces de *Sphaerella tabifica* sont globuleux et munis d'une papille au sommet ; ils sont bruns ; leur diamètre est d'environ 150 μ . Ils contiennent des asques oblongs, claviformes, sans paraphyses. Leurs spores sont séparées en deux loges un peu inégales ; la supérieure est ovale arrondie, l'inférieure est un peu amincie ; elles mesurent 21 μ sur 7,5 μ (fig. 128). »

On a rencontré les germes du *Phoma betæ* ou *Phoma tabifica* dans les glomérules de betteraves ; nous avons aussi constamment trouvé les pycnides si caractéristiques de ce cryptogame sur les parties basses des tiges de porte-graines que nous avons examinées (1).

C'est un parasite très répandu et très dangereux. Pour se prémunir contre ses ravages, outre le moyen recommandé par Prillieux, on a proposé de désinfecter les graines de betterave par une immersion plus ou moins prolongée dans des liqueurs contenant soit 2 à 4 0/0 de sulfate de cuivre, soit 1/20 000 de bichlorure de mercure, soit encore 1 0/0 d'acide phénique. On a préconisé aussi le traitement du sol lui-même par la bouillie bordelaise, le sel marin, l'acide sulfurique, le pétrole, etc., sans obtenir de résultats. En réalité, bien des remèdes, tous aussi insuffisants les uns que les autres, ont été proposés ; nous ne nous étendrons pas par

(1) L. Geschwind. *An. Agron.*, 26, 398, 1900.

conséquent davantage sur cette question ; pour une étude plus complète nous renverrons nos lecteurs à l'excellent ouvrage, déjà maintes fois cité, de A. Stift (1) où les moyens de lutter contre le *Phoma* sont résumés très clairement.

276. Maladie des feuilles tachées de la betterave. *Cercospora beticola*. Sacc. — D'après Prillieux (2), le *Cercospora beticola* est un parasite extrêmement commun des feuilles de betteraves. Mais il ne cause pas d'ordinaire de fort grands dommages. Il produit sur les feuilles de petites taches sèches, à peu près rondes, qui habituellement n'ont que 2 à 3 mm. de diamètre, mais qui peuvent grandir davantage en se réunissant et atteindre jusqu'à 2 centimètres. Elles sont entourées d'une bordure rouge brun. Leur fond est d'un gris brun sur la face supérieure, d'un gris cendré sur la face inférieure qui est couverte par les longues conidies incolores du *Cercospora*. Les conidiophores sortent par touffes à travers l'épiderme ; ils sont courts et ordinairement cloisonnés, un peu noueux au sommet, de couleur brunâtre ; ils portent à leur extrémité chacun une conidie incolore, cylindrique, effilée, divisée par des cloisons et qui mesure de 70 à 120 μ de long sur 3 à 4 μ de large (fig. 29).

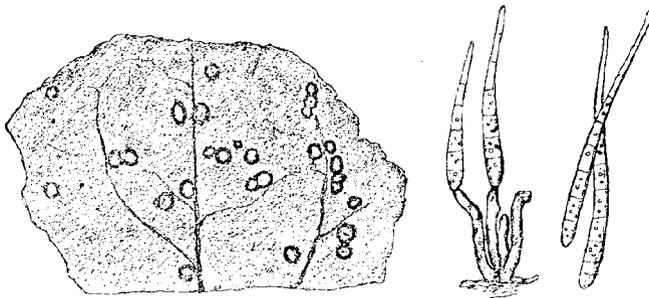


Fig. 129. — *Cercospora beticola*. A gauche, morceau de feuille de betterave portant des taches produites par le *Cercospora beticola* ; au centre, conidiophores portant des spores ; à droite, spores mûres, détachées (d'après Prillieux).

Ces conidies germent très aisément et, dans les années humides, les taches se multiplient avec une rapidité très grande, mais, malgré leur nombre considérable, elles n'occupent le plus souvent qu'une assez faible partie de la surface de la feuille. Geschwind a vu cette maladie sévir avec une intensité peu commune sur des betteraves cultivées sur les terrains

(1) Stift. *De Krankheiten der Zuckerrübe*, p. 48 et suiv.

(2) Prillieux. *Maladies des plantes agricoles*. 2, p. 357.

irrigués par les eaux d'égouts de la ville de Reims ; malgré ce développement exceptionnel de l'affection, le *Cercospora beticola* ne paraissait pas avoir une influence bien considérable sur la végétation. Autour des taches auréolées, le parenchyme des feuilles restait en effet bien vert, les limbes étaient toujours raides et les récoltes satisfaisantes à tous les points de vue.

D'après von Thumen (1), cependant, cette maladie serait fort dangereuse et cet auteur propose, pour en arrêter le développement, d'enlever les feuilles de betteraves dès que les taches caractéristiques du *Cercospora* y apparaissent. Cette opération devrait être faite à temps et très rapidement, car la dissémination des spores se fait bientôt d'une manière si générale qu'il faudrait, pour faire disparaître tous les petits foyers d'infection, effeuiller les betteraves d'une manière dangereuse pour leur végétation.

Kudelka (2) conseille l'arrosage avec une solution de sulfate de cuivre.

Telles sont les diverses maladies qui peuvent affecter les betteraves ; la liste en serait évidemment beaucoup plus longue si nous avions voulu insister sur les diverses affections plus ou moins bien déterminées, qui ont été signalées çà et là ; il nous a paru qu'il valait mieux ne décrire que celles qui sont suffisamment connues.

(1) Von Thumen. *Die Bekämpfung der Pilzkrankheiten*, p. 51, Vienne, 1886.

(2) Kudelka. *Maladie des feuilles tachées*. *Chem. Ztg.*, n° 27, 1893.

CINQUIÈME PARTIE

La betterave dans l'industrie.

CHAPITRE PREMIER

ACHAT ET CONSERVATION DES BETTERAVES

§ 1.

ACHAT DES BETTERAVES (1)

277. Généralités. — Vivien a traité la question d'une façon absolument magistrale ; c'est surtout à son beau livre que nous nous adressons pour puiser les renseignements complémentaires qui nous sont nécessaires.

En France, pendant longtemps, on achetait les betteraves au poids ; les cultivateurs étaient liés avec les fabricants par un compromis, aux termes duquel les premiers s'engageaient à fournir les betteraves provenant de la totalité de leur récolte et les seconds devaient prendre livraison. Les racines devaient être loyales et marchandes, c'est-à-dire propres à la fabrication du sucre ; les variétés boteuses, les betteraves récoltées sur un sol marécageux, tourbeux, ou sur une terre trop fortement fumée avec des matières fécales, du parcage de moutons, du guano, etc., étaient refusées ainsi que les betteraves effeuillées avant la récolte, arrachées au crochet ou altérées pour quelque cause que ce soit.

Le fabricant se réservait en outre le droit de refuser les racines gelées.

Les livraisons commençaient en septembre et se terminaient générale-

(1) A ce sujet voyez aussi : Beudet, Pellet, Saillard, *Traité de la fabrication du sucre*, p. 72. — Horsin-Déon, *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre*, p. 121.

ment fin novembre ; chaque cultivateur devait proportionner ses fournitures hebdomadaires à l'importance de sa culture.

L'achat au poids n'est plus guère usité aujourd'hui, mais les diverses prescriptions que nous venons de mentionner sont généralement encore en usage.

278. Réception. — Pratiquement, toutes les betteraves fournies sont plus ou moins propres, plus ou moins bien décolletées ; il faut donc, à chaque livraison, apprécier la quantité de terre et de collets qu'il y a lieu de déduire ; c'est ce qu'on appelle faire le *déchet*.

Lorsque le cultivateur amène ses betteraves à l'usine on pèse le chargement complet, ce qui donne le *poids brut*. On décharge aussitôt les racines à la main en les jetant, soit au laveur, soit au silo, et la voiture vide, mais contenant la terre qui s'est détachée au cours du transport, passe de nouveau sur la bascule ; son poids constitue la *tare*.

Lorsqu'une voiture est en déchargement, l'ouvrier dit *tareur* monte dedans, et plaçant entre ses jambes une corbeille, il y fait tomber d'un seul coup une certaine quantité de betteraves représentant approximativement un peu plus de 20 ou 25 kilogr. ; il doit s'attacher à ce que l'échantillon représente bien la moyenne du chargement. Pour cela il faut une certaine expérience, de manière à pouvoir juger de l'endroit du prélèvement. C'est généralement vers le milieu du chariot qu'il convient d'opérer ; au-dessus, les betteraves secouées sont dépourvues de terre ; au-dessous, cette terre s'est accumulée par suite des secousses du voyage.

Le tareur attache à sa corbeille une fiche numérotée et culbute son contenu dans un panier taré porté par une bascule sensible ; il règle alors exactement le poids de l'échantillon à 20 ou 25 k. ; les betteraves sont brossées soit à la main, soit mécaniquement, grattées, décolletées soigneusement, débarrassées des radicelles dont le diamètre est inférieur à 1 cm. environ, puis pesées de nouveau ; la perte de poids constatée est le *déchet*.

Le tareur marque le déchet en regard du numéro, sur la fiche qui a suivi le panier, puis il remet cette fiche au basculeur chargé d'établir le compte de réception. Ce compte porte le poids brut constaté à l'arrivée, la tare ou poids du chariot vide à la sortie, le déchet 0/0, et finalement le *poids net*, déduction faite du déchet, sur lequel on calcule la valeur de la marchandise.

Ajoutons que généralement les parties blessées, gelées, altérées, etc., sont enlevées et comptées comme déchet.

Il s'élève souvent des différends, entre cultivateurs et fabricants, au sujet du décolletage ; on voit facilement si celui-ci est bien effectué lorsqu'on examine la surface de section ; on se reportera à ce sujet, à ce que nous avons dit sur le décolletage page 454 et à la figure 106.

Les opérations de réceptions ont été pendant longtemps réglées par les fabricants et cultivateurs seuls ; actuellement elles s'effectuent en France sous le contrôle de la Régie.

279. Achat à forfait. — Dans ce premier mode de faire, on laisse le cultivateur libre de sa graine et de sa culture ; mais, toutefois, les clauses générales que nous avons indiquées précédemment sont maintenues. Il en résulte que le producteur est exposé à voir ses betteraves refusées si elles ne sont pas loyales et marchandes, termes très vagues qui occasionnent des contestations.

L'achat à forfait, tel que nous venons de le définir, n'est plus beaucoup employé aujourd'hui dans les sucreries ; il n'est utilisé que dans quelques distilleries.

280. Achat sur graine imposée. — Avec ce mode d'opérer, le fabricant impose au cultivateur la graine qui lui paraît la plus convenable ; il la fournit généralement lui-même.

L'achat à forfait sur graine imposée est encore pratiqué dans quelques sucreries de la région du Nord ; il n'est guère possible que dans les localités où le sol est suffisamment fertile et où la betterave n'est pas exposée à des conditions climatiques défavorables.

281. Achat au nombre par mètre carré. — Dans ce mode d'achat, qui n'est pour ainsi dire plus usité, le prix augmente de 1 fr., 1 fr. 50, 2 fr. ou 2 fr. 50 aux 1000 kgs de betteraves, suivant qu'au moment des dernières façons ou à l'arrachage, on constate 7, 8, 9 ou 10 pieds par mètre carré ; on se base sur ce fait que, généralement, le rapprochement est une garantie de richesse.

L'achat au nombre par mètre carré est très défectueux.

282. Achat au cours du sucre. — Les marchés faits d'après cette combinaison établissent généralement un prix de base oscillant entre 20 fr. et 26 fr. et correspondant au cours moyen du sucre ; au-dessus ou au-dessous de ce cours, la valeur de la tonne de betterave augmente ou subit une diminution proportionnelle. Il intervient aussi des bonifications proportionnelles à la qualité de la betterave, établie d'après la densité ou la richesse saccharine.

283. Achat à la densité. — Tout le monde comprend l'importance d'acheter les betteraves suivant leur qualité et si cette base n'a pas été adoptée plus tôt dans les transactions, il faut surtout en rechercher la cause dans la difficulté d'apprécier rapidement la richesse saccharine des betteraves de chaque livraison. En effet, un basculeur reçoit par jour, dans certaines usines, jusqu'à 300.000 kgs de betteraves, ce qui repré-

sente environ 100 voitures et par conséquent 100 échantillons. Pendant longtemps on regarda l'appréciation exacte de ces 100 échantillons comme matériellement impossible. On finit cependant par trouver une méthode simple permettant d'effectuer cette appréciation ; c'est la prise de la densité du jus des racines à essayer, qui repose sur la simple lecture de la graduation d'un instrument ; l'opération peut être faite par le premier venu et, de plus, elle offre l'avantage de permettre le contrôle par les parties intéressées.

A vrai dire, ce contrôle n'a pas beaucoup de valeur ; la prise de la densité, si on veut qu'elle donne des résultats comparables, demande à être faite avec précautions ; elle est délicate, peu précise, dans les conditions habituelles. Il faut en effet que les jus soient privés d'air émulsionné dans le liquide, ce qui dépend du mode de râpage, de la rapidité de la pression de la pulpe, du temps de repos avant l'opération, etc. ; il faut de plus que ces jus soient bien décantés, qu'ils soient maintenus à une température aussi voisine que possible de 15°, à laquelle les instruments sont gradués, etc. Toutes ces conditions sont très importantes et le cultivateur n'en connaît généralement pas la valeur. D'autre part, pour le fabricant de sucre, l'achat à la densité n'offre pas moins d'inconvénients ; nous renvoyons le lecteur à la troisième partie de notre ouvrage où nous avons traité des rapports entre la densité du jus et la richesse saccharine réelle et des variations que peut subir la composition du jus selon son mode d'extraction.

Néanmoins, l'adoption de cette méthode a constitué un grand progrès ; elle est appliquée en France d'une manière à peu près générale par les sucreries et très souvent par les distilleries.

Dans certains cas les contrats d'achat à la densité sont combinés avec le mode d'achat suivant les cours du sucre, ce qui est très rationnel et solidarise en quelque sorte la culture et l'industrie.

Dans d'autres cas, on spécifie que les betteraves devront satisfaire à certaines conditions autres que celles relatives à la densité. On spécifie, par exemple, que toute racine dont la richesse ne correspondra pas au double de la densité sera refusée ou susceptible d'une diminution de prix. Cette clause n'est généralement pas observée. Souvent aussi, on exige un minimum de pureté.

Dans tous les cas on établit un prix de base qui varie chaque année, et qui est régi par le cours du sucre ou certaines conditions locales, mais qui oscille le plus souvent autour de 25 fr. la tonne à 7° de densité. Pour chaque dixième au-dessus ou au-dessous de 7° on convient d'une augmentation et d'une diminution de prix.

284. Achat à la richesse saccharine. — L'achat à la richesse

saccharine est le mode de faire le plus exact et le plus recommandable. Il est malheureusement peu appliqué en France ; en Belgique, au contraire, il a pris une grande extension depuis que Pellet a fait connaître ses élégantes méthodes de dosage direct du sucre par digestion aqueuse à chaud ou à froid.

On peut reprocher à cette méthode de ne pas permettre le contrôle par le cultivateur. Ce n'est, il est vrai, qu'une objection peu fondée ; ce contrôle, s'il n'est pas fait directement par la partie intéressée, pourrait être exécuté par un chimiste choisi à l'avance, chargé de la surveillance de la vente des racines provenant d'une surface donnée.

Nous n'insisterons pas plus sur ces questions et nous étudierons maintenant la conservation des betteraves.

§ 2.

CONSERVATION DES BETTERAVES

285. Généralités. — Il est rare que les betteraves soient utilisées immédiatement après l'arrachage ; qu'il s'agisse de betteraves fourragères, de mères destinées à servir de porte-graines ou de betteraves industrielles, il est nécessaire de les conserver pendant un laps de temps plus ou moins long. Cette conservation doit être aussi bonne que possible et surtout, dans le cas de betteraves de sucrerie et de distillerie, il faut chercher à réduire les altérations et les pertes en sucre au minimum. Ce n'est pas toujours commode, surtout si les circonstances climatiques sont peu favorables, si la température est élevée, et aussi lorsque, comme cela arrive certaines années, les betteraves sont atteintes par diverses maladies ; cette question a donné lieu à de nombreux travaux ; nous allons résumer les principaux.

Nous avons déjà traité de l'ensilage des porte-graines, aussi n'aborderons-nous ici que ce qui a trait à l'ensilage des betteraves industrielles destinées soit à la sucrerie, soit à la distillerie. Les mêmes conclusions s'appliqueront aux betteraves fourragères.

286. Conservation des betteraves industrielles. — Comme nous venons de le dire, le problème de la conservation des racines destinées à l'industrie, est un des plus importants que le praticien ait à résoudre. Il s'agit en effet d'accumuler des quantités parfois énormes de racines, avec le moins de frais possible et tout en opérant de manière à obtenir une conservation à peu près parfaite et une destruction de sucre très réduite.

Sous l'influence de causes diverses, la betterave que l'on conserve s'ap-

pauvrit et elle s'appauvrit suffisamment pour que la perte qui en résulte soit parfois considérable.

Considérons un approvisionnement de 5000 tonnes de betteraves d'une teneur initiale en sucre de 13 0/0, achetées à raison de 26 fr. la tonne, ce qui revient à dire que 130 kilos de sucre coûtent 26 fr. Si nous supposons avec L. Beaudet (1) que la perte moyenne, par jour, est de 0,03 0/0, que la durée de la conservation soit de 60 jours, nous obtenons ainsi une perte totale de :

$$0,03 \times 60 \times 50.000 = 90.000 \text{ kilos de sucre.}$$

Si nous comptons ce sucre à 30 fr., le déficit en argent, en fin de campagne, atteindra 27.000 fr. non compris le boni fiscal, sans compter que le travail, dans l'usine, devient très difficile et plus onéreux, lorsqu'on traite des betteraves altérées.

La perte en sucre, dans les silos, a été connue dès la naissance de l'industrie sucrière et il y a plus de 80 ans qu'un fabricant de sucre de Bohême, L. Fischer, faisait déjà des observations sur cette intéressante question; dès 1825, Dubrunfant s'en occupait également; en 1863, Rahe, exécuta les premières recherches sur l'importance de la diminution de richesse saccharine des betteraves au cours de la conservation. Maumené, Leplay, Briem, Hellriegel, von Proskowetz, etc., publièrent d'intéressants travaux sur la matière.

D'après Vivien (2), la bonne conservation des betteraves dépend des conditions de l'arrachage, de l'ensilage et surtout de la nature même des racines à conserver. Les espèces à tissu serré, riches en sucre et qui se sont développées dans un terrain calcaire sont, dit-il, d'une conservation facile.

Hanamann a fait, à la station d'essais de Lobositz, des expériences sur l'ensilage; il a trouvé que des betteraves décollétées, conservées du 1^{er} novembre 1882 au 5 mai 1883, avaient perdu moins de sucre que des betteraves simplement effeuillées.

En 1890, Marek (3) fit connaître les résultats des essais qu'il avait exécutés pendant 11 années; il conclut de ses observations que certaines variétés betteravières se conservent mieux que d'autres et que, pour une même variété, ce sont les racines les plus riches qui se conservent le moins bien; que les betteraves ensilées avec leurs feuilles se conservent mieux que celles dont le collet est coupé; qu'une température élevée accélère le processus de l'altération; que de deux sujets de même richesse, celui dont le quotient de pureté est le plus bas s'altère le plus vite; que

(1) L. Beaudet, *Bull. sucr. et dist.*, 11, p. 349, 1894.

(2) A. Vivien, *Traité complet de la fabrication du sucre*, p. 370 et suiv.

(3) Voy. : *Sucrierie belge*, 1890, n° 9, p. 236.

ni les engrais, ni la nature du sol, n'ont d'influence sur la conservation plus ou moins bonne des betteraves ensilées.

La même année, Seyffart (1) constata que les racines conservées à la façon ordinaire perdaient plus de sucre (2,7 0/0 en 60 jours) que celles conservées en silos longs et étroits (1,8 0/0 en 60 jours). D'après le même auteur, et contrairement à ce que disait Marek, les betteraves conservées dans des caves s'altèrent moins encore (0,5 0/0 en 60 jours). Seyffart constata en outre que les betteraves décollétées ne perdent pas plus de sucre que les racines non décollétées aussi longtemps qu'elles ne poussent pas, mais par contre elles poussent plus vite, de sorte que finalement elles s'appauvrissent plus rapidement.

Bruno-Bruckner (2) combat les conclusions de Marek, surtout celles qui ont trait à la conservation de betteraves riches et pauvres.

Claassen a remarqué que les betteraves diminuent notablement de poids dans les silos aérés, alors qu'il n'y a pas diminution dans les silos clos. Pour la richesse, l'inverse a lieu ; mais, finalement, dans l'un et dans l'autre cas, les pertes en sucre sont équivalentes (1,5 à 2 0/0 pendant 80 jours). Dans les silos en terre les betteraves poussent tandis qu'elles ne poussent pas dans les silos aérés ; mais dans ce dernier cas, elles perdent du sucre par respiration. Claassen a constaté, comme Marek, que les betteraves riches perdent plus que les pauvres et que le froid est un excellent agent de conservation.

Herzfeld pense qu'il faut restreindre au minimum la quantité d'air amenée aux betteraves, pour leur permettre de vivre sans respirer trop fortement. Cette théorie, contestée par Marek, a été confirmée par les essais de Heintz sur lesquels nous reviendrons bientôt. Herzfeld, en outre, contrairement à ce que disaient Marek et Seyffart, ne croit pas que la betterave puisse augmenter de richesse en silo. Cela est cependant et nous avons pu nous-même le constater plusieurs fois ; à vrai dire, cette augmentation de la teneur en sucre n'est qu'apparente, car elle est due à une dessiccation partielle des racines ensilées.

En 1891, Baudry (3) dit comme conclusion de ses essais que la perte en sucre est très atténuée dans les petits silos bien aérés, mais que la perte de poids y est maximum, et, en outre, que les silos fermés amènent une altération rapide des betteraves ensilées.

D'après B. Mittelmann (4), une racine blessée et dont le collet a été coupé perd plus de sucre qu'une autre non décollétée ; le même auteur dit que cette perte est le résultat d'une fermentation qui se propage à

(1) V. *Sucrierie belge*, 1890, n° 10, p. 265.

(2) V. *Sucrierie belge*, 1890, n° 14, p. 355.

(3) A. Baudry, *Bt. sucr. et dist.*, 8, p. 630, 1891.

(4) Mittelmann, *Bt. sucr. et dist.*, 11, p. 383, 1893.

partir des cellules mises à nu et qu'elle s'accroît aussitôt que les blessures se couvrent de moisissures. Aulard (1) a fait les mêmes constatations.

En 1894, L. Beaudet (2) dit également que le décolletage des betteraves a une influence nuisible sur la conservation et il ajoute qu'il en est de même du nettoyage s'il n'est pas bien fait.

Zapotil (3) a constaté des pertes notables dans les silos aérés ; Mik (3) croit que la même méthode d'ensilage ne convient pas partout et préfère les petits silos. Il conseille de faire attention à ce que la terre ne vienne pas entre les betteraves ; de plus, dès que celles-ci sont refroidies et que la température s'abaisse à 1° R., on doit fermer les ouvertures.

G. Hodek (3) insiste également sur la nécessité de laisser refroidir les racines à conserver. Ce praticien laisse la crête de ses silos toujours ouverte et la recouvre seulement en cas de fortes gelées au moyen de paille ou de nattes.

Mikulejsky et K Jarkovsty (3) sont partisans de la conservation des betteraves en grands tas de 800.000 à 1.200.000 kilogs couverts d'un peu de terre sur les côtés et de paille sur la crête.

Felcman (3) a trouvé que les betteraves ainsi conservées en gros tas perdaient, au cours de l'ensilage, jusqu'à 8 0/0 de leur poids, sans que la richesse saccharine soit affectée.

Les opinions émises sont donc très contradictoires ; cela tient aux difficultés d'expérimentation et surtout d'échantillonnage, à la nature même des sujets, aux conditions climatiques, etc. ; il n'en reste pas moins acquis que la betterave, au cours de sa conservation, perd une quantité de sucre très variable, mais toujours notable. Lachaux (4) a trouvé cette perte égale à 0,87 et 0,57 0/0 chez des racines conservées pendant 30 jours dans des silos aérés et non aérés, la perte de poids ayant été respectivement de 2,36 et 1,86 0/0.

Marek a constaté, pour des betteraves ensilées dans du sable, de fin novembre au 27 mars, une diminution moyenne du sucre dans le jus égale à 2,40 0/0 et une diminution de la pureté égale à 4,30 0/0. Dans une première expérience il a remarqué, au bout de 15 jours, une perte de sucre 0/0 gr. betterave égale à 0,94, une augmentation de la teneur en glucose équivalente à 0,20 0/0 et une augmentation de poids de 1,8 ; dans une seconde expérience il a trouvé 0,75 0/0 de sucre perdu, une augmentation en glucose de 0,07 et une perte de poids de 2,20 0/0. Dans le premier cas les racines étaient décolletées, dans le second simplement effeuillées.

(1) Aulard. *Bl. sucr. et dist.* 10, p. 168, 1892.

(2) L. Beaudet. *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 474, 1894.

(3) *Bl. sucr. et dist.*, 11, 1893.

(4) Lachaux. *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 516, 1894.

Généralement, la perte s'accroît avec le temps ; Beaudet a constaté :

Du 22 octobre au 11 novembre. Perte en sucre par jour.	0,013 0/0
» » 2 décembre. » »	0,029 0/0
» » 7 » »	0,032 0/0

Baudry indique comme perte en sucre et de poids après 90 jours de conservation dans des silos fermés ou aérés :

Silos fermés. Perte en sucre 4,55 0/0 Perte de poids.	5,90 0/0
Silos aérés . » 0,65 0/0 Perte de poids.	12,10 0/0

En 1867-68, Vivien a constaté que des betteraves dosant 11,52 0/0 de sucre à la récolte n'en contenaient plus que 7,70 0/0 après 100 jours de conservation.

Quant aux causes de cette perte en sucre, elles sont nombreuses et très variables. La principale, celle qui est inévitable et qui, si elle peut être restreinte ne peut jamais être supprimée, réside dans la vie même de la racine conservée ; les autres sont occasionnelles et on peut y parer dans une certaine mesure.

En 1873, Bodenbender avait fait l'observation que les betteraves contiennent toujours une quantité plus ou moins grande d'acide carbonique et Heintz démontra bientôt que la source de ce corps était la respiration de la plante. Le dosage de l'acide carbonique et de l'eau de végétation permit de conclure, d'une manière certaine, que le sucre de la betterave s'oxyde, au cours de cette respiration. A côté de l'acide carbonique, que nous venons de citer, divers expérimentateurs ont rencontré d'autres produits, parmi lesquels il faut citer l'alcool ; nous avons même constaté la présence de produits aldéhydiques qui résultent évidemment d'une action oxydante, mais dans ces derniers cas il dût y avoir d'autres agents que l'activité vitale de la racine. La perte en sucre est donc généralement due à l'action de la respiration intramoléculaire du végétal. Cette respiration est une des fonctions physiologiques les plus importantes de la cellule ; mais son importance est influencée, comme le pensait Proskowetz, par l'individualité même de cette cellule.

Les vues de Heintz furent partagées par Herzfeld, Vivien, Claassen, etc. Ce dernier, cherchant à les compléter, disait qu'une partie du sucre perdu était utilisé à la production de nouvelles pousses ; mais que cette perte était insignifiante, comparée à celle due à la respiration ; en 1894 et 1895, Strohmer (1) reprit les expériences de Heintz et opéra dans des

(1) Strohmer. *Bl. sucr. et dist.*, 13, p. 349, 1895.

conditions de grande précision ; il conclut de même que le sucre perdu s'est oxydé au cours de la respiration.

De plus, ce que nous savons sur les enzymes peut nous autoriser à admettre que, sous l'influence de corps de cette nature contenus dans les cellules de la betterave, une partie du sucre se transforme en sucre inverti, amidon, pentoses, etc. Nous n'avons pu mettre en évidence la présence de l'amidon dans la chair de betteraves conservées, mais on sait que le sucre inverti est un produit constant dans de telles racines ; quant aux pentoses, Strohmer a observé que des sujets maintenus dans un courant d'hydrogène en renfermaient notablement plus que des sujets normaux.

La respiration cellulaire, de même que toutes les autres fonctions de la vie organique, est en relation intime avec la présence du protoplasma qui fait partie intégrante de toutes les cellules vivantes. Plus ce protoplasma est jeune et abondant, plus l'acte de la respiration est énergique, plus la production d'acide carbonique et d'énergie est forte.

Déjà, en 1851, Garreau démontra que les plantes riches en matières protéiques respirent plus énergiquement ; ce fait a été confirmé plus tard par Pallavin et, spécialement chez la betterave, par Strohmer. La destruction du sucre pendant l'ensilage peut donc avoir une relation de cause à effet avec la teneur en matière albuminoïde, ou plutôt, comme le dit Strohmer, en albumine de circulation, dissoute dans le jus, albumine active, qui possède des propriétés différentes de l'albumine de réserve fixée sur les tissus. Cependant, d'après Pfeiffer, on ne peut admettre cette explication que sous réserves.

D'essais exécutés par Strohmer et Kohlrausch on a pu conclure, contrairement à ce qu'avaient dit Hellriegel et Marek, qu'une fumure intensive de nitrate produit des betteraves très azotées, non mûres, qui, par la conservation perdent beaucoup de sucre.

A l'abri de l'air, la betterave fournit constamment de l'acide carbonique ; mais, dès que l'oxygène a disparu, la respiration intramoléculaire s'arrête, la cellule meurt et la racine est livrée sans défenses à toutes les causes extérieures de décomposition.

Comme vérification pratique de ce que nous venons de dire, nous pouvons citer une observation de Vivien (1).

Ce savant a étudié, en 1892-93, des racines conservées en silo et très altérées ; leur mauvaise conservation était dûe à la terre qui les enrobait et empêchait absolument le renouvellement de l'air.

Pasteur a établi que des betteraves conservées dans une atmosphère d'acide carbonique se décomposaient sous l'influence des fermentations lactique et visqueuse ; Strohmer constata de même que des racines con-

(1) Vivien. *Bull. suc. et dist.*, 11, p. 520, 1894.

servées dans une atmosphère d'hydrogène, présentaient au bout de 15 jours tous les symptômes de la pourriture sèche.

Que dire des résultats d'expériences souvent contradictoires que nous avons énumérés jusqu'ici. Malgré les divergences nombreuses que l'on a constatées, il est possible d'en tirer quelques conclusions pratiques d'une grande importance.

Ces conclusions sont :

1° *La perte en sucre des betteraves pendant la conservation est inévitable ; mais il importe de distinguer entre les pertes accidentelles auxquelles on peut parer et les pertes qu'on ne peut que restreindre sans les éviter entièrement.*

2° *Les pertes accidentelles sont dues le plus généralement aux altérations du fait des infections parasitaires (microbes, champignons, nématodes, etc.) se propageant dans l'intérieur des racines à la suite de lésions de l'épiderme, du décolletage, de contusions, de coups de fourches, de la gelée, etc., ou encore par suite d'une diminution de la vitalité des betteraves sous l'influence de la dessiccation, du manque d'air, etc.*

3° *Les pertes inévitables sont dues au phénomène de la vie même des betteraves (respiration, production d'enzymes, pousse, etc.).*

Il importe, pour parer aux pertes du premier genre, de n'ensiler que des racines propres, non mouillées, pour ne pas créer un terrain de développement favorable aux divers agents d'infection ; non desséchées et non gelées, pour qu'une altération de la vitalité du protoplasma ne vienne pas lui enlever sa résistance naturelle à ces agents ; non blessées, pour ne pas créer de portes d'entrées à la contagion. Il importe en outre de rendre difficiles les conditions de développement des agents bactériens ou des cryptogames, dont les plus nuisibles, en l'espèce, sont anaérobies, en assurant l'aération des racines. Ceci implique des silos longs, étroits et une température basse.

Pour parer aux pertes du second genre, il est également essentiel de favoriser le renouvellement de l'air dans les silos afin que les racines, en respirant, puissent continuer à rester en état de vie ralentie. Il faut restreindre cependant le plus possible ces phénomènes vitaux dont le résultat est de brûler du sucre ; pour cela il faut mettre les racines dans des conditions telles que ces phénomènes se manifestent au minimum. Il faut que l'aération soit très modérée et juste suffisante pour entretenir la respiration et chasser l'acide carbonique. Il faut que la température soit relativement basse, car l'activité des phénomènes vitaux est dans une certaine mesure en fonction de la température.

Les précautions à prendre ne diffèrent donc pas dans les deux cas. Voyons maintenant comment, dans la pratique, on est arrivé à résoudre le problème ou à approcher de la solution.

La conservation en très gros tas qui avait été usitée au début est con-

sidérée comme une disposition mauvaise qui tend à être remplacée — l'Allemagne est entrée la première dans cette voie — par de petits silos de 2 m. à 2 m. 50 de largeur à la base.

Les silos établis sur les caniveaux des transporteurs hydrauliques ont déjà été un grand progrès sur l'ancienne méthode. Néanmoins différents praticiens, Aulard entre autres, ont remarqué que les betteraves qui se trouvent directement au-dessus des caniveaux poussent plus énergiquement que les autres. Du reste cette disposition se rapproche du silo Champonnois préconisé par Vivien puis par Pellet, Beudet et Saillard ; ce silo est couvert de paille puis de terre battue ; dans l'axe on établit, quel que soit le volume des tas, une fosse de 0 m. 50 de large sur 1 m. de profondeur que l'on remplit de rondins ou de moellons qui livrent passage à l'air. Pour faciliter la distribution de cet air, on pratique des tranchées transversales sur la largeur du silo, mais en évitant de faire dégager ces tranchées à l'extérieur ; elles sont garnies de la même façon. Le fossé principal ayant seul accès à l'extérieur, lorsque la température s'abaisse assez pour faire craindre la congélation des racines, il est facile d'obturer les prises d'air avec du fumier pour empêcher l'introduction de l'air froid. Au contraire, si la température s'élève trop, on peut rafraîchir les silos par injection d'air froid. Von der Ohe (de Marientahl) a préconisé une disposition analogue. Ces procédés ne sont pas réellement pratiques, car on conçoit que pour un approvisionnement important, ils occasionnent des frais élevés.

Chaque fois que la main-d'œuvre et l'espace sont suffisants, il est avantageux de se servir de la méthode de Siegert appliquée en Bohême et que Vivien a également recommandée. Les silos sont prismatiques, ils ont 1 m. 50 à 2 m. de largeur à la base, 1 m. à 1 m. 25 de hauteur ; leur longueur est indéterminée. Ils sont recouverts d'une épaisseur de terre de 0 m. 40 environ, mais on a soin de ménager sur le front et sur les parois longitudinales des ouvertures distantes de 1 à 4 m. et que l'on peut boucher par des tampons de paille lorsque la température est trop basse. A la crête, des ouvertures semblables sont aussi ménagées. La conséquence de la position de ces ouvertures est un tirage assez énergique, avec aspiration d'air froid par le bas et expulsion d'air chaud par le haut.

Ces silos ont donné de bons résultats. Mais, fait observer Vivien, cette disposition occasionne beaucoup de main-d'œuvre et lorsque la terre est fortement gelée on éprouve des difficultés pour découvrir les silos.

En Allemagne les betteraves ne sont généralement pas portées de suite à l'usine ; le cultivateur ne livre chaque jour que la provision de la journée, aussi doit-il faire l'ensilage lui-même dans les champs. Il fait d'ordinaire par hectare, d'après Vivien, 8 petits silos creusés à 0 m. 30 de profondeur et complètement recouverts de terre.

Lorsqu'il fait des silos un peu importants il ne dépasse pas 3 m. de largeur, 2 m. 50 de hauteur et 8 m. de longueur; il forme les parements en disposant les betteraves à la main, collet en dehors. La totalité du silo est alors recouverte de terre parce que les hivers sont rigoureux et que dans des tas d'aussi faibles dimensions, s'il n'y a pas à craindre d'échauffement, il faut redouter les gelées.

En Russie, toujours d'après Vivien, les betteraves sont disposées complètement au-dessous du sol dans un canal creusé avec des talus assez raides; à 0 m. 40 du fond se trouve un plancher à claire-voie, formé de rondins, sur lequel on entasse les betteraves jusqu'à peu près au niveau du sol extérieur. A la partie supérieure et suivant la ligne du milieu, on dispose un tasseau destiné à isoler le tas de la couverture. Cette dernière est faite de paille et de terre fine; on en fait varier l'épaisseur suivant les indications d'un thermomètre placé au milieu des racines. Entre le fond du silo et le faux plancher, il reste un espace libre qu'on met en communication avec deux canaux verticaux ménagés le long des parois, de façon à opérer sous les betteraves une sorte de circulation d'air.

Langen, de Cologne, a préconisé une disposition à peu près semblable et Mik de Saaz dit que la betterave se conserve bien dans ces silos.

D'après Horsin-Déon, on procède souvent autrement en Russie, et on s'arrange de façon à pouvoir retourner les racines; les tas de betteraves sont munis de cheminées en bois placées à des distances convenables, suffisamment rapprochées pour permettre une bonne ventilation. Par un temps froid et sec les betteraves sont reprises à la fourche et rejetées quelques pas plus loin pour former un nouveau tas. Les betteraves ainsi déplacées se sont fortement refroidies et seraient exposées à geler si la température s'abaissait trop fortement. Les nouveaux tas sont protégés par des bâches ou tout autre dispositif. Cette opération se pratique aussi très souvent en France et nous la croyons excellente lorsque l'ensilage originel s'est fait par un temps chaud et humide. Au cours du retournement, il faut éviter de blesser ou de contusionner les racines; on peut profiter de l'occasion pour faire ramasser celles qui sont déjà altérées. Vivien évalue le coût de l'opération de 0 fr. 12 à 0 fr. 14 par mètre cube.

Maljean et Varocquier ont cherché à éviter la pousse dans les silos par une aération convenable et un abaissement de température; les silos placés à portée des lavoirs avaient 3 à 4 m. de hauteur; on y établissait des courants d'air de 5 m. en 5 m. au moyen de cheminées formées par des perches disposées en triangles de 1 m. de côté, sur lesquelles les betteraves étaient accumulées. L'air froid de l'extérieur était lancé dans les silos par un ventilateur.

P. Mottez a proposé en 1894 une méthode assez simple qui exige toutefois un certain matériel et qui a le tort, selon nous, de provoquer une

ventilation trop énergique. Sur l'emplacement où doivent être déposées les betteraves, on pose, au fur et à mesure des arrivages, une carcasse à claire-voie formée par une série de doubles cloisons parallèles et faisant couloirs. Entre ces couloirs dont l'écartement est facultatif, on jette les racines comme d'habitude. Les cloisons qui constituent les couloirs sont solidaires et suffisamment écartées pour permettre la circulation de l'air.

On a beaucoup préconisé dans ces derniers temps la conservation sous hangars. Ce procédé permet de régulariser la température des tas, de préserver ceux-ci de l'action des pluies et des gelées en évitant les couvertures en terre ou en paille. Le Syndicat des Fabricants de sucre de France a fait sur ce sujet une enquête à laquelle Brunehant a consacré un intéressant rapport (1). Les résultats de cette enquête ne permettent pas de conclure à l'efficacité de ce mode de conservation ; les expériences sont encore insuffisantes. Pour l'application facile de ce procédé, Deloffre a proposé l'emploi de hangars métalliques transportables, permettant des agrandissements transversaux et longitudinaux commodes et rapides.

On a proposé aussi d'employer, au cours de l'ensilage, certains agents antiseptiques dont l'usage devait assurer une conservation parfaite. Les méthodes expérimentées ne pouvaient naturellement parer qu'aux pertes accidentelles (putréfaction, invasion par des micro-organismes, etc.). Mais dans leur application on ne se rendait pas compte de la résistance souvent extraordinaire de germes microbiens aux agents destructeurs. Pour aseptiser convenablement un silo, la dépense serait certainement très grande.

Dans cet ordre d'idées L. Francez (2), de Bresles, a essayé l'acide phénique et a même pris un brevet. Son procédé consistait à asperger les silos au moyen d'une liqueur phéniquée. D'après lui, en employant une solution d'acide phénique à 0,5 ou 1 0/0, on supprimait la pousse et on obtenait une conservation parfaite ; il fallait 30 à 35 m³ d'eau phéniquée pour 1000 tonnes de racines. Ce résultat n'a pas été confirmé par la pratique.

Lachaux (3) a expérimenté comparativement la conservation en silos aérés ou clos des betteraves telles ou arrosées au fur et à mesure de la mise en tas avec une solution phéniquée au millième à raison de 1 gr. acide phénique par 100 k. de betteraves, ou d'eau horiquée au même titre et à la même dose ; il a constaté après 30 jours d'ensilage les pertes de sucre suivantes :

(1) *Bull. trim. du Sgnd. des Fab. de sucre*, fas. 34, p. 4024, 4904.

(2) L. Francez. *Bull. sucrr. et dist.*, 11, p. 18, 1893.

(3) L. Lachaux. *Bull. sucrr. et dist.*, 11, p. 516, 1894.

	Pertes constatées
Silos ordinaires.	0,87 et 0,57 0/0
Silos phéniqués.	0,98 et 0,20 —
Silos boriqués	1,08 et 0,94 —

Mittelmann (1) a essayé l'acide phénique et le chlorure de chaux et a conclu que ni l'un ni l'autre de ces produits ne pouvaient être employés pour la conservation des betteraves en silos.

Simon a proposé, en 1893, un procédé qui devait, tout en assurant la conservation de la betterave, détruire les nématodes adhérents aux racines ; ce procédé consistait à conserver les betteraves dans une atmosphère d'acide sulfureux. Nous ne savons pas quel a été le sort de ce procédé et s'il a été appliqué ; ce n'était du reste qu'une réédition d'un procédé déjà ancien, car, d'après Vivien (2), en 1860, sur l'instigation de Menier, Fauveau et Vallon avaient fait breveter la conservation des betteraves par l'acide sulfureux. Nous devons faire remarquer qu'en raison de l'oxydation de l'acide sulfureux il devait se produire de l'acide sulfurique dont on connaît l'énergie inversive sur le sucre, même à froid et à une forte dilution, lorsqu'on fait intervenir le facteur *temps*.

H. Claassen (3) conseille la conservation en grand tas, car les pertes de sucre y sont dit-il, très minimes et que ce procédé exige peu d'emplacement et de main-d'œuvre. La betterave résiste bien à quelques degrés de froid et si le dégel est lent il n'y a que la surface des tas qui souffre ; dans l'intérieur des tas le froid ne pénètre que lentement, de même qu'au dégel la température n'y remonte que graduellement, de sorte que les betteraves reviennent à l'état normal sans dommages. Lorsqu'on peut craindre des froids hâtifs et persistants, les tas doivent être couverts ; mais cette pratique a tant d'inconvénients qu'on préfère encore des fosses ou des caves dans lesquelles il n'y a qu'une faible aération. Dans tous les cas la betterave doit être emmagasinée fraîche, non altérée, par une température froide mais sans gelée ; la récolte ne doit pas avoir été trop hâtive : postérieure autant que possible à la mi-octobre.

D'après le même auteur la perte de poids serait de 5 à 10 0/0 dans les tas couverts ou les caves aérées. Dans les tas non couverts, n'ayant pas d'aération artificielle, selon les conditions de température, il n'y a pas de changement de poids ou seulement une diminution de quelques centièmes ; dans les grands tas couverts avec de la terre, il y a toujours une perte d'environ 5 0/0. La perte de sucre dans un climat doux pour une durée de conservation de fin octobre à décembre est, par jour, de 0,010 à 0,012 0/0

(1) Mittelmann. *Bt. sucr. et dist.*, 10, p. 166, 1892.
 (2) *Bt. sucr. et dist.*, 10, p. 168, 1892.
 (3) H. Claassen. *Die Zucker-Fabrikation*, 1904, p. 7.

dans les grands tas non couverts, et de 0,019 0/0 dans les grands tas couverts de terre. La température des tas dépend de celle de l'air extérieur, elle en suit les variations ; mais comme la respiration de la betterave produit de la chaleur, la première sera toujours supérieure à la seconde et la différence sera en relation avec l'importance de la circulation de l'air entre les betteraves.

Quelque soit le mode d'ensilage adopté, les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque la conservation se faisait à basse température ; les bons résultats de l'aération modérée peuvent encore s'expliquer, outre l'entretien de la vie de la racine, par la réfrigération produite. La vie des organismes est influencée par les circonstances climatiques extérieures et le chimisme des cellules est, comme nous l'avons déjà dit, en relation directe avec ces phénomènes. Un abaissement de température annule les fonctions du protoplasma et ralentit l'intensité de la respiration. Strohmmer l'a démontré spécialement pour la betterave (1) ; d'après ses expériences une betterave maintenue à 4°5 a donné 4 mg, 5 d'acide carbonique ; à 5° C. : 5 mg, 4 ; à 17°2 C. : 10 mg, 9.

La conservation de la betterave à une température aussi basse que possible est donc parfaitement justifiée et Kosak a pu prolonger cette conservation d'une manière parfaite jusqu'à fin avril en maintenant les racines à une température de 1° R.

Aussi a-t-on cherché à faire artificiellement ce qu'il n'était pas possible d'obtenir avec régularité par les moyens naturels. En Allemagne, Braune, de Biendorf, a cherché à abaisser la température des silos jusqu'à 3 ou 5° C., au moyen de machines réfrigérantes. Le procédé Menier, dont nous avons déjà fait mention, combinait l'utilisation de l'air froid et de l'acide sulfureux.

Les procédés de réfrigération n'ont pu trouver d'extension par suite du prix de revient trop élevé des frigories.

En 1894 Th. Cambier (1) a repris la question et il résulte de son étude qu'avec les méthodes actuelles de réfrigération la conservation d'une tonne de betteraves, pendant 40 jours, coûterait 4 fr. 15 et que le bénéfice en résultant serait de 3 fr. 83 par tonne ; si on suppose la période de fabrication doublée, le prix de revient serait de 6 fr. 78 laissant un boni de 1 fr. 18 entièrement attribuable à la bonne conservation.

Dans tous les cas si le problème semble théoriquement résolu par la réfrigération des silos, il ne l'est pas encore pratiquement, par suite des prix encore trop élevés des installations frigorifiques.

287. Action de la gelée sur les betteraves. — Dans ce qui pré-

(1) Strohmmer. *Bl. sucr. et dist.*, 13, p. 349, 1895.

(1) Th. Cambier. *La Betterave*, 4, 1894.

cède, nous avons dit à plusieurs reprises que l'on doit éviter de laisser geler les betteraves. A la vérité ce n'est pas l'action proprement dite de la gelée qui est à redouter mais bien plutôt celle du dégel. Voyons quelles sont les conséquences de ces deux phénomènes sur la constitution de la betterave. D'après Müller (1), la racine sucrière résiste assez bien à un froid de -7° , et se conserve très bien à -4° ; d'après Gaillot (2) il suffit d'un froid de -2 à -3° pour que les betteraves soient fortement altérées de telle sorte qu'elles noircissent rapidement au dégel. En réalité l'importance de l'altération varie avec les conditions dans lesquelles la racine revient à la température normale.

Contrairement à ce qui a été dit souvent (3), les cellules végétales ne sont nullement déchirées par suite de la dilatation des liquides qui se congèlent. Prillieux (4) a montré que les glaçons se forment hors des cellules dans les intervalles qui les séparent (méats) et qui d'ordinaire, chez les plantes vivantes, sont occupés par de l'air. Si les cellules étaient déchirées, la plante désorganisée par la gelée ne saurait jamais revivre, quelles que soient les conditions du dégel. Lors de l'abaissement de la température les cellules se contractent et diminuent le volume en même temps qu'elles perdent une partie de leur contenu. La membrane cellulosique qui reste n'est pas déchirée et ce n'est que la couche de plasma qui constitue l'utricule primordiale qui est modifiée dans son état.

Gaillot a complété pour la betterave les observations faites par Prillieux dans un sens général. L'examen microscopique des racines gelées ne montre aucune rupture de la membrane cellulosique. Sous l'influence du froid le contenu des cellules s'extravase, mais par filtration ou exosmose de la partie la plus aqueuse. Or on sait que la couche protoplasmique de la cellule s'oppose énergiquement, tant qu'elle est vivante, à toute filtration de liquide à travers son épaisseur; si l'eau est sortie c'est donc que le protoplasma était dans un état de mort plus ou moins réel déterminé par le froid. Cet état est passager ou définitif selon que le froid a été assez violent ou non pour tuer le protoplasma; s'il ne l'a mis que dans une sorte d'état léthargique, la vie n'est plus que latente mais elle reprend son cours si le dégel est lent et progressif. Si le protoplasma est définitivement tué, lors du dégel la cellule n'aura pas de raison pour reprendre sa turgescence originelle et le liquide cellulaire s'écoulera sous la moindre pression; ce ramollissement si caractéristique s'accompagne d'un noircissement général, analogue à celui qui se produit lorsqu'on

(1) Müller. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 8, p. 168, cité d'après Sachs et Ledocte, *Revue Universelle des progrès de la fab. du sucre*, 1884-87, p. 681.

(2) Gaillot. *Bt. sucr. et dist.*, 8, p. 585 et 677, 1891.

(3) Van de Putte. *Sucrerie belge*, 8, p. 131, 1879.

(4) Prillieux. *Action de la gelée sur les plantes*, *J. Soc. Nat. d'Horticulture*, 3^e série, 3, p. 381, 1881.

expose à l'air une coupe de betterave normale. On conçoit aisément que ce suc cellulaire, qui contient tous les éléments nécessaires au développement des microorganismes, devienne alors, par l'exposition à l'air, le siège des fermentations les plus variées qui décomposent le sucre et les non-sucres et rendent rapidement la betterave dégelée absolument inutilisable. Lorsque l'altération n'est que locale et peu importante on travaille encore ces racines, mais il se produit une perte de sucre très élevée dans les transporteurs et les lavoirs.

Ces altérations du suc cellulaire que nous avons rapportées à l'action des microorganismes se traduisent par des difficultés de travail dans les usines : ralentissements de filtration, cristallisations pénibles, qui font que l'on évite autant que possible de laisser parvenir aux lavoirs des racines dégelées trop endommagées.

Si on travaille les betteraves gelées avant le dégel on évite généralement ces accidents ; d'après Beaudet (1) le travail de la diffusion est même plus facile, ce qui s'explique aisément par la moindre résistance opposée à la pénétration des liquides.

Une autre conséquence de la gelée sur les betteraves est l'enrichissement du jus extrait par rapage et pression, des racines incomplètement dégelées. Ce fait signalé par Leplay (2) fut confirmé par Pagnoul (3) et Gaillet. Le jus extrait dans ces conditions accuse toujours une densité plus forte que celui qu'on retire des racines non gelées ; cela est dû à ce qu'il reste dans le pressin des glaçons d'eau pure. On voit de suite l'attention qu'il faut apporter aux opérations de réception lorsque les livraisons se font par des temps très froids.

(1) Beaudet. *Bl. sucr. et dist.*, 8, p. 106, 1890.

(2) Leplay. *Bl. sucr. et dist.*, 4, p. 219, 1886.

(3) Pagnoul. *Bl. Stat. agrom. du P.-de-C.*, 1890.

CHAPITRE II

LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA BETTERAVE DANS SES RAPPORTS AVEC L'INDUSTRIE

Dans les lignes qui vont suivre nous nous proposons d'exposer les transformations subies par les substances composant la racine de betterave au cours de son utilisation industrielle : fabrication du sucre et de l'alcool. Il n'entre pas dans nos vues de faire de cette partie de notre ouvrage un manuel de sucrerie ou de distillerie, ce serait nous écarter du programme que nous nous sommes tracé. Nous voulons seulement suivre notre plante sucrière et ses constituants jusqu'aux produits fabriqués et aux résidus, sans aucune description d'appareils ou d'outillage.

§ 1.

FABRICATION DU SUCRE

288. Transport des betteraves des silos à l'usine proprement dite. Lavage des racines. — Les racines emmagasinées sur le champ de dépôt de l'usine sont transportées jusqu'aux ateliers de lavage soit par voie terrestre : voitures, wagonnets ; soit par voie aérienne : câbles transporteurs ; soit enfin par des caniveaux. C'est de ce dernier mode que nous aurons à nous occuper, puisque ce n'est qu'avec lui que la betterave se trouve placée dans des conditions telles que sa composition chimique puisse subir une première modification.

Les caniveaux sont alimentés soit par des eaux propres, soit par des eaux ayant déjà servi et ayant subi une épuration mécanique et quelquefois chimique, soit enfin par des eaux d'égouttage de la diffusion ou les eaux tièdes provenant du condenseur. Dans le premier cas qui est assez rare, l'eau est froide et généralement assez pure au point de vue microbien. Dans le second cas, l'eau très chargée de matières organiques, est le siège de fermentations très diverses ; les microorganismes en activité décomposent les matières en suspension et en dissolution avec dégagements gazeux, hydrogène, acide carbonique, formène, etc., et ce n'est que rarement que l'épuration de ces eaux est poussée assez loin pour qu'on ne puisse leur attribuer, au moins en partie certains accidents dans le travail d'extraction

sur lesquels nous reviendrons tout à l'heure. Si on envoie à l'alimentation du transporteur les eaux de la diffusion, et si celle-ci est conduite en marche chaude, les eaux peuvent avoir une température de 30 à 45°. Cette condition très favorable au nettoyage des racines a l'inconvénient de provoquer une perte en sucre plus élevée que celle occasionnée par le transport à l'eau froide.

Les mêmes observations s'appliquent à l'eau employée dans les lavoirs à betteraves ; on emploie ici l'eau propre, l'eau d'égouttage de la diffusion et quelquefois les eaux du condenseur.

Par la section mise à nu par le décolletage et les blessures provenant des cassures des radicelles et des manipulations, il se produit une certaine perte de sucre due à la diffusion du contenu des cellules déchirées et peut-être aussi à l'épuisement par osmose des premières couches de cellules ; comme nous l'avons déjà dit, avec les betteraves gelées, l'épuisement est beaucoup plus rapide.

D'après Pellet (1) la perte en sucre est très minime ; avec l'*z*-naphтол on n'observe que des traces de sucre en mettant les racines dans le volume d'eau correspondant à celui employé dans les transporteurs. Les betteraves restant 2 à 3 minutes dans les transporteurs et 12 à 15 minutes dans les laveurs, la perte en sucre serait de 0,020 à 0,025 0/0 de la betterave.

Pour Mittelmann (2) la perte en sucre est insignifiante avec les betteraves normales ; elle est plus grande avec les betteraves gelées et quand on emploie l'eau chaude elle peut atteindre 0,40 à 0,60 0/0.

D'après Lossinger (3) une betterave saine non blessée ne subit pas de pertes en sucre dans les transporteurs, même en présence d'eau tiède ; une grande partie du sucre des eaux de lavage provient des brisures de queues et autres qui échappent à la fabrication. La perte en sucre s'élève à la limite extrême à 0,08 ou 0,1 0/0, en employant des eaux du condenseur à 30 à 40° C.

Claassen (4) évalue comme suit les quantités de sucre enlevées à 100 k. de betteraves avec un caniveau de 200 m. : pour des betteraves saines et de l'eau chaude (40-45° C.) : 0,02-0,03 en moyenne, 0,05 au maximum ; pour des betteraves gelées et altérées et de l'eau chaude : 0,4 à 0,57 selon la quantité de racines anormales. Dans l'eau d'un transporteur alimenté par les eaux du condenseur, avec un caniveau de 120 m., E. Saillard (5) a trouvé 0 gr. 476 de sucre par litre d'eau correspondant à une perte de 0,15 à 0,17 0/0 de betteraves.

(1) H. Pellet. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 498, 1897.

(2) B. Mittelmann. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 202, 1897.

(3) Lossinger. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 4250, 1898, d'après *Oest. Ungarische Z.*, 27, f. 2.

(4) H. Claassen. *Die Zucker-Fabrikation*, p. 13, 1901.

(5) E. Saillard. *Circ. hebdom.*, 13, n. 657, 1901.

Pendant leur séjour dans les transporteurs et les lavoirs, les betteraves absorbent une certaine quantité d'eau variable avec le degré de siccité atteint par les racines pendant leur conservation. D'après Pellet (*loc. cit.*) après 2 minutes de séjour dans l'eau, la betterave absorbe 0,10 à 0,30 de son poids d'eau et en retient physiquement 0,60 à 0,70 ; après 1/2 heure, on a une absorption de 0,60 à 0,80 0/0. Mittelmann (1) évalue cette absorption à 0,80-1 0/0 du poids de la betterave, souvent moins, pendant le premier mois de la fabrication, s'il fait beau temps ; cet auteur comprend probablement, en bloc, l'eau réellement absorbée et l'eau retenue physiquement. Guibal (2) indique une absorption de 0 k. 423 par 100 k. de betterave et une perte de 0 k. 101 de sucre après une heure d'immersion, temps anormalement prolongé. D'après Claassen (*loc. cit.*) l'augmentation ne dépasse pas ordinairement 0,5 à 1 0/0.

289. Diffusion. — *Considérations théoriques.* — La diffusion est un phénomène de déplacement en vertu duquel les molécules des corps peuvent se transporter dans l'espace qui leur est offert, sans qu'il y ait intervention mécanique extérieure. Nous énonçons cette définition dans un sens absolument général, car les travaux récents ont montré que l'on peut assimiler la diffusion des molécules dissoutes à celle des molécules gazeuses.

Les lois qui régissent ces phénomènes ont déjà été données au cours de cet ouvrage, mais pour la clarté de notre exposition il ne sera pas superflu d'y revenir. Quand on met en contact une solution d'un corps avec le liquide solvant de cette solution, on constate que le corps dissous se répartit dans le volume total des liquides et le mouvement s'effectue aussi bien dans un sens descendant que dans une direction ascensionnelle, malgré la force de la pesanteur ; le mouvement ne cesse que lorsque le corps se trouve réparti uniformément dans toute la masse des deux liquides, en un mot lorsque la solution est homogène.

Ce phénomène s'explique en admettant que la molécule de la substance dissoute exerce sur le solvant une pression qui est peut être causée par son énergie cinétique et en vertu de laquelle elle peut se déplacer et se répandre dans ce solvant ; ce déplacement se fait aussi rapidement que le permet la résistance de frottement (frottement intérieur ou viscosité).

On donne le nom de pression osmotique à cette pression de diffusion qui présente une grande analogie avec la pression des gaz, en vertu de laquelle les molécules gazeuses se répartissent dans l'éther. Cette analogie est confirmée par la mesure des pressions osmotiques.

Si au lieu de permettre aux molécules dissoutes une diffusion libre, on

(1) B. Mittelmann. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 202, 1897.

(2) Guibal. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 203, 1897.

interpose entre les liquides une membrane semi-perméable, c'est-à-dire perméable à l'eau mais non perméable aux molécules du corps dissous, la pression osmotique se manifeste par un phénomène hydrostatique dont il est possible de mesurer l'intensité. Les molécules dissoutes cherchent par l'effet de la pression osmotique à se répandre dans un volume plus grand ; mais comme elles ne peuvent s'échapper du dissolvant, elles tendent à augmenter le volume de la dissolution ; comme d'autre part ce liquide n'est pas expansible, l'effort des molécules se traduit par l'appel d'une nouvelle quantité de dissolvant : c'est la *force osmotique* ; l'appel du dissolvant cesse lorsque la pression hydrostatique fait équilibre à la pression osmotique.

On obtient des parois semi-perméables avec le ferrocyanure de cuivre, l'oxyde de fer, la gélatine précipitée par l'acide tannique etc. Le protoplasma des cellules organiques est généralement entouré d'une pellicule qui possède les mêmes propriétés ; c'est même à cette pellicule que la cellule végétale doit la faculté de reprendre sa turgescence lorsqu'elle a perdu une partie de son eau par fanaison, sans cependant mourir ; la cellule morte a perdu cette faculté ; nous reviendrons plus loin sur ce point.

Les déterminations de pressions osmotiques faites sur différents corps ont montré que la pression osmotique est en relation directe avec le nombre de molécules-gramme dissoutes dans l'unité de volume, autrement dit avec la concentration ; que la pression osmotique, pour une concentration donnée, augmente proportionnellement à la température et pour toutes les matières dissoutes dans le même rapport.

Les lois de Mariotte et de Gay-Lussac régissent absolument de même la force expansive des gaz.

La dialyse se place entre la diffusion et l'osmose ; les liquides ne sont séparés que par une membrane plus ou moins perméable. Il y a perméabilité aussi bien pour le dissolvant que pour le corps dissous et si les phénomènes de diffusion ne se manifestent pas avec la même intensité que lorsqu'il y a contact immédiat des deux liquides, c'est que les mouvements sont ralentis par la réduction des points de contact. Il y a en plus, à notre avis, une résistance due à la capillarité, compliquée de la viscosité. Du reste, il y a longtemps que Graham a montré que les processus de la diffusion ne sont pas influencés par l'interposition d'une membrane. Dans tous les cas, les lois des pressions osmotiques restent entières ; la diffusion s'opère toujours d'autant plus rapidement que les concentrations sont plus différentes et que la température est plus élevée.

Nous sommes amenés à faire maintenant un rapprochement entre la pression osmotique et les coefficients endosmotiques. Il y a longtemps qu'on a remarqué que l'unité de poids du corps qui diffuse est remplacée

par une quantité variable de dissolvant ; de là, la notion du coefficient endosmotique qui exprime la quantité de dissolvant qui se substitue, dans la solution osmosante, à l'unité de poids du corps considéré. Donc, plus il passe de dissolvant, plus le coefficient endosmotique est élevé ; comme il est généralement supérieur à l'unité, on constate un gonflement de la poche osmogène. Pour nous, ce phénomène doit être rapporté à la pression osmotique. Les variations de ce coefficient sont en effet soumises aux mêmes lois que la pression osmotique ; on peut croire qu'au début de la diffusion la pression osmotique se manifeste comme dans le cas d'une membrane semi-perméable et que la quantité de solvant ainsi attirée dans la poche osmogène s'y maintient par suite de l'élasticité de la membrane.

Les considérations théoriques qui précèdent suffisent à justifier les conditions que la pratique a réalisées pour appliquer le phénomène de la diffusion à l'extraction du sucre des racines de betteraves.

290. Diffusibilité comparée de quelques substances. — Avant d'aborder la pratique de la diffusion nous croyons utile de reproduire quelques données théoriques sur la diffusibilité comparée du sucre et de quelques non-sucres.

Etant donnée la richesse du suc cellulaire de la betterave en saccharose, le phénomène osmotique sera toujours plus intense pour ce corps que pour les substances qui l'accompagnent ; nous supposons ici que dans le processus pratique de la diffusion, les modifications qui peuvent se produire dans la composition chimique des non-sucres, s'accomplissent dans l'intérieur même de la cellule et que ce sont les produits de ces décompositions que l'on retrouve dans les jus qui diffusent.

D'après Meyer et Musculus (1), les différents sucres diffusent à travers les membranes avec des rapidités sensiblement égales. Ces auteurs ont trouvé que, toutes conditions égales d'ailleurs, il diffusait en 24 heures :

de 5 grammes de saccharose	3 gr. 49
» de d-fructose.	3 gr. 50
» de lévulose .	3 gr. 89
» de galactose .	3 gr. 75
» de lactose. .	3 gr. 07
» de maltose .	2 gr. 49

Pour deux dextrines il n'est diffusé que 0 gr. 32 et 0 gr. 04.

D'après les essais de Pellet (2), le raffinose diffuse moins vite que le saccharose surtout en présence de ce dernier sucre.

(1) Cité d'après E. O. v. Lippmann, *Die Chemie der Zuckerarten*, p. 634.

(2) Cité d'après Rumpfer, *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 421. et suivantes.

tait pas d'exosmose, mais seulement une faible endosmose ; quand on fait entrer du sucre dans cette dissolution, il n'y a pas que le sucre qui exosmose, la gomme dialyse également et il se produit un fort courant endosmotique.

Nous avons mentionné l'influence exercée par la température sur les processus de diffusion et d'osmose ; le tableau suivant résumant les essais de Herzfeld pour la température de 60° donne une démonstration très nette de cette influence.

	1	2	3	Equivalents osmotiques		
				4	5	6
	Richesse de la solution 0 0 en poids	Quantité de substance dialysée en 2 heures	Quantité de substance passée par cmq	relativement à la même substance à 20°	pour la temp. de 60°, celui du sucre étant 1	des non-sucre à 60°, celui du sucre dans la solution complexe étant 1
Sucre.....	10	2,292	0.01302	2.387	1	
Sulfate de potassium....	10	2,518	0.03.06	2.001	2.539	
Nitrate de potassium....	10	10,923	0.06206	1.951	4.766	
Chlorure de potassium..	10	11,223	0.06376	1.974	4.897	
Asparagine.....	10	3,531	0.02005	2.252	1.541	
Sucre et sulfate de potassium.....	10	2,060	0.01476	2.696	0.899	2,9
Sucre et nitrate de potassium.....	1	0.607	0.00345	2.760	2.649	
Sucre et chlorure de potassium.....	10	1,934	0.01099	2.701	0.884	4,2
Sucre et chlorure de potassium.....	1	0.817	0.00464	1.734	3.369	
Sucre et chlorure de potassium.....	10	1,907	0.01093	2.872	0.841	4,6
Sucre et asparagine.....	1	0.888	0.00504	2.312	3.874	
Sucre et asparagine.....	10	2,449	0.01221	2.676	0.938	7,5
Sucre et asparagine.....	1	0.322	0.00183	1.951	1.405	
Dextrine.....	10					
Sucre et dextrine.....	5					

Le dialysat n'a donné que + 0'2 (Wentzke-Soleil au tube de 200 m/in.
2r'052 de saccharose (1) ; la polarisation a donné 2.077 de sorte que la dextrine dialysée n'a augmenté la quantité apparente de sucre que de 0r'025.

On voit par ces chiffres que l'élévation de température accélère la vitesse de diffusion ; le sucre est le plus sensible à cette action dans les solutions pures. Dans les solutions complexes, le sulfate de potassium est encore plus influencé que le sucre ; dans tous les autres cas les rapports sont plus faibles. Dans la colonne 6 on remarquera que dans les solutions complexes à 20 et 60° le sulfate de potassium garde la même diffusibilité vis-à-vis du sucre, tandis qu'avec les autres substances la rapidité de diffusion est bien plus accentuée pour le sucre ; les équivalents sont plus faibles qu'à 20° quoiqu'il y ait augmentation réelle de diffusion. Selon

(1) Déterminé par l'inversion et la liqueur Fehling.

nous ce fait est dû beaucoup plus aux rapports de concentration qu'à la température, mais il n'en est pas moins vrai qu'au point de vue pratique l'ensemble de ces faits démontre qu'à haute température la solution dialysée sera plus pure qu'à basse température.

La constatation faite pour la dextrine ne se rapproche pas du fait observé par Leplay pour la gomme. Les résultats fournis par les essais de Herzfeld ne doivent pas être pris en valeur absolue ; ils se rapportent à un même papier parchemin. Il est possible qu'avec une autre membrane on obtienne des résultats un peu différents mais on peut admettre que les conclusions générales ne seraient pas modifiées.

291. La diffusion en pratique. — Le travail de la diffusion a pour but d'extraire de la betterave, découpée en lamelles ou cossettes, le saccharose contenu dans le jus des cellules. Contrairement à ce que l'on faisait autrefois, l'extraction du sucre ne se fait pas ici par lessivage mais pour la plus grande partie par l'intermédiaire des phénomènes de diffusion et d'osmose. Chaque cellule constitue un dialyseur que l'on place dans des conditions convenables d'activité. Ces conditions d'activité sont combinées pour obtenir une diffusion aussi rapide et aussi complète que possible du sucre et, autant qu'on le peut, très minime pour les non-sucrex préexistants ou formés dans le jus des cellules.

Une partie de l'extraction se fait par diffusion pure et simple, car le découpage de la betterave en lamelles provoque la section ou la déchirure d'un certain nombre de cellules ; Herzfeld a calculé que, pour des cossettes de 2 mm. d'épaisseur, la vingtième partie des cellules se trouvent ouvertes ; pour des cossettes de 4 m/m., seulement la quarantième partie. Comme Claassen l'indique (1) le nombre des cellules déchirées est d'autant plus grand que la cossette produite est plus fine. Si on considère que le jus extrait par dialyse, subit du fait de cette extraction spéciale une certaine épuration, on conçoit que la multiplication des cellules déchirées, et par suite la diminution des cellules dialysantes, aura théoriquement pour conséquence un abaissement de la pureté du jus moyen. Cet abaissement de la pureté est attribué à la mise en dissolution de l'albumine des cellules déchirées. Cette hypothèse n'a pas encore reçu de sanction expérimentale ; dans les expériences faites par Herzfeld (2), dans une batterie d'expériences, on a traité des cossettes de diverses épaisseurs à différentes températures ; en ce qui concerne l'extraction d'azote albuminoïdal on n'a pas trouvé de différences décisives.

Si la cellule ne se composait que d'une membrane cellulaire close, plus

(1) H. Claassen. *Die Zucker-Fabrikation*, 1901, p. 34.

(2) A. Herzfeld, *Zeitsch. d. Ver. f. Rubenzuckerind.*, 1893 mars et *Sucrierie belge*, 21, p. 336, 1893.

ou moins gorgée de jus, l'extraction devrait pouvoir se faire à froid. Mais outre que le travail à froid est une condition défavorable à l'activité des phénomènes de dialyse, une autre circonstance oblige encore à porter la lamelle à une température assez élevée. La cellule vivante contient une certaine quantité de protoplasma (utricule primordiale) accolée à la membrane cellulaire proprement dite. Cette pellicule protoplasmique permet aux phénomènes d'osmose de se manifester, mais, tant qu'elle est vivante, s'oppose à l'exomose; en d'autres termes, elle permet le passage du dissolvant mais non celui des corps dissous; il y a endomose mais non exomose. Lorsque la vitalité du protoplasma a été annihilée par un agent convenable, la chaleur, par exemple, les courants peuvent s'établir dans les deux sens.

Nous avons dit que la dialyse est d'autant plus active que la différence de concentration des liquides qui baignent les membranes est plus grande; c'est cette condition que réalise la pratique en faisant passer sur la cossette à épuiser un liquide de plus en plus pauvre, de l'eau sur la cossette la plus épuisée.

Si on recherche comment se poursuit l'extraction du sucre et des non-sucre dans les différents diffuseurs, on constate que l'épuisement s'effectue différemment pour ces substances; ce fait est en accord avec la théorie puisque c'est le corps pour lequel la concentration est plus grande qui doit diffuser le plus vite. Le phénomène se complique encore des modifications que subissent les non-sucre solubles ou insolubles par suite du chauffage prolongé. Tels corps primitivement insolubles se solubilisent en partie ou en totalité. Nous donnons ci-dessous quelques puretés des jus pris au même moment sur les diffuseurs d'une même batterie.

D'après Stammer (1).

	Jus des cossettes	Diffuseur											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pureté réelle . . .	90.3	90.2	88.1	90	89	86.7	87	86	85	77	67.4	67.9	51.3
Pureté apparente.	84.0	85.7	82.8	86.8	89	77	75	68	53	57	44	30	20
Pureté réelle . . .	93.5	88.2	88.2	85.3	85.6	85.8	50	63	67	59	44	50	40
Pureté apparente.	84.8	83.5	84	85.8	79.7	75.5	72.3	57	38	37	23	20	17

(1) K. Stammer. *Lehrbuch der Zuckerfabrikation*, Brunswick, 1874, p. 324.

A partir du diffuseur 5, il a été tenu compte, pour les puretés réelles, des éléments dissous dans l'eau.

D'après J. Cartuyvels, F. Renotte et E. Reboux (1).

	Diffuseur 1	Diffuseur 2	Diffuseur 3	Diffuseur 4	Diffuseur 5	Diffuseur 6
Pureté Brix	73.61	74.03	70.74	63.44	55.74	33.36
Température.....	10°R	32°R	53°R	58°R	45°R	20°R

Battut (2) a publié des observations intéressantes sur l'épuisement dans les différents diffuseurs ; il n'a envisagé que la richesse saccharine et les températures.

Dans les essais de Sickel (3) les quotients de pureté des deux premiers diffuseurs varient de 92 à 90, ceux des 2 derniers diffuseurs tombent à 62-60. Pour 100 parties de sucre, il y avait dans le premier diffuseur 3,5 de non-sucre organique et dans le dernier 73.

Voici encore d'autres chiffres publiés par Rutkowsky (4).

Dernier diffuseur.	50.4	45.7	46.0	31.5
Avant-dernier diffuseur. . .	66.1	67.7	59.0	40.0
Diffuseur suivant.	72.5	69.5	62.0	40.0
—	77.4	71.4	72.0	54.0
—	79.7	79.1	80.0	63.0
Premier diffuseur	88.6	83.4	90.2	88.2

Enfin des résultats plus récents publiés par A. Gröger (5).

	Petites eaux	I	II	III	IV	V	VI
Quotient apparent	27.3	42.9	52.5	64.3	72.7	78.5	81.9
Quotient réel	54.5	66.7	75.0	81.8	84.8	88.4	89.1

La pureté des jus des différents diffuseurs varie avec les conditions du

(1) J. Cartuyvels, F. Renotte et E. Reboux. *De la diffusion*, Louvain, 1884, p. 170-173.

(2) L. Battut. *Sucrierie indigène*, 27, p. 414, 1886.

(3) *Sucrierie indigène*, 32, p. 290, 1888.

(4) Dodatek 1892 et *Bl. sucr. et dist.*, 10, p. 516, 1893.

(5) A. Gröger. *Öst. Ungarische Z.*, 30, p. 720, 1901.

travail et la nature de la matière première ; les jus des derniers diffuseurs et même ceux des diffuseurs de tête seront d'autant plus impurs que la température sera maintenue plus élevée sur un plus grand nombre de diffuseurs et que le travail sera plus lent. Dans tous les cas la loi générale de l'épuisement n'est pas modifiée.

Nous avons dit plus haut que l'extraction par dialyse procurait une certaine épuration du jus contenu dans les cellules. Il est de fait qu'en comparant le jus obtenu des cossettes par rapage et pression au jus correspondant obtenu par diffusion on constate souvent une augmentation de pureté dans le second ; ce n'est pas le cas général, il arrive que ce soit le contraire qu'on observe. D'après Pellet (1) il y a toujours augmentation de pureté à la diffusion ; mais cet auteur attribue cette différence à ce que le jus extrait par pression ne représente pas la moyenne du jus contenu dans les cellules ; il ne semble donc pas envisager l'éventualité d'une épuration. Nous renvoyons le lecteur aux remarques que nous avons mentionnées dans la troisième partie de notre ouvrage en ce qui concerne la valeur de l'analyse du jus obtenu par rapage et pression. Etant donné les anomalies qui peuvent se produire dans la composition de ce dernier jus, il ne faut jamais le prendre pour terme de comparaison pour juger le travail de la diffusion. La méthode de Krause exécutée dans des conditions bien déterminées nous paraît plus adaptée au contrôle de la diffusion.

La manière dont on chauffe à la diffusion a une grande influence sur les résultats obtenus. A chauffage égal, la marche la plus rapide donnera les jus les plus faciles à carbonater. Entre les différents modes de chauffage nous distinguerons 2 catégories.

1° On chauffe la batterie par calorisateurs ou injecteurs et le diffuseur le plus chauffé est plus ou moins rapproché du diffuseur de tête ;

2° Le diffuseur le plus chauffé est le diffuseur de tête et on soutire du jus à la température de 70 à 80° et même plus.

Dans les deux procédés la diffusion peut être alimentée par l'eau froide ou l'eau chaude selon les conditions locales ; le deuxième cas est considéré comme le plus favorable.

Dans la première méthode le chauffage est établi un peu empiriquement ; on procède par tâtonnements pour trouver les conditions les plus favorables à la rapidité du travail et à l'épuisement ; il y a plus ou moins de diffuseurs à haute température et le jus soutiré est d'autant plus froid que le diffuseur le plus chauffé est plus éloigné du diffuseur de tête.

La seconde méthode nous paraît la plus rationnelle ; le chauffage à haute température de la cossette fraîche a tout d'abord pour objet de

(1) H. Pellet, *Bericht über den III. Internat. Congress f. Angewandte Chemie*, 2, p. 44. Vienne, 1898.

détruire la vitalité du protoplasma et par suite, de permettre aux phénomènes de dialyse de prendre immédiatement toute leur activité. De plus les essais publiés récemment par Saillard (1) ont montré que la pureté augmente du diffuseur de queue en allant vers la partie la plus chauffée de la batterie et qu'elle diminue ensuite d'une façon plus ou moins sensible. Dans l'ouvrage cité de Cartuyvels, Renotte et Reboux, on trouve déjà indiqué (p. 116) que le méchage à chaud procure une augmentation de pureté.

Il ne faudrait pourtant pas non plus conclure que plus le quotient de pureté d'un jus est élevé, mieux ce jus se travaillera ; il arrive souvent (2), au contraire, que, de deux jus, c'est celui qui paraît le moins pur qui donne les meilleurs résultats.

Ce qu'il faudrait comparer ce sont les jus ayant subi, dans les mêmes conditions, l'épuration par double carbonatation.

Acidité des jus de diffusion. Destruction du sucre. — Lorsqu'on essaie la réaction du jus de betteraves obtenu par rapage et pression ou du jus obtenu par diffusion on constate que ces liquides sont acides, au tournesol comme à la phénolphtaléine. Cette acidité est due d'abord aux amides des acides amidés (glutamine et asparagine) et aux phosphates acides. C'est l'opinion de Jesser (3) et de Degener (4). La présence de substances à réaction acide, autres que les amides, est bien indiquée par la réaction donnée par le tournesol ; on sait que les amides ne réagissent pas sur cet indicateur. Dans quel rapport se trouve les acidités des jus de rapage et pression et des jus de diffusion ? Il existe à ce sujet des observations contradictoires. Stephan (5), Panenko (6) ont signalé des augmentations tandis que Claassen (7) a trouvé que le jus de diffusion contient moins d'acidité que le jus de pression. Il s'agit toujours bien entendu de l'acidité déterminée à la phénolphtaléine.

L'acidité du jus de diffusion est neutralisée par 5 à 12 cc. de lessive de soude normale pour 100 de Brix (matières dissoutes apparentes pour cent grammes) (Panenko, *loc. cit.*). Mais d'après Pellet (8) l'acidité du jus de diffusion est modifiée par la composition de l'eau employée à la diffusion et la terre apportée par les racines découpées ; il a trouvé beaucoup moins que Panenko, 0,18 à 0,25 d'acidité exprimée en SO^2H^2 par litre,

(1) E. Saillard. *Circ. hebdl.*, 13, n. 657, 1901.

(2) H. Pellet. *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 1039, 1897.

(3) L. Jesser. *Sucrierie indigène*, 47, p. 194, 1896. *Dtsch. Zuckerind.*, 22, p. 22, 1897.

(4) P. Degener. *Dtsch. Zuckerind.*, 22, p. 267, 1897.

(5) Stephan. *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 28, p. 8 et *Sucrierie belge*, 22, p. 568, 1894.

(6) Panenko. *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 829, 1897, d'après *Gazeta cukrownitza*, 1896-97.

(7) H. Claassen. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 641, 1898.

(8) H. Pellet. *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 1038, 1897. *Sucrierie indigène*, 50, p. 550, 1897.

mais nous ferons observer que Pellet emploie le papier tournesol comme indicateur.

On a tenté quelques rapprochements entre l'acidité des jus de diffusion et les difficultés qui surviennent pendant le travail de ces jus. Il n'a encore été constaté rien de bien probant, mais le fait est fort plausible. L'acidité augmente généralement lorsqu'on travaille des betteraves altérées ou poussées en silos ; cette augmentation s'explique par la décomposition du sucre et des matières albuminoïdes et comme ces phénomènes ont leur répercussion dans le travail, on comprend comment les variations d'acidité seraient aussi reliées à ces accidents.

La réaction acide du jus de diffusion et les hautes températures auxquelles ce jus est porté fait immédiatement songer à la possibilité d'une inversion du saccharose et par suite à des pertes de sucre. Jesser (1) a recherché si le sucre contenu dans le jus de diffusion peut réellement s'invertir par suite de l'acidité que possède ce jus. Il a constaté, qu'en effet, si on porte assez longtemps du jus de diffusion à l'ébullition, il se forme du sucre inverti ; mais, outre que la température d'ébullition n'est jamais atteinte dans la batterie, après une heure d'ébullition il n'a trouvé qu'une formation de 0,45 0/0 d'inverti. L. Jesser n'en demeure pas moins persuadé que l'on doit attacher le plus grand soin au chauffage du jus dans la batterie et après la diffusion ; il attribue au chauffage mal conduit une très grande importance sur la qualité des jus épurés (2).

La question de destruction du sucre par inversion pendant la diffusion a fait l'objet de nombreux travaux. Les deux chefs d'école, H. Pellet et H. Claassen, ont étudié la question de très près ; le premier (3) a toujours soutenu qu'il n'y a pas destruction de sucre pendant la diffusion. Beaudet (4), Eckel (5), Dombrowski (6) ont soutenu la même thèse. H. Claassen (7) a d'abord nettement affirmé l'augmentation des sucres réducteurs par la diffusion ; il attribuait cette augmentation à l'action inversive des acides contenus dans le jus de betterave, soit sur le saccharose, soit sur d'autres hydrates de carbone ; les doses de réducteurs variaient avec la nature des betteraves et étaient toujours plus élevées avec des betteraves ayant eu un développement anormal, une repousse tardive par exemple. Plus tard Claassen a confirmé l'augmentation des sucres réducteurs, mais

(1) L. Jesser. *Dtsch. Zuckerind.*, 22, p. 22, 1897.

(2) L. Jesser. *Dtsch. Zuckerind.*, 26, 1777 et 1809, 1901.

(3) H. Pellet. *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 1039, 1897, 15, p. 208 et 550, 1897-98. *Sucrerie indigène*, 50, p. 550, 1897.

(4) L. Beaudet. *Bl. sucr. et dist.*, 12, p. 509, 1894.

(5) Eckel. *Dtsch. Zuckerind.*, 21, p. 1384, 1896.

(6) W. Dombrowski. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 654, 1898 d'après *Zapiski*, 1897.

(7) H. Claassen. *Sucrerie indigène*, 41, p. 242, 1893, d'après *Dtsch. Zuckerind.*, 1893. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 208, 1897. *Die Zucker-Fabrikation*, 1901, p. 45.

il dit alors que cela ne signifie pas qu'il y ait formation de sucre inverti. Enfin dans son récent ouvrage cet auteur dit que le sucre n'éprouve pas de modification sensible ou que, s'il y a augmentation des réducteurs, ils peuvent provenir aussi bien d'autres éléments de la betterave. A ce sujet, rappelons que, d'après Pellet, les sucres réducteurs contenus dans la betterave sont vraisemblablement formés par un mélange de dextrose et de lévulose ; la certitude de ce fait n'est pas bien démontrée.

Nous pouvons donc conclure qu'il n'y a pas de pertes sensibles de sucre par inversion pendant la diffusion.

Matières minérales dans le jus de diffusion. — Il résulte des recherches de Herzfeld, de Claassen et de Gröger (*loc. cit.*) que l'on extrait d'autant plus de matières salines que la diffusion est conduite plus lentement et que l'épuisement est poussé plus loin. Par suite du ralentissement de la batterie, le travail avec de fortes cossettes donne des jus plus salins qu'avec les fines lamelles (Herzfeld). C'est ce qui explique pourquoi la marche lente et à haute température donne généralement, par le travail ultérieur, des jus contenant de plus fortes doses d'alcalinité naturelle. Les derniers jus enlèvent beaucoup de sels potassiques (Claassen) et, étant donné l'augmentation parallèle des matières organiques entrées en dissolution, on avait craint que l'extraction des dernières traces de sucre ne fit entrer dans le travail des proportions tellement grandes de non-sucres que la qualité des jus en eut été très défavorablement influencée. Les auteurs cités plus haut ont soumis à l'épuration par double carbonatation les derniers jus de la diffusion, tels ou après concentration, et constaté qu'après cette épuration et l'évaporation on obtient encore du sirop de pureté assez élevée.

Matières azotées dans les jus de diffusion. Matières protéiques. — D'après ce que nous avons dit dans la troisième partie de notre ouvrage sur les matières albuminoïdes de la betterave, on comprend que le jus doit encore contenir une certaine quantité de ces produits, même s'il est soulevé à haute température. Le jus de diffusion contient une plus ou moins grande proportion de matières albuminoïdes coagulables par la chaleur seule ; le reste de l'albumine peut être plus ou moins complètement insolubilisé par l'acide acétique. La température atteinte pendant la diffusion permet déjà une altération des matières albuminoïdes par peptonisation ; cette réaction d'abord soupçonnée par Jesser (1), indiquée également par Urbain (2), a été prouvée expérimentalement par L. Wende-

(1) L. Jesser, *Sucrierie indigène*, 47, p. 84, 1896.

(2) *Bull. sucr. et dist.*, 16, p. 209, 1898.

ler (1) ; ce dernier a publié les résultats suivants pour des jus obtenus le 19 novembre 1900 :

	Pour 100 parties de sucre			
	Azote albuminoïde	Azote des propeptones	Azote des peptones	Azote protéique total
Jus obtenu par pression..	0,385	0,017	0,009	0,411
Jus de diffusion	0,064	0,029	0,017	0,110
	Albumine correspondante	Propeptone correspondante	Peptone correspondante	Protéine totale
Jus obtenu par pression..	2,406	0,104	0,056	2,566
Jus de diffusion	0,400	0,181	0,106	0,687
	Albumine 0/0 de protéine initiale	Propeptone 0/0 de protéine initiale	Peptone 0/0 de protéine initiale	Protéine totale 0/0 de protéine initiale
Jus obtenu par pression..	93,6	4,0	2,2	100,0
Jus de diffusion	15,6	7,1	4,1	26,8

Il serait intéressant de rechercher l'influence du degré maximum de température et de la durée du chauffage sur les variations de la teneur en peptones.

Matières azotées non protéiques. — Etant donné les quantités d'eau considérables qui passent sur la cossette et la durée assez longue du contact, il est permis de croire que toutes les matières azotées solubles de la betterave sont entraînées dans les jus de diffusion. Nous donnerons plus loin des analyses complètes de ces jus ; nous voulons seulement rapporter ici des observations faites par E. Sellier pendant la campagne 1901-1902 à la sucrerie de Catillon-sur-Sambre (Nord), sur les quantités d'asparagine et glutamine contenues dans les jus de diffusion. Ces deux corps ont été dosés en bloc d'après la méthode mentionnée à la fin de la troisième partie. Il a été admis que les jus de diffusion ne contenaient pas d'ammoniaque préexistant ; les quantités d'ammoniaque qui peuvent exister, s'il en existe réellement dans le jus de diffusion, sont dans tous les cas si minimes qu'elles ne peuvent influencer beaucoup les résultats.

(1) P. Wendeler, *Dtsch. Zuckerind.*, 26, p. 1368, 1901.

Dates	Par hectolitre de jus		Pour cent de sucre		Azote des amides acides calculé en as- paragine $C^{11}H^{19}Az^{2}O^3$		Azote de l'aspara- gine et de la glu- tamine 0,0 de l'a- zote total
	Azote de l'aspa- ragine et gluta- mine	Azote total (1)	Azote de l'aspa- ragine et gluta- mine	Azote total	Par hec- tolitre	0/0 de sucre	
16 octobre.....	0.0442	0.0952	0.386	0.832	0.2083	1.801	46.4
19 octobre.....	0.0400	0.0960	0.352	0.845	0.1885	1.659	41.6
25 octobre.....	0.0396	0.0940	0.354	0.840	0.1866	1.668	42.0
29 octobre.....	0.0412	0.0962	0.374	0.874	0.1942	1.763	42.8
5 novembre.....	0.0428	0.0986	0.385	0.889	0.2017	1.815	43.3
13 novembre.....	0.0424	0.0915	0.366	0.791	0.2000	1.725	46.3
3 décembre.....	0.0358	0.0847	0.356	0.842	0.1687	1.678	42.1
10 décembre.....	0.0434	0.0889	0.392	0.806	0.2045	1.848	48.7

Pendant la dernière semaine on travaillait des betteraves ensilées, assez mal conservées, ce qui pourrait expliquer l'augmentation très nette de la proportion d'azote de l'asparagine et de la glutamine relativement à 100 de sucre ou d'azote total. Cette étude n'était que préliminaire, elle n'avait pour but que de fixer le mode opératoire, et les échantillons ne purent être prélevés pour représenter des moyennes; nous nous abstenons donc de tirer de ces résultats des conclusions définitives.

Matières organiques non azotées dans le jus de diffusion. Matières pectiques.

— D'après Weisberg (2), le jus de diffusion ne contient qu'une faible proportion de matières pectiques si l'opération a lieu à une température convenable, car la transformation de la pectose insoluble en pectine et parapectine est peu à craindre à cette température. Si la température est maintenue longtemps à un degré très élevé, on peut craindre la formation d'acide métapectique; dans tous les cas la littérature technique ne contient pas d'indications précises sur les conditions qui doivent être réalisées pour que cette transformation se produise. D'après Eckleben (3) le jus de betteraves contient 0,03 à 0,017 de pectine soluble dans l'eau, et par conséquent susceptible de se retrouver dans le jus de diffusion. L'opinion de Weisberg fut confirmée par Stift et Komers (4).

Les substances nucléiques sont insolubles dans l'eau et devraient donc rester dans les cossettes; V. Lippmann a cependant identifié certains de leur produits de décomposition dans la mélasse (5).

(1) Dosé d'après Kjeldahl-Joldbauer.

(2) J. Weisberg. *Bl. Assoc. belge Chim.*, 3, p. 43, 1889.

(3) *Bl. suc. et dist.*, 8, p. 456, 1888.

(4) *Bl. suc. et dist.*, 15, p. 802, 1898.

(5) Voyez A. Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 404.

Acides organiques. — La diffusion extrait une grande quantité d'acides organiques comme on le verra par les analyses que nous donnerons plus loin.

La composition des jus de diffusion peut être influencée par des fermentations qui se produisent dans les batteries ; ces phénomènes se traduisent souvent par des dégagements gazeux considérables. Dans ces circonstances, Millat et Maquenne (1) ont constaté la présence d'acide acétique et d'acide butyrique dans les jus. Les germes de ces fermentations sont apportés par la terre qui reste adhérente aux racines malgré les lavages, par le séjour dans les transporteurs et les lavoirs alimentés par des eaux de diffusion altérées et peut-être aussi parfois par l'eau employée dans la batterie.

Ces fermentations s'alimentent surtout du sucre et, en outre des pertes qu'elles occasionnent, font encore entrer dans les jus de nouveaux non-sucres. On constate souvent, aux endroits où le jus séjourne à basse température, des développements considérables de *Leuconostoc*. Brendel (2) a étudié le développement de ce microorganisme dans le jus de diffusion.

Tout le sucre entré à la diffusion dans les cossettes fraîches doit se retrouver dans les jus, les cossettes épuisées et les eaux d'égouttage ; sinon il y a des pertes mécaniques ou par fermentation. Pour terminer cette étude de l'extraction du sucre par diffusion, nous donnons des moyennes d'analyses très complètes du jus de diffusion faites par Andrlík, Urban et Stanek (3) au laboratoire de l'Association sucrière de Bohême à Prague. On considérera ces chiffres sous le bénéfice des observations que nous avons faites à la fin de la troisième partie, sur les méthodes de dosage des matières azotées dans les produits dérivés de la betterave (voir tableau page 570).

II. Pellet (4) avait déjà publié il y a longtemps des analyses assez complètes de jus de diffusion. Le travail de Pellet avait surtout pour but de comparer les jus obtenus par pression aux jus obtenus par diffusion. Si nous avons préféré donner les moyennes des analyses des chimistes tchèques, c'est que celles-ci se rapportent à un plus grand nombre d'observa-

(1) P. P. Dehérain. *Bl. sucr. et dist.*, 2, n 2. 1884.

(2) C. Brendel. *Bl. sucr. et dist.*, 17, p. 927, 1900 d'après *C. B. Zuckerind.* 1900. A ce sujet voyez aussi O. Lax. *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 357, 1900 d'après *C. B. Bakteriolog. und Parasitenkunde Abth. II.* 1890. — Degener. *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 360, 1900 d'après *C. B. Zuckerind.* 1900. — E. Marchal. *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 704, 1901 d'après *L'Ingénieur agricole*, Gembloux, 1901. — A. Schöne, *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 465, 1901 d'après *Verein Dtsch. Zuckerind.*, 1901. Traductions E. Sellier.

(3) Ce tableau est extrait d'une note publiée par les mêmes auteurs, sur la triple carbonatation ; ces analyses avaient déjà fait l'objet de précédentes publications résumées en français par E. Sellier dans *Bl. sucr. et dist.*, 17, 18 et 19, 1900-1901.

(4) H. Pellet, *Etudes nouvelles sur les jus et les pulpes de diffusion comparées au point de vue chimique et pratique aux jus de rapas et presses hydrauliques*. Paris, 1880.

tions (13 pour 1898-99 et 17 pour 1899-1900), qu'elles sont plus en rapport avec les betteraves produites actuellement et qu'enfin, elles ont l'avantage d'avoir été faites par des procédés analytiques plus perfectionnés. La seule comparaison de la composition saline des jus de diffusion de Pellet et des moyennes reproduites ci-dessous montre bien que les jus actuels sont moins chargés de sels que ceux des betteraves d'il y a 20 ans.

Pour cent de sucre	Campagne 1898-1899	Campagne 1899-1900
Cendres pures	3.07	2.96
K ² O	1.37	1.34
Na ² O	0.15	0.22
CaO	0.07	0.05
MgO	0.35	0.32
Fe ² O ³ + Al ² O ³	0.05	0.05
Insoluble dans l'acide chlorhydrique	0.08	0.05
P ² O ⁵	0.48	0.48
SO ³	0.22	0.17
Cl.	0.09	0.07
Azote total	0.888	0.715
Azote albuminoïdal d'après Stutzer	0.294	0.234
Azote protéique total d'après Rümpler	»	0.149
Azote des corps albuminoïdaux et des propeptones d'après Rümpler	»	0.123
Azote des peptones d'après Rümpler	»	0.026
Totalité de l'azote précipitable par le phosphotungstate de sodium	0.246	0.197
Azote ammoniacal d'après Baumann et Böhrner	0.124	0.109
Azote de la bétaine (différence des deux précédents)	0.122	0.088
Azote des acides amidés et autres formes non déterminées plus exactement	0.217	0.299
Acidité des acides extractibles par l'éther en cc. KOH-n	»	29.1
Acidité des acides volatils en cc. KOH-n	»	2.06
Acide oxalique C ² H ² O ⁴ + 2 aq	0.68	0.71
Sucres réducteurs, en sucre inverti	»	0.77

292. Pulpes de diffusion. — Les cossettes épuisées tombant du diffuseur et égouttées représentent de 90 à 100 0/0 du poids des betteraves mises en œuvre. Elles sont soumises à une pression plus ou moins énergique qui a pour but de leur enlever une certaine quantité d'eau. La proportion de pulpes pressées obtenue varie de 30 à 50 0/0 de la betterave ; cette proportion dépend évidemment du degré de siccité atteint par la pression et de la perfection des appareils utilisés (entraînements de pulpes dans les eaux des presses).

Lorsque les cossettes ont été soumises longtemps à une température élevée, elles gardent encore beaucoup d'eau après pression, parce que les matières incrustantes — pentosanes — ont subi un commencement d'hydrolyse qui leur donne une consistance mucilagineuse. Nous donnons ci-dessous une analyse faite par l'un de nous en 1901 au Laboratoire Vivien sur

des pulpes pressées provenant d'un travail de diffusion avec chauffage immédiat de la cossette fraîche par le jus de diffusion porté à une très haute température.

	Composition centésimale	
	Des pulpes presses	de la matière sèche
Matières azotées albuminoïdes (d'après Stutzer).....	1 268	11 06
Matières azotées non albuminoïdes.....	0 000	0 00
Matières solubles dans l'éther (graisses).....	0 075	0 66
Saccharose.....	0 325	2 83
Sucres réducteurs.....	0 000	0 00
Hydrates de carbone saccharifiables par un traitement d'une heure par SO_4H^2 à 1 0 0 à 105° environ (exprimés en saccharose).....	3 086	27 02
Hydrates de carbone non saccharifiables (par différence).....	4 010	34 84
Cellulose brute.....	2 181	19 08
Matières minérales diverses.....	0 475	4 16
Acide phosphorique.....	0 040	0 35
Eau.....	88 540	
	100 000	100 00

En France ces résidus sont emmagasinés dans des silos en terre ou en maçonnerie pour servir, au fur et à mesure des besoins, à l'alimentation des bestiaux. Cette conservation est souvent faite d'une manière défectueuse : les silos ne sont pas suffisamment couverts et les pulpes reçoivent de grandes quantités d'eaux météoriques. Il ne tarde pas à s'établir dans la masse des fermentations qui donnent une réaction acide à la pulpe.

En même temps, il se sépare de grandes quantités de liquide qui sont plus ou moins absorbés par le sous-sol des fosses établies en terre ou par des drains dans les silos maçonnés. Le liquide qui se sépare n'est pas seulement de l'eau ; il contient une grande partie des matières sèches de la pulpe, solubilisées par les fermentations et les microorganismes.

D'après Maercker et Morgen (1) la pulpe perd ainsi, après 4 ou 5 mois de conservation, 35 0/0 de sa teneur en matières sèches dans les fosses en terre, et 20 0/0 dans les silos maçonnés.

L'utilisation des pulpes pour l'alimentation des bestiaux a été étudiée par Pellet dans l'ouvrage cité plus haut et plus récemment par Cornevin (2) ; ce dernier auteur indique également les accidents qui peuvent se produire par l'emploi des pulpes envahies par les microorganismes et rapporte les travaux de Arloing sur les bactéries considérées comme les agents de

(1) Cité d'après Stohmann, *Handbuch der Zuckerfabrikation*, p. 201, Berlin, 1899.

(2) Ch. Cornevin, *Des résidus industriels dans l'alimentation du bétail*, p. 22, Paris, 1892.

la *maladie de la pulpe*. Nous renvoyons le lecteur à ces deux ouvrages.

En Allemagne et en Autriche la pulpe pressée est généralement desséchée dans des fours spéciaux, qui abaissent la teneur en eau à 10-15 0/0 et lui assurent de la sorte une conservation pour ainsi dire illimitée. D'après Claassen (1) on obtient, selon la pression, la richesse en sucre des cossettes humides et les pertes de travail, de 5,5 à 6,5 de pulpes sèches pour cent de betteraves mises en œuvre. Dans ces derniers temps on a préparé avec ce produit sec des fourrages mélassés, de sorte que les premiers et derniers résidus de la fabrication du sucre trouvent ainsi une utilisation agricole très élégante. Cette méthode a encore pour avantage de restituer à la terre, par le fumier, une grande partie des éléments fertilisants exportés par les récoltes de betteraves.

293. Réchauffage et filtration du jus de diffusion. — Le jus provenant de la diffusion doit subir avant tout un dépulpage soigneux. Si cette opération n'est pas bien faite ou omise, les particules de pulpes restant dans les jus seront soumises plus tard à des températures assez élevées pour faire craindre que les matières incrustantes qu'elles contiennent ne subissent des transformations nuisibles, qu'il se forme par exemple de l'acide métapectique. Claassen (2) dit qu'il se forme des corps mucilagineux qui sont partiellement précipités à la saturation mais toujours avec la même structure physique, de sorte que la filtration est rendue plus pénible. Le jus dépulvé est envoyé tel à la défécation calcique ou préalablement chauffé, et même parfois filtré. Examinons l'effet de ce réchauffage et de cette filtration et leur nécessité. Quand on chauffe un jus de diffusion (il s'agit bien entendu d'un jus soutiré à température relativement basse et non de ceux que donnent les procédés récents de chauffage en tête de la batterie) il se forme un coagulum assez difficile à filtrer. Ce précipité contient l'albumine coagulable par la chaleur seule ; d'après Battut cette portion de l'albumine forme 34,17 0/0 de l'albumine totale ; les chiffres trouvés par Herzfeld et Bresler sont bien inférieurs à celui de Battut ; il ne faut compter que sur 10 0/0 environ. Pour que la coagulation soit complète, il faut que la température soit d'autant plus élevée que le jus est plus pauvre en albumine. Le coagulum ne contient pas seulement de l'albumine ; en effet, on n'y trouve d'après Bouchon (3) que 11 0/0 d'azote, d'après W. Bresler (4) de 7.78 à 12.94, en moyenne 9.35 0/0 d'azote. D'après ce dernier auteur (5) le poids du coagulum serait de

(1) H. Claassen. *Die Zucker-Fabrikation*, 1901, p. 62.

(2) H. Claassen. *Die Zucker-Fabrikation*, 1904, p. 64.

(3) Bouchon. *Sucrerie indigène*, 41, p. 363, 1894.

(4) W. Bresler. *Dtsch. Zuckerrind*, 22, p. 671, 1897.

(5) L'auteur ne donne pas d'indications précises, mais tout semble indiquer que ces résultats se rapportent à l'hectolitre de jus.

0 k. 247 à 1 k. 197, en moyenne 0,547 ; ces chiffres nous paraissent très élevés. Les matières albuminoïdes contiennent *en moyenne* 16 0/0 d'azote ; ce chiffre varie avec les différents corps mais il ne tombe jamais aux teneurs des précipités séparés des jus de diffusion. Il n'existe pas encore de données expérimentales sur la nature des non-sucres séparés dans le coagulum en même temps que l'albumine. Beaucoup d'auteurs séduits par cette épuration si simple n'ont pas hésité à la recommander mais ils n'ont pas songé à s'assurer si le travail ordinaire, sans filtration, ne procurait pas déjà les mêmes avantages. C'est en effet ce qui se produit. Il ressort des expériences faites à ce sujet par Herzfeld (1) que l'albumine une fois coagulée n'est plus redissoute dans les opérations ultérieures de la défécocarbonatation ; cet auteur avait même cru constater que le chauffage des jus bruts avait pour conséquence de détruire du sucre par inversion, cette inversion étant produite par l'acide parapectique qui se forme de la pectine ; il revint plus tard sur cette dernière opinion et du reste les essais de Jesser cités précédemment sont assez décisifs.

Dans une série des essais de Herzfeld, les jus absolument exempts de pulpes folles étaient chaulés à froid et réchauffés à 75°, après chaulage ; les résultats, tant au point de vue de l'augmentation de pureté qu'à celui de la séparation des matières azotées, n'ont été ni meilleurs ni plus mauvais que par le rechauffage simple ou suivi d'une filtration. Strohmer et Stift (2) avaient publié des résultats d'analyses de jus bruts et filtrés avant chaulage, et des jus épurés avec ou sans désalbumination ; ces résultats tendaient à conclure que l'augmentation de pureté constatée avec la filtration persistait jusque dans les jus épurés. Mais comme le fit remarquer F. Sachs à l'époque de leur publication, les résultats des auteurs autrichiens renferment des contradictions importantes et par suite les conclusions qu'on en a tirées sont bien compromises. Beaudet (3) a fait aussi des essais sur la même question ; ses résultats sont contradictoires ; du reste cet auteur avait négligé de considérer le critérium le plus important, l'azote albuminoïde (3).

294. Chaulage ou défécation. — Le jus extrait par diffusion porté ou non à une température de 70-80° est additionné de chaux anhydre ou hydratée en poudre, ou hydratée et délayée. Rümpler (4) définit ainsi le

(1) A. Herzfeld. *Sucrierie belge*, 21, p. 336, 1893, d'après *Zeits. d. Ver. f. Dents. Rübenzuckerind.*, 1893.

(2) *Sucrierie belge*, 21, p. 202, 1893 d'après *Oest. Ungarische Z.* 1892. Voyez aussi : Pellet, Beaudet et Saillard. *Traité de la fabrication du sucre*, 1894, 1, p. 201. — P. Horstin Deon, *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre*, 1900, p. 456.

(3) L. Beaudet *B. suc. et dist.*, 14, p. 967, 1897.

(4) *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 439.

but de la défécation : Stériliser le jus de betterave, précipiter les non-sucres ou décomposer autant que possible ceux qui ne sont pas précipitables.

La quantité de chaux employée pour la défécation varie de 1 à 3 pour cent de la betterave ; d'après Todolkiewicz (1) cette quantité devrait être en rapport avec la quantité de non-sucre contenue dans les jus. Nous ne croyons pas que ce principe ait jamais été appliqué en pratique, de sorte que nous ignorons jusqu'à quel point il est justifié. Pour obtenir une défécation assez complète et des jus de bonne qualité, il est difficile d'abaisser le minimum de chaux au-dessous de 1 k. 5 ; il arrive très souvent que cette quantité soit trop faible, ce qui est indiqué par les difficultés de filtration et par la présence de chaux combinée à des substances organiques dans les sirops. Ce sont surtout ces deux points qui règlent la quantité de chaux à employer ; si on ne prend que le quotient de pureté comme critérium on constate que ce quotient n'augmente pas proportionnellement à la quantité de chaux ajoutée et qu'à une certaine limite une augmentation de chaux ne produit plus d'effet sensible. Ces faits ont été démontrés par Weisberg (2), Beaudet (3) et Herzfeld (4).

La chaux peut être employée à l'état anhydre en morceaux ou en poudre, ou à l'état hydraté, en poudre ou en lait. Des nombreux travaux qui ont été faits pour rechercher quelle est la forme la plus convenable, il ressort que, toutes choses égales d'ailleurs, si la chaux est complètement hydratée et intimement mélangée au jus, son action chimique reste la même sous quelque forme qu'on l'emploie ; mais la chaux anhydre peut avoir, d'une façon indirecte, un certain avantage au point de vue de l'épuration, avantage sur lequel nous reviendrons dans la suite.

La haute température atteinte pendant l'hydratation de la chaux par sa combinaison avec l'eau ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 15500 \text{ cal.}$) avait fait craindre qu'il ne se détruisit du sucre lorsque l'on hydrate directement avec du jus ; les essais de Herzfeld (5) et de Stolle (6) ont montré que cette crainte n'est pas justifiée.

Si le jus brut n'a pas été chauffé avant la défécation, il l'est généralement avant d'être carbonaté ; la défécation et la carbonatation à froid ne sont pratiquées que dans des cas spéciaux et nous verrons par la suite que la chaleur est nécessaire pour que la chaux puisse agir efficacement. La température atteinte varie de 60 à 80° ; cette dernière est rarement dépassée.

(1) Todolkiewicz *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 539, 1894 d'après *Gazeta cukrownicza* 1894.

(2) Weisberg, *Sucrierie belge*, 15, p. 315 et 345, 1887.

(3) Beaudet, *Bl. sucr. et dist.*, 13, p. 12, 1894.

(4) A. Herzfeld. *Bl. sucr. et dist.*, 12, p. 85, 1894, d'après *Verein Dtsch. Zuckerind.*, 1894.

(5) A. Herzfeld, *Bl. sucr. et dist.*, 13, p. 990, 1896, d'après *Verein Dtsch. Zuckerind.*, 1896.

(6) F. Stolle. *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 806, 1901 d'après *C. B. Zuckerind.* 1900.

sée. Weisberg a montré que dans ces conditions il ne se détruit pas de sucre.

Les combinaisons sacro-calciques au chaulage. — Lorsqu'on met en présence une solution sucrée, pure ou non, et de la chaux (anhydre ou hydratée) on constate qu'une partie de la chaux se dissout, en quantité variable selon les conditions de l'expérience. Dans des conditions spéciales la combinaison de la chaux et du sucre peut être plus complexe et donner naissance à des composés de sucre et de chaux insolubles. Nous n'avons à nous occuper ici que de la dissolution de la chaux.

Weisberg (1), Pellet (2), Herzfeld, Schnell et Geese (3) ont récemment publié des travaux très intéressants sur cette question.

La quantité de chaux qui se dissout dépend des trois facteurs suivants : Richesse de la solution en saccharose, quantité et état de la chaux ajoutée, température ; la durée du contact a naturellement une influence.

La proportion de chaux dissoute (ramenée à 100 de sucre) est, d'après Weisberg, plus forte dans un liquide sucré pauvre que dans un liquide sucré riche ; cependant le même auteur a publié plus tard des tableaux montrant qu'à la température ordinaire c'est dans les solutions les plus riches que la proportion de chaux dissoute est plus forte, autant qu'il s'agit de chaux hydratée ; avec la chaux anhydre les différences sont peu sensibles. D'après Pellet, avec la chaux vive la dissolution reste la même *quelle que soit la richesse en sucre* ; le même auteur a cependant écrit : Qu'au contraire le sucre dissout d'autant moins de chaux 0/0 de sucre que *la solution est moins riche* en saccharose ; il est probable qu'il s'agit dans la deuxième conclusion de chaux hydratée, autrement il y aurait là une contradiction flagrante.

La quantité de chaux dissoute est plus forte quand on fait agir la chaux anhydre que quand on prend la poudre hydratée, et cette dernière se dissout plus elle-même, que la chaux délayée ; tous les auteurs sont d'accord sur ce point.

D'après les expériences de Pellet, la quantité de chaux qui se dissout est d'autant plus forte que l'excès d'oxyde de calcium est plus grand. Weisberg a fait la même constatation en opérant sur des jus de diffusion. Cependant un autre auteur (4) n'a pas hésité à écrire, sans trop y réfléchir croyons-nous, que plus on ajoute de lait de chaux dans un jus de diffusion moins ce dernier dissout de chaux !

(1) J. Weisberg. *Bl. suc. et dist.*, 11, p. 790, 1897. 16, p. 263, 329, 426, 1898. 17 pp. 78, 289, 4898. 18, p. 778, 1901. 19, p. 447, 1901.

(2) H. Pellet. *Bl. suc. et dist.*, 16, p. 257, 1898. 18 pp. 773, 882, 885, 1901.

(3) J. Schnell et W. Geese. *Bl. suc. et dist.*, 19, p. 443, 1901, d'après C. B. Zuckerrind. 1901.

(4) A. Arnaud. *Bl. suc. et dist.* 18, p. 887, 1901.

La solubilité de la chaux diminue avec la température ; à la température ordinaire (15 à 16°), une solution sucrée contenant de 3 à 13 0/0 de sucre, traitée par la chaux anhydre, dissout environ 28 de chaux 0/0 de sucre ; avec la poudre hydratée on dissout de 23 à 25 de chaux selon la richesse de la solution sucrée et avec le lait de chaux de 20 à 23 0/0. A mesure que la température s'élève, la solubilité diminue lorsqu'on met la chaux dans la solution sucrée portée à la température envisagée ; mais si on chauffe une solution saturée à froid et filtrée, le liquide séparé du dépôt qui se forme, contient bien plus de chaux que dans le premier cas.

Les règles que nous venons de rapporter s'appliquent aux solutions sucrées pures. J. Weisberg a montré qu'elles sont encore exactes pour les jus de diffusion.

Lorsqu'on traite le jus de diffusion froid par la chaux et qu'on compare les polarisations du jus initial et du jus chaulé filtré on constate pour ce dernier une diminution ; il n'y a pas eu destruction de sucre mais seulement insolubilisation. D'après Pellet, lorsqu'on chauffe le jus chaulé, le sucre insolubilisé ne se redissout pas comme on pourrait s'y attendre ; au contraire, il semble que pendant le chauffage la précipitation se continue ; la diminution de polarisation est due à la formation de sucrate insoluble qui, d'après Pellet, est englobé dans la matière organique qui l'empêche de se redissoudre ; il pourrait même y avoir combinaison complexe. Au contraire lorsqu'on chaule des jus chauds il n'y a pas de diminution de polarisation. Weisberg ne semble pas admettre que le sucrate insoluble puisse se former pendant le chauffage ; pour lui, l'insolubilisation se produit quand on chaule le jus froid parce qu'une basse température est plus favorable à la formation du sucrate insoluble ; à une température élevée la précipitation du sucre se produit plus difficilement. Quoiqu'il en soit, ce qu'il faut retenir, c'est qu'au point de vue pratique, il est rationnel de ne traiter les jus de diffusion par la chaux qu'autant qu'ils sont déjà à une température assez élevée.

295. Action du chaulage sur les non sucres. *Matières minérales.*— Les bases minérales combinées aux acides organiques, éventuellement aux acides minéraux, sont mises en liberté. Le chlore reste évidemment en solution. Parmi les acides minéraux qui pourraient former des sels insolubles, nous n'avons à mentionner que l'acide sulfurique et l'acide phosphorique. Nous avons dit dans la troisième partie que le soufre se trouvait engagé dans la molécule albuminoïde ; il est peu probable que l'opération du chaulage puisse donner naissance à du sulfate de chaux (1)

(1) Bresler considère cette formation comme possible mais il ne donne pas d'explications appuyant son hypothèse. *Bl. suc. et dist.*, 18, p. 709, 1904 d'après G. B. Zucke-rind. 1904.

et si les jus en contiennent il faut l'attribuer à la composition de l'eau, de la pierre à chaux et du coke. C'est donc un nouveau non-sucre, accidentel ou non qui est introduit dans les jus. On sait que le sulfate de chaux est très sensiblement soluble dans l'eau. D'après Jacobsthal à 17° C. :

1.000 ^{cc} d'une solution sucrée à	5 0/0 dissolvent	1 ^{gr} 9460	SO ⁴ Ca
—	—	10	—
—	—	15	—
—	—	20	—
—	—	30	—
			1 7240 —
			1 5930 —
			1 5385 —
			1 3330 —

Dans les mêmes conditions la solubilité dans l'eau est plus forte : 2 gr. 0950.

E. Sostmann (1) avait trouvé que les solutions sucrées dissolvent d'autant plus de sulfate de chaux qu'elles sont plus concentrées et que ces solutions en dissolvent plus que l'eau qu'elles contiennent en pourrait dissoudre en solution simple ; une solution sucrée à 67 p. c. dissout en moyenne 0.163 SO⁴Ca, soit 0.494 pour 100 parties de l'eau qu'elle contient ; une solution à 21.4 0/0, en moyenne 0.193, soit 0.218 pour cent parties de l'eau contenue ; ces chiffres se rapportent à des dissolutions chaudes (température ?). Bresler (*loc. cit.*) a trouvé que 100^{cc} d'une solution sucrée à 10 0/0 maintenue 45 minutes au bain-marie à 75°, dissout 0 gr. 019 CaSO⁴ ; 100^{cc} d'une solution à 50 0/0, 0 gr. 016. En présence d'une alcalinité sodique la solubilité est plus faible. Les chiffres de Bresler sont inférieurs à ceux de Sostmann déjà cités et à ceux de Stolle que nous donnons ci-après.

Stolle (2) a trouvé les chiffres suivants pour la solubilité du sulfate de chaux (SO⁴Ca par litre) dans les solutions sucrées à différentes températures.

Sucre 0/0 dans la solution	30°	40°	50°	60°	70°	80°
0		2.157	1.730	1.730	1.652	1.710
10	2.044	1.730	1.730	1.574	1.574	1.613
20	1.808	1.652	1.419	1.380	1.419	1.263
27	1.550	1.438	1.361	1.283	1.283	0.972
35	1.263	1.050	1.088	1.108	0.914	
42	1.030		0.777	0.816	0.855	0.729
49		0.564	0.739	0.564	0.603	0.486
55		0.486	0.505	0.486	0.369	0.330

Si l'on recherche quelle est, relativement à l'eau pure, la quantité de

(1) Cité d'après Rümpler.

(2) J. Stolle, *Verein Dtsch. Zuckerind.*, 50, p. 321, 1900 et *Bl. sucr. et dist.*, 17, p. 942, 1900.

sulfate de chaux dissoute par l'eau contenue dans les dissolutions sucrées, on constate qu'à basse température la solubilité est moins grande en présence du sucre ; c'est le contraire qui se produit à 50-60-70° ; la solution sucrée à 10 0/0 garde seule cette dernière propriété à 80° ; en solution concentrée il se dissout relativement moins de sulfate de chaux.

Le phosphore est également engagé dans les combinaisons organiques, lecithines, etc., et nous avons indiqué que la décomposition de celles-ci donnait au chaulage du phosphate tricalcique.

D'après Jacobsthal (1) le phosphate tricalcique fraîchement précipité se dissout dans les proportions suivantes à 17° C

Dans 1.000 cc. d'une solution sucrée à 50/0 : 0 gr. 02820				
—	—	10	: 0	01035
—	—	15	: 0	01390
—	—	20	: 0	01785
—	—	30	: 0	00475

Non-sucre organiques. — Les indications que nous avons données à la troisième partie sur les propriétés des combinaisons calciques des non-sucre organiques nous dispensent d'y revenir ici. Nous dirons seulement quelques mots sur les matières azotées, les matières pectiques et le sucre inverti.

Le jus de diffusion qui doit être chaulé et que nous supposons avoir été préalablement réchauffé, contient en suspension des matières albuminoïdes coagulées et en solution d'autres matières albuminoïdes incoagulables par la chaleur seule (légumine ?), des peptones, des amides et des bases organiques azotées.

Nous avons vu d'après les expériences de Herzfeld que l'albumine coagulée résiste à l'action dissolvante de la chaux ; d'après Rümpler il est impossible que la chaux puisse coaguler une partie de l'albumine restée en solution ; il y a plutôt décomposition partielle et formation d'acides amidés. Dans les mêmes essais de Herzfeld il a été constaté que le jus déféqué et même saturé contient encore des matières albuminoïdes.

Il est d'opinion courante que la chaux, agissant d'abord à la température du chaulage, puis à l'ébullition, décompose les matières albuminoïdes solubles pour donner des acides amidés et même, d'après certains auteurs, la décomposition peut-être si complète qu'il y ait formation de sels ammoniacaux. A la vérité cette croyance s'appuie sur les fameuses expériences de Schützenberger ; mais nous tenons à faire remarquer une fois pour toutes que : 1° Ces expériences ont été faites dans des conditions absolument différentes de celles réalisées dans le traitement des jus en sucre-

(1) Cité d'après Bresler (*loc. cit.*).

rie; 2° Que la formation d'acides amidés et même de composés ammoniacaux provenant réellement de l'albumine n'a jamais été prouvée expérimentalement et cela pour une bonne raison, c'est que les méthodes d'analyse que nous possédons sont encore trop imparfaites pour cela.

Cependant, en faisant toutes réserves sur la valeur des procédés de dosage des matières albuminoïdes, on constate que la quantité de ces dernières diminue à mesure que l'on se rapproche du produit fabriqué, c'est-à-dire lorsque le jus a subi pendant un temps assez long l'action des températures élevées en solution plus ou moins alcaline. D'après Rümpler (1) dans ces conditions il y a peptonisation; dans les jus de défécation il a trouvé un peu de peptones, mais les corps albuminoïdes prédominent encore. Les réactions se poursuivant, dans le jus de deuxième saturation le rapport se trouve renversé. Rümpler attribue à la formation des peptones qui donnent avec la chaux des sels amorphes fortement mélassigènes, certaines difficultés de cuisson. Quand la décomposition est poussée plus loin on obtient des acides amidés, corps cristallisables, relativement plus simples et vraisemblablement moins nuisibles (2). Rümpler recommande donc de pousser la décomposition des matières albuminoïdes jusqu'à ce point puisque les produits formés sont moins à craindre.

Mais, nous le répétons, il est encore à prouver que les conditions réalisées en pratique permettent ces décompositions; l'augmentation de la teneur en acides amidés constatée (3) dans les bas produits ne peut reconnaître cette seule cause, La peptonisation paraît plus vraisemblable, mais d'après les analyses publiées par Wendeler (4) une partie des propeptones et peptones disparaît pendant la déféco-carbonatation; cet auteur n'a pas confirmé les constatations de Rümpler, en ce qui concerne la diminution des matières albuminoïdes et l'augmentation des peptones; ce n'est qu'après l'évaporation que la peptonisation se manifeste nettement. La disparition des peptones après la carbonatation paraît plaider en faveur de la théorie de la décomposition plus complète des matières albuminoïdes: on ne peut guère expliquer autrement cette disparition mais nous considérons qu'étant donné l'incertitude des procédés d'analyse et le petit nombre d'expériences, il serait très imprudent de tirer une

(1) A. Rümpler. *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 448.

(2) Cette opinion est peut être hasardée puisque, d'après Jesser, on ne connaît pas les produits de décomposition des peptones. (*Sucrerie indigène*, 17, p. 81, 1896).

(3) Cette constatation a surtout été faite en prenant pour l'azote des acides amidés la différence entre l'azote total et celui des autres formes dosées; cette différence subit donc le contre coup des erreurs inhérentes aux autres dosages. On conçoit que la valeur du résultat ainsi obtenu soit très fortement atténuée.

(4) P. Wendeler, *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 364, 1900 d'après *Dtsch. Zuckerind.*, 1900, p. 720.

conclusion ferme de tout ce qui précède. Du reste la chimie des matières albuminoïdes est encore trop peu explorée pour qu'il puisse en être autrement. Pour nous résumer nous dirons donc que la chaux ne précipite pas de nouvelles quantités d'albumine et qu'elle ne redissout pas, sensiblement du moins, ce qu'a coagulé le réchauffage ; avec le concours des hautes températures elle agit sur l'albumine restée en dissolution, mais on ne connaît rien d'exact sur la nature de cette réaction. Au point de vue pratique il paraît avantageux de réaliser les conditions nécessaires pour que cette réaction soit très énergique : haute température et temps de contact prolongé.

Les bases organiques préexistantes ou formées pendant le chaulage ne sont pas modifiées par la défécation ; leur décomposition n'a été étudiée ni théoriquement, ni expérimentalement.

Il nous reste à envisager les amides des acides amidés. Si le réchauffage a été assez prolongé, il a pu déjà se produire une faible décomposition de l'asparagine et de la glutamine ; cela importe peu, car c'est seulement sous l'action de doses massives d'alcali, agissant longtemps à haute température, que cette décomposition pourra se compléter. Nous avons indiqué dans la 3^e partie la nature de cette décomposition. Pour montrer que cette dernière s'accomplit déjà d'une manière très nette pendant le chaulage à chaud, nous rapportons ci-après les résultats d'essais de E. Sellier, qui sont la suite logique de ceux exécutés sur les jus de diffusion (p. 568).

Dans ce tableau nous donnons l'azote total ; l'azote dégagé sous forme d'ammoniaque après ébullition de 1 heure avec la magnésie, désigné sous le nom d'azote pseudo-ammoniacal ; enfin l'azote ammoniacal formé après traitement de 1 heure à 92-96° par l'acide chlorhydrique et que nous désignons sous le nom d'azote ammonisable total. Si le déplacement par la magnésie donnait la teneur exacte en azote ammoniacal, la différence entre ces deux derniers résultats représenterait la moitié de l'azote de l'asparagine et de la glutamine.

Pour une comparaison plus facile nous donnons dans le même tableau les résultats obtenus sur les jus de diffusion prélevés quelque temps avant les jus chaulés pour avoir une correspondance approximative (v. tableau page 581).

Les jus de diffusion étaient soutirés à une température variant de 40-50° et le jus chaulé porté à 60-65° dans un réchauffeur tubulaire fermé. Il n'y avait donc pas à se préoccuper de diminution de polarisation.

Les résultats groupés dans le tableau montrent nettement que dans ces conditions la décomposition des amides des acides amidés n'était pas complète mais qu'elle était déjà très avancée et qu'il y avait déjà eu dégagement d'ammoniaque, soit au chaulage, soit au coulage dans les chaudières à carbonater.

Nous sommes d'accord avec Rümpler pour admettre que dans les conditions de la défécation et même pendant les opérations ultérieures, il ne puisse se former d'acides malique et oxyglutarique par suite de l'action des alcalis sur les amides.

	Jus de diffusion			Jus déféqué et filtré					
	Azote total 0/0 de sucre	Azote pseudo-ammoniacal 0 0 de sucre	Azote amonissable total 0 0 de sucre	Azote total		Azote pseudo-ammoniacal		Azote ammonissable total	
				par hecto- litre	0/0 de sucre	par hecto- litre	0/0 de sucre	par hecto- litre	0/0 de sucre
29 octobre....	0.874	0.080	0.187	0.0796	0.796	0.0124	0.124	0.0189	0.189
5 novembre..	0.889	0.124	0.1925	0.0828	0.777	0.0154	0.144	0.0200	0.1875
13 novembre..	0.791	0.100	0.183	0.0809	0.724	0.0162	0.145	0.0174	0.155
3 décembre..	0.842	0.0995	0.178	0.0714	0.714	0.0139	0.139	0.0165	0.165

D'après les recherches de Weisberg (1), confirmées plus tard par Stift et Komers (2), les matières pectiques des jus sont complètement précipitées par la chaux. Les conditions nécessaires à la formation d'acide métapectique (acide arabique) ne sont pas réalisées en pratique; le métapectate de chaux est soluble, mais d'après Rümpler, il existe un sel basique de calcium qui est insoluble dans l'eau. D'après cet auteur on a extrait de l'acide arabique de la mélasse, et les produits dérivés de l'arabane ne seraient pas séparés complètement par la défécation et les carbonatations.

Nous savons que le jus de diffusion contient des sucres réducteurs non précipitables par le sous-acétate de plomb, mais nous ne savons pas au juste s'il s'agit réellement de sucre inverti. Dans tous les cas les sucres réducteurs sont détruits ou modifiés par la défécation à haute température. Les combinaisons calciques des produits de décomposition du sucre inverti sont solubles.

La matière colorante est séparée partiellement et peut être aussi partiellement décomposée.

La défécation ne produit pas une épuration complète et son action demande à être complétée par la carbonatation et le chauffage prolongé à température convenable.

296. Carbonatation. — Le jus trouble de la défécation tient en

(1) J. Weisberg. *Bl. Assoc. belge Chim.*, 3, p. 42, 1889.

(2) Stift et Komers. Voyez *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 802, 1898, d'après. *Oest. Ungarische, Z.*, 1897.

suspension une partie des non-sucres insolubilisés à l'état des sels calciques et de la chaux non dissoute, en quantité variable avec la température et la dose employée ; en dissolution, le saccharose à l'état de sucrate monocalcique et les non-sucres qui forment des combinaisons solubles avec la chaux ou ne se combinent pas. D'après Rümpler (1), et les indications que nous avons données dans la troisième partie confirment cette opinion, il existe des non-sucres qui s'insolubilisent à l'état des sels calciques basiques mais redeviennent solubles quand l'alcalinité du milieu est fortement diminuée ; il y aurait donc avantage à les séparer avant la carbonatation.

La filtration des jus déféqués est assez facile si on opère à température élevée ; mais on peut craindre de perdre dans les écumes, une certaine quantité de sucre qui est insolubilisé à l'état de sucrate basique. D'après Rümpler ces craintes ne sont pas fondées et on peut désucre assez parfaitement ces écumes.

Aulard (2) s'est également montré partisan convaincu de la filtration des jus déféqués, seulement il explique autrement que Rümpler l'avantage de ce mode de travail. D'après Aulard l'acide carbonique étant plus énergétique que beaucoup d'acides organiques contenus dans le précipité, les déplace pendant la carbonatation elles fait rentrer en dissolution. Cette opinion ne s'appuyait sur aucune démonstration théorique ou expérimentale. D'après Claassen (3) l'acide carbonique dirigé dans un jus fortement alcalin par la chaux, ne doit guère exercer une action dissolvante sur le non-sucre précipité tant que le jus contient encore de la chaux libre ; il lui paraît certain qu'un jus ayant encore une alcalinité de 0.10 à 0.12 (exprimée en chaux) contient encore plus de chaux qu'il n'en faut pour éviter toute action de l'acide carbonique sur les substances précipitées ; la sursaturation ne paraît guère se produire dès la 1^{re} carbonatation et même, si le fait se réalisait, on pourrait encore se demander si l'acide carbonique provoque bien l'action nuisible que lui attribue Aulard, ou si cette action n'est pas immédiatement réparée par une nouvelle addition d'un peu de chaux. L'explication donnée par Aulard n'est donc pas exacte puisqu'à la première carbonatation, l'acide carbonique ne peut agir directement sur les combinaisons calciques ; cependant nous montrerons plus loin que, contrairement à ce que pense Claassen, la sursaturation ou même la carbonatation complète a pour conséquence de dissoudre certaines substances, qui sont insolubles à l'alcalinité normale des jus de première carbonatation.

(1) Rümpler, *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 460.

(2) A. Aulard, *Bull. Assoc. belge Chim.*, 4, p. 103, 1890.

(3) H. Claassen, *Sucrierie indigène*, 38, p. 334, 1891.

Dans tous les cas la filtration des jus déféqués n'est que rarement appliquée en sucrerie et nous n'envisagerons que la carbonatation trouble.

Les combinaisons sucrocalciques à la carbonatation. — L'action de l'acide carbonique sur ces combinaisons a été étudiée il y a déjà très longtemps ; l'examen de tous les travaux faits sur cette question nous entraînerait trop loin et nous ne pouvons que résumer brièvement les résultats les plus nets de ces recherches ; nous nous reporterons particulièrement aux travaux récents de J. Weisberg (1), A. Herzfeld (2), J. Schnell et W. Geese (3).

En soumettant une solution sucrée saturée de chaux ou un jus de betterave déféqué par la chaux à l'action du gaz carbonique, il arrive un moment où la masse du liquide s'épaissit, s'échauffe plus ou moins et ne laisse que difficilement passer le courant du gaz ; c'est ce qu'en pratique les ouvriers appellent l'apparition du *fromage*. Le plus ou moins grand épaissement dépend de la concentration des liquides sucrés en traitement, du degré de leur saturation par la chaux et de la température à laquelle s'exerce l'action de l'acide carbonique.

La viscosité du jus produit des mousses abondantes, que l'on combat par des corps gras, ou par des dispositifs mécaniques adaptés aux appareils à carbonater.

Au moment de l'épaississement de la masse en traitement, on constate, dans la solution filtrée, une diminution plus ou moins sensible de la polarisation et en même temps un abaissement considérable de l'alcalinité. Le précipité gélatineux formé de sucrate d'hydrocarbonate de chaux, cause de ces phénomènes et réactions, se décompose soit en chauffant à une température plus élevée que celle à laquelle l'épaississement s'est effectué, soit en ajoutant plus d'eau pour délayer la masse épaissie, soit enfin, en continuant le traitement par le gaz carbonique.

L'action prolongée du gaz carbonique amène une refluidification graduelle de la masse épaissie, par décomposition du sucrocarbonate gélatineux. Quand on arrive à l'alcalinité laissée habituellement à la première carbonatation, ou à la neutralisation de la solution sucrée, la décomposition est complète, la masse est redevenue aussi fluide qu'avant l'action du gaz, la polarisation initiale est complètement rétablie et la chaux est précipitée à l'état de carbonate.

Au moment même où l'épaississement plus ou moins fort de la masse

(1) J. Weisberg. *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 167, 1898.

(2) A. Herzfeld. *Bl. sucr. et dist.*, 17, p. 443, 1900 d'après *Verein Dtsch. Zuckerind.* 1899.

(3) J. Schnell et W. Geese. *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 459, 1901, d'après *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 230, 1901. Traduction E. Sellier.

amène une filtration plus ou moins difficile, on observe que la coloration du jus sucré en traitement commence à diminuer ; la décoloration s'accroît avec la refluidification.

L'élévation de température favorise la décomposition du sucrohydrocarbonate de calcium.

D'après Weisberg (*loc. cit.*), la plus forte diminution de la polarisation correspond au moment où la filtration est la plus lente, autrement dit au moment où le phénomène d'épaississement est à son maximum ; d'après Schnell et Geese ces deux points critiques ne concordent pas.

Le phénomène d'épaississement ne se produit que sur des solutions ayant au minimum une alcalinité de 0.12 p. 100 de chaux avant l'introduction du gaz carbonique. Ce point d'alcalinité primitive détermine le point d'alcalinité auquel se produira le maximum d'épaississement ; avec une forte alcalinité primitive le point d'épaississement apparaît aussi à une alcalinité élevée et inversement.

D'après Herzfeld (*loc. cit.*) pendant la défécation et la carbonatation, il se produit en outre un peu de sucrate tribasique.

Ces combinaisons insolubles sont décomposées complètement quand la carbonatation a été poussée au point nécessaire et rationnel.

Nous allons nous expliquer sur ce point d'arrêt de la carbonatation dont nous avons déjà fait mention. La carbonatation des jus se fait en deux opérations ; nous en donnerons les raisons plus loin. Puisque la séparation de la chaux ne peut s'effectuer du premier coup il suffit de carbonater une première fois jusqu'au point d'alcalinité où les combinaisons visqueuses sont détruites, les conditions de température étant supposées bien observées. Autrement dit, on arrête la première carbonatation dès que, avec le concours de la température choisie, le jus filtre rapidement. A ce moment le précipité se décante nettement sous une forme granulée, c'est l'épreuve du dépôt.

Le courant d'acide carbonique neutralise la chaux dissoute et celle qui est restée insoluble et qui se redissout au fur et à mesure que la saturation le permet. D'après des essais de Saillard (1), l'alcalinité soluble tombe d'abord assez rapidement puis reste stationnaire ; l'alcalinité totale s'abaisse assez régulièrement ; il semble que la chaux en suspension se dissolve au fur et à mesure que l'alcalinité solubilisée subit la carbonatation ; à la fin l'acide carbonique agit à la fois sur l'alcalinité solubilisée et non solubilisée et toutes deux tendent simultanément vers la neutralité.

Le point d'alcalinité où la filtration s'opère avec facilité varie, suivant les jus, de 0.05 à 0.15 (CaO p. 100).

(1) E. Saillard, *Circ. hebd.*, 13, N° 537, 1901.

D'après Schnell et Geese, dans des solutions sucrées pures et des jus normaux, ce point se trouvera à une alcalinité d'autant plus élevée que l'alcalinité primitive (alcalinité du jus déféqué filtré) était elle même plus forte. Si on se reporte à ce que nous avons dit précédemment de la solubilité plus ou moins grande de la chaux dans les solutions sucrées, selon qu'elle est employée à l'état anhydre, hydraté ou délayé, l'observation de Schnell et Geese explique en partie l'avantage qui *a priori* doit s'attacher à la défécation sèche.

L'alcalinité solubilisée dans le jus déféqué n'est pas le seul facteur qui influence le point d'alcalinité. Ce point se trouve abaissé au-dessous de 0,4 (CaO p. 100) lorsqu'on travaille des betteraves imparfaitement mûres ou repoussées en silo. La cause de ce phénomène n'est pas encore exactement connue. On a attribué ces difficultés de filtration à la forme sous laquelle le carbonate de chaux s'est précipité (1), à la présence d'une cholestérine (2), à la formation d'une ferro-pectine (3), à l'obstruction des toiles par précipitation de carbonate de chaux cristallin lorsqu'on emploie pour le lavage des écumes des eaux contenant du carbonate d'ammoniaque (4), etc. L'abus des graisses pour combattre les mousses a été souvent mis en cause, mais d'après Herzog (5), on lui a attribué une importance exagérée ; dans tous les cas, quand on emploie des corps gras saponifiables on introduit inutilement de la glycérine dans les jus.

Ce que nous avons dit sur les combinaisons suero-calciques indique que, logiquement, on doit opérer la carbonatation à température élevée, au moins 70°. Cependant d'après certains auteurs (6) en carbonatant à basse température on obtient des jus plus décolorés et plus purs ; ces conclusions ne peuvent être généralisées, elles peuvent se trouver exactes pour quelques cas particuliers, mais cette méthode tendra toujours à donner des pertes plus fortes dans les écumes.

297. Action de la carbonatation sur les non-sucre. *Matières minérales.* — Quand on sature le jus chaulé par l'acide carbonique, il arrive un moment où les alcalis libres sont transformés en carbonates alcalins ; ceux-ci agissent alors sur les combinaisons calciques organiques, forment des composés alcalins en précipitant du carbonate de chaux ;

(1) Degener, *Sucrierie belge*, 16, p. 472, 1888.

(2) *Id.*, et A. Herzfeld, *Sucrierie indigène*, 32, p. 329, 1888.

(3) A. Herzfeld, *Bl. sucr. et dist.*, 13, p. 730, 1896.

(4) F. Herles, *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 598, 1897, d'après Z. *Zuckerind in Böhmea*, 1896. Voyez aussi R. Schiller, *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 1178, 1897, d'après Z. *d. Ver. f. d. Rubenzucker. Ind. d. D. R.* 1897. — *Sucrierie indigène*, 50, p. 617, 1897. — *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 772, 17, p. 260, 1899. — *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 733, 1894.

(5) Herzog, *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 1036, 1901.

(6) L. Beaudet, *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 667, 1894, 12, p. 604, 1895. — H. Pellet, *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 186, 1898.

en travail normal, ces transpositions sont quantitatives, dans le sirop qui va être cuit il n'y a que des sels alcalins et il reste une plus ou moins grande quantité d'alcalis libres. Nous verrons par la suite qu'il n'en est pourtant pas toujours ainsi.

La magnésie est précipitée mais elle peut se redissoudre lorsque l'alcalinité s'abaisse au-dessous d'une certaine limite, 0,05 (CaO p. 100) d'après Pellet (1) et Andriik (2).

Herzfeld (3) a montré que la précipitation de l'oxyde ferrique par la potasse, la soude, l'ammoniaque, l'hydrate de calcium ou les carbonates alcalins est absolument empêchée par le sucre. L'oxyde ferreux se précipite parfaitement par la chaux et l'acide carbonique ; Herzfeld attribue ce fait à l'isomorphisme du carbonate ferreux et du carbonate de calcium. L'hydrate ferrique est insoluble dans une solution sucrée, mais avec le sucrate de chaux il se forme une combinaison sucro-ferrique soluble ; lorsqu'on a précipité complètement la chaux par CO_2 , cette combinaison est décomposée et tout le fer se précipite ; ce précipité se redissout dans le sucrate calcique mais non dans le sucrate potassique. Nous reviendrons plus loin sur la séparation du fer à la saturation.

Matières organiques. — La décomposition du sucre inverti commencée à la défécation se poursuit pendant la carbonation sous l'action prolongée des alcalis à haute température.

Ce que nous avons dit de l'action de la chaux sur les matières albuminoïdes à la défécation s'applique évidemment à la première carbonation.

La décomposition des amides acides se poursuit comme celle du sucre inverti. Nous donnons ci-dessous des essais comparatifs faits à ce sujet et qui sont toujours la suite de ceux dont nous avons parlé à propos de la diffusion et de la défécation. Un échantillon de jus a été pris dans une chaudière avant et après carbonation ; on peut espérer avoir ainsi des valeurs assez comparables. La carbonation commençait, à 60-63°, elle était faite sans chauffer, mais avant de filtrer la température était portée à 75° environ (Tableau page 587).

Ces chiffres montrent très nettement que pendant la carbonation, la décomposition de l'asparagine et de la glutamine se poursuit sans parvenir à être complète et qu'une partie de l'ammoniaque libre se dégage ; ce dégagement bien connu est certainement favorisé par le courant gazeux qui traverse le jus.

Les autres non-sucres organiques qui ont été fixés par la chaux à l'état

(1) H. Pellet, *Bull. sucr. et dist.*, 12, p. 330, 1894.

(2) K. Andriik, *Circ. hebdomadaire*, 13, n. 619, 1901 d'après *Z. Zuckerindustrie in Böhmen*, 25, 1901.

(3) A. Herzfeld, cité d'après Rümpler p. 463.

	Jus defequé et filtré						Jus carbonaté et filtré					
	Azote total		Azote pseudo-ammoniacal		Azote ammonifiable total		Azote total		Azote pseudo-ammoniacal		Azote ammonifiable total	
	par hecto-litre	0/0 de sucre	par hecto-litre	0/0 de sucre	par hecto-litre	0/0 de sucre	par hecto-litre	0/0 de sucre	par hecto-litre	0/0 de sucre	par hecto-litre	0/0 de sucre
29 octobre...	0.0796	0.796	0.0124	0.124	0.0189	0.189	0.0754	0.746	0.0132	0.131	0.0163	0.161
5 novembre.	0.0828	0.777	0.0154	0.144	0.0200	0.1875	0.0748	0.673	0.0163	0.146	0.0180	0.162
13 novembre.	0.0809	0.724	0.0162	0.145	0.0174	0.155	0.0767	0.674	0.0157	0.138	0.0153	0.134
3 décembre.	0.0714	0.714	0.0139	0.139	0.0165	0.165	0.0686	0.670	0.0124	0.121	0.0142	0.139

insoluble ne se redissolvent plus dans les conditions de la première carbonatation à moins qu'il ne s'agisse de sels basiques donnant des sels neutres plus solubles.

Voici les chiffres limites trouvés par K. Andrlík, K. Urban et V. Stanek (1) pour la composition des écumes de première carbonatation de la campagne 1899-1900.

Pour cent de matières sèches.

	Min.	Max.
CaO.....	41.06	49.53
Ca (OH) ²	0.20	3.02
Mg (OH) ²	2.15	8.36
Fe ² O ³ + Al ² O ³	0.35	1.53
Insoluble dans l'acide chlorhydrique.....	0.38	2.65
P ² O ⁵	1.02	1.83
SO ³	0.37	1.72
CO ²	25.11	34.79
Acide oxalique.....	1.07	2.50
Acide citrique.....	0.16	1.21
Azote total.....	0.23	0.44
Corps albuminoïdes.....	1.44	2.75
Sucre.....	0.95	4.31
Extrait étheré de la partie insoluble dans l'acide chlorhydrique.....	0.21	0.91
Acide résineux.....	0.14	1.10
Acidité des sels sodiques extractibles au moyen d'une solution de Na ² CO ³ , en cc ³ KOHn.....	38.3	94.7
Acidité correspondante à l'acide oxalique.....	17.0	40.6
Acidité correspondante aux autres acides.....	9.1	59.0

Les auteurs tchèques considèrent que la totalité de l'azote séparé

(1) *Z. Zuckerind in Böhmen*, 1901, p. 1.

à la première carbonatation, dans les écumes, appartient aux matières albuminoïdes. Cela est bien en accord avec ce que nous avons dit et ce qu'avait constaté Pellet (1) il y a longtemps et aussi avec les conclusions tirées par Urbain (2) d'une étude sur les matières azotées dans la fabrication du sucre.

Le jus filtré de première carbonatation contient encore une certaine quantité de chaux dont il devra être débarrassé par la suite. La saturation complète à la première a, comme nous l'avons montré, l'inconvénient de redissoudre la magnésie ; elle a encore un autre désavantage. Les jus de carbonatation poussée à basse alcalinité sont très colorés ; cette coloration est due, d'après Herzfeld (3), à du glucate de fer ; l'acide glucique prend naissance par la décomposition du sucre inverti par les alcalis à haute température ; il se forme du glucate de chaux ou de potasse ou de soude, mais par la sursaturation ces sels sont décomposés à leur tour, il se fait des carbonates calcique ou alcalins et l'acide glucique se combine au fer.

Les jus de sursaturation sont, toujours d'après le même auteur, plus purs que ceux de carbonatation normale. Nous avons trouvé confirmation de ce fait dans des analyses publiées par Arnaud (4), mais nous ajouterons que cet auteur ne paraît pas s'en être aperçu !

Quoiqu'il en soit, la sursaturation préconisée par Herzfeld, surtout pour éviter les pertes dans les écumes, n'est pas encore entrée dans la pratique.

298. Saturation. — Les jus de première, filtrés, sont de nouveau carbonatés, et avant cette deuxième carbonatation on les additionne ou non d'une petite quantité de chaux. Ce second chaulage n'a pour but que de faciliter le réglage de l'alcalinité et la filtration par suite de la formation de carbonate de chaux en grains plus gros que dans un liquide plus faiblement alcalin. On opère à température très élevée, de 80° à l'ébullition.

On arrête la seconde carbonatation à des points d'alcalinité différents, de 0,03 (Alcalinité exprimée en CaO p. 100) à la neutralité à la phénolphthaléine. On marche à haute alcalinité lorsqu'on se propose de terminer la séparation de la chaux par une saturation finale par l'acide carbonique ou l'acide sulfureux, ou lorsque l'on veut envoyer à l'évaporation des jus très alcalins ; cette dernière méthode préconisée par Claassen (5), a pour but de compléter la destruction des non-sucre pendant l'évaporation. Les partisans d'une troisième saturation prétendent que le jus saturé à une alcalinité de 0.05-0.07 s'est séparé des

(1) H. Pellet. *Etudes nouvelles sur les jus et pulpes de diffusion*, etc. 1880, p. 41.

(2) *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 626, 1897.

(3) A. Herzfeld. *Sucrierie belge*, 27, p. 565, 1899.

(4) A. Arnaud. *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 885, 1901.

(5) H. Claassen, *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 478, 1901.

non-sucres susceptibles de se redissoudre à une plus faible alcalinité. Weisberg (1) a montré que si la seconde carbonatation est bien conduite, elle fournit des jus tout aussi purs que la triple saturation. A notre avis, pour établir nettement la nécessité d'une triple carbonatation, il faudrait prouver que l'écume obtenue en filtrant à une alcalinité de 0,05-0,07 est plus impure que celle que l'on obtient à plus basse alcalinité ; à notre connaissance cela n'a jamais été fait et par suite, la troisième carbonatation n'est pas encore justifiée.

299. Action de la saturation sur les non-sucres. — Après ce que nous avons dit pour la carbonatation, nous avons peu de chose à ajouter sur l'action de la saturation sur les non-sucres. L'oxyde ferrique tenu en dissolution par le sucrate calcique sera précipité lorsque ce dernier corps sera complètement décomposé. Si dans les opérations ultérieures la chaux n'a pu réagir avec assez d'énergie pour que le sucre inverti soit complètement décomposé, il faut éviter de pousser la saturation trop loin car en présence de sucre inverti il peut se redissoudre du fer (2).

Si on compare les quantités d'azote albuminoïde (dosé d'après Stutzer ou Rümpler) contenues dans les jus de défécation filtrés et les jus saturés, on constate une diminution considérable ; d'après les analyses de Wendeler (*loc. cit.*) les peptones diminuent également. Les matières albuminoïdes des jus de betterave ont donc subi sous l'action prolongée des alcalis à des températures atteignant parfois l'ébullition, des modifications profondes ; comme nous l'avons déjà dit il n'a pas été publié de travaux capables de nous édifier d'une manière *exacte* sur ces réactions et les produits qui en dérivent.

Nous donnons encore ci-après, des résultats d'analyses faites sur des jus filtrés, en vue d'étudier la décomposition de l'asparagine et de la glutamine (V. tableau p. 590).

La seconde carbonatation était faite à 70-80° et poussée jusqu'à 0,015-0,030 d'alcalinité (exprimée en CaO 0/0) déterminée à la phénolphaléine. Avant de filtrer on faisait bouillir pendant une ou deux minutes. Etant donné ces conditions, il était facile de prévoir qu'une forte proportion de l'ammoniaque libre serait chassée ; les résultats confirment cette hypothèse. Le tableau montre encore que les dernières traces d'amides acides ne se décomposent que très difficilement.

Les jus saturés contiennent encore de la chaux qui est combinée à des non-sucres. Une partie peut provenir de la solubilité relative des sels calciques de certains acides organiques ; nous avons indiqué dans la 3^e par-

(1) J. Weisberg, *Sucrierie belge*, 15, p. 348, 1887.

(2) A. Herzfeld. *Bl. sucr. et dist.*, 13, p.989, 1896, d'après C. B. *Zuckerind.*, 1896.

	Jus filtré					
	Azote total		Azote pseudo-ammoniacal		Azote ammonisable total	
	par hectolitre	0/0 de sucre	par hectolitre	0,0 de sucre	par hectolitre	0/0 de sucre
29 octobre.....	0.0685	0.728	0.0111	0.118	0.0138	0.147
5 novembre.....	0.0706	0.671	0.0124	0.118	0.0160	0.152
13 novembre.....	0.0781	0.757	0.0133	0.128	0.0139	0.134
3 décembre.....	0.0609	0.708	0.0085	0.098	0.0098	0.113

lie, autant que la littérature spéciale nous l'a permis, les solubilités de ces sels calciques dans les solutions sucrées à différentes concentrations, et ces indications nous permettent d'expliquer certaines séparations qui s'effectuent pendant la concentration. Le carbonate de chaux lui-même n'est pas absolument insoluble. D'après Wachtel et Weisberg (1), le carbonate de calcium est plus soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude ; il est à peu près insoluble à l'ébullition. D'après Jacobsthal :

1000 ^{cc} d'une solution sucrée à 5 0/0 dissolvent	0.03565	CaCO ³
— — — 10 — —	0.02795	—
— — — 15 — —	0.02355	—
— — — 20 — —	0.02170	—
— — — 30 — —	0.00845	—

D'après Battut (2), à la température ordinaire :

100 parties d'une solution sucrée à 10 p. 100 dissolvent	0.06	CaCO ³
— — — 30 — —	0.035	—

Battut a également recherché la solubilité du CaCO³ dans une solution sucrée contenant de l'alcalinité due au carbonate de soude et à l'ammoniacque. Dans une telle solution il n'a pas observé de précipitation par l'oxalate d'ammoniacque.

D'après Bresler, à 75° C :

100 parties d'une solution sucrée à 10 p. 100 dissolvent	0.0035	CaCO ³
— — — 50 — —	0.0007	—

(1) Les observations relatives à la solubilité du carbonate de calcium sont reproduites d'après Bresler, *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 90, 1900.

(2) Battut, *Bl. sucr. et dist.*, 8, 1890.

Si les jus sont sursaturés ils dissolvent évidemment plus de carbonate de calcium.

Une autre partie de la chaux est combinée à des non-sucres sous forme des combinaisons complètement solubles ; comme la composition du jus doit encore subir des modifications importantes pendant le travail ultérieur nous ne nous occuperons des *sels de chaux* qu'après la concentration.

Voici quelques analyses d'écumes de seconde carbonatation :

Beudet (1), sucrerie de Coulommiers	Collignon (1), sucrerie d'Etrépagny
Silice 0.50	Humidité. 42.88
Alumine et fer. 1.80	Carbonate de chaux . . . 40.72
Chaux 24.34	Acide phosphorique . . . 0.689
Acide carbonique 18.37	Correspondant à $P^2O^8Ca^3$. 1.502
Acide sulfurique. 1.00	Chaux combinée 5.17
Potasse de soude 1.00	Insoluble. 0.25
Acide phosphorique 0.70	Fer et alumine Traces
Magnésie 1.00	Potasse 0.05
Matières organiques 19.50	Azote. 0.23
Sucre 0.30	Sucre. 0.25
Eau. 28.00	
Divers. 3.49	

Andrlik (2) ; la seconde carbonatation étant arrêtée à 0.05, 0.06 p. 100 de CaO

0/0 de matières sèches	{	CaCO ³ 87.05
		Mg (OH) ² 6.40
		Sucre 0.51
		Silice 0.61
		Substances organiques. 5.43

Il y a une grande différence entre l'analyse de Beudet et celle de Andrlik en ce qui concerne les matières organiques.

300. Epuration des jus par la baryte. — Les conditions économiques s'opposent à l'emploi exclusif de la baryte pour l'épuration des jus de sucrerie ; on ne l'emploie qu'en vue d'une épuration complémentaire que ne pourrait fournir la chaux. Nous avons donc à rechercher quelle est cette épuration complémentaire attribuée à la baryte.

En ce qui concerne les non-sucres organiques, elle est certainement nulle. D'après Weisberg (3) et Herzfeld (4) il n'y a pas de matières orga-

(1) *Bl. sucr. et dist.*, 9, p. 159, 1891.

(2) *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 343, 1901, d'après *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1901, p. 195.

(3) *Bl. sucr. et dist.*, 10, p. 246, 1892.

(4) A. Herzfeld, *Dtsch. Zuckerind* 1892, cité par J. Weisberg, *Bl. sucr. et dist.* 10, p. 650, 1893.

niques précipitables par la baryte qui ne le soient par la chaux et même, certains organates calciques — l'oxalate par exemple — sont plus insolubles que les sels de baryte correspondants.

Horsin-Déon (1) est d'un avis contraire, mais il ne motive pas sérieusement son opinion.

En ce qui concerne l'action de la baryte sur les sucres réducteurs, son inutilité a été bien démontrée par les essais de Beudet (2), Courtonne (3) et Weisberg (*loc. cit.*).

La baryte n'agit d'une manière particulière que sur le non-sucré minéral ; elle précipite les sulfates et libère ainsi une certaine quantité d'alcalinité naturelle. Elle peut jouer un rôle bienfaisant lorsque cette alcalinité naturelle fait défaut et que l'on ne veut pas diminuer le quotient salin par des additions de carbonate de soude. La quantité de baryte qui peut se trouver en excès est précipitée par l'acide carbonique, éventuellement par l'acide sulfureux, et normalement il n'en reste pas dans les jus ; il se produit avec les alcalis libres la même transposition que nous avons indiquée à la carbonatation pour les combinaisons calciques. Lorsque les jus contiennent d'avance une assez forte quantité d'organates calciques solubles, il n'est pas impossible qu'il reste de la baryte en dissolution, non précipitée par l'acide carbonique, malgré l'existence d'une alcalinité naturelle.

301. Concentration des jus. — Pendant la concentration, la composition des jus subit des modifications importantes ; ces modifications reconnaissent des causes diverses.

1° Par suite de l'augmentation de concentration, certains corps primitivement tenus en dissolution sont précipités, en d'autres termes, la composition du sirop final est telle que celui-ci ne peut plus dissoudre tout ce que le jus faible dissolvait. Il n'y a donc pas action chimique proprement dite, mais seulement défaut de solubilité.

2° Par suite de la température élevée et de la réaction alcaline du milieu, les décompositions commencées à la défécation, continuées aux carbonatations, se poursuivent et se complètent de plus en plus.

3° Par suite des mêmes circonstances, il peut se détruire du saccharose et conséquemment se former de nouveaux non-sucres.

L'étude des dépôts qui se forment sur les surfaces chauffantes des appareils d'évaporation et des boues recueillies dans les filtres à sirop devrait nous fournir les documents nécessaires à fixer les modifications qui reconnaissent la première cause ; de plus, les indications que nous

(1) P. Horsin-Déon. *Traité de la fabrication du sucre de betterave 1*, p. 390.

(2) L. Beudet *Bull. suc. et dist.*, 10, p. 509, 1893.

(3) Courtonne, *Bull. suc. et dist.*, 10, p. 564, 1893.

avons réunies dans notre troisième partie sur les solubilités des sels calcaïques des non-sucres organiques, à différents degrés de concentration et de température, expliquent parfaitement ces précipitations.

Les incrustations et les boues des filtres (1) contiennent beaucoup de matières minérales, mais la majeure partie de celles-ci ne provient pas de la betterave ; elle a été apportée par l'eau, la pierre à chaux, le coke et ce serait sortir de notre sujet que de nous en occuper ici. Les analyses qui ont été publiées ne sont pas assez détaillées et ne donnent pas non plus la proportion relative des précipités formés, de sorte que nous ne pouvons fixer l'épuration qui en résulte. Nous dirons seulement que l'oxalate de chaux se dépose particulièrement dans les dernières caisses de l'appareil d'évaporation ; Weisberg (2) en a trouvé dans un dépôt de seconde caisse : 7,81 0/0, dans le dépôt de la 3^e caisse 37,63 0/0 ; le même auteur dit que Bersch a trouvé dans les incrustations, outre de l'acide oxalique, les acides citrique et tartrique ; Pellet (3) cite une analyse de Werschaffel indiquant 88,90 0/0 d'oxalate de chaux dans une incrustation de triple effet. Andrlick (4) a dosé dans ces dépôts de 0,09 à 0,51 d'azote ; il n'indique pas la forme de combinaison de cet azote ni de quelles caisses provenaient les dépôts. D'après E. O. v. Lippmann (5), l'emploi immodéré des graisses saponifiables pour combattre les mousses, fait passer dans les jus des acides gras qui se déposent pendant la concentration à l'état de savons alcalino-terreux. Nous allons examiner maintenant quelles sont les modifications subies pendant la concentration par les non-sucres restés en dissolution.

Pour les matières azotées albuminoïdes, nous ne pouvons toujours formuler que des hypothèses ; on suppose qu'il se forme des acides amidés, tyrosine, leucine, acide aspartique, etc. Les sirops contiennent pourtant encore une certaine quantité d'albuminoïdes coagulables ; d'après Wendeler (6) il y a augmentation de la proportion de peptones, cet auteur a trouvé :

	Azote de l'albumine	Azote des propeptones	Azote des peptones	Azote protéique total
Dans le jus non concentré.....	0.027	0.009	0.016	0.052
Dans le sirop non filtré.....	0.007	0.011	0.023	0.041

(1) Nous n'envisageons évidemment que les boues provenant de sirop non sulfités.

(2) J. Weisberg, *Sucrierie belge*, 15, p. 454, 1887. *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 99, 1893.

(3) H. Pellet, *Sucrierie belge*, 20, p. 166, 1891.

(4) K. Andrlick, *Bl. sucr. et dist.*, 17, p. 261, 1899 d'après *Z. Zuckerind in Böhmen*, 1899.

(5) E. O. v. Lippmann, *Sucrierie indigène*, 31, p. 351, 1888.

(6) P. Wendeler, *Dtsch Zuckerind.* 1900, p. 729, et *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 364, 1900.

Si on rapporte les quantités d'azote aux différentes formes protéiques par le facteur 6,26 on trouve pour 100 parties de la protéine totale contenue à l'origine dans le jus brut :

	Albumine	Propeptones	Peptone	Protéine totale
Dans le jus non concentré.....	18.7	6.4	41.4	35.9
Dans le sirop non filtré.....	4.8	7.6	15.9	28.3

Il y a donc peu de protéine totale détruite, mais une augmentation relative des propeptones et de la peptone.

Nous sommes amenés à parler d'un phénomène qui se produit pendant l'évaporation, avec une intensité telle, qu'il constitue parfois une véritable calamité, nous avons nommé la *rétrogradation de l'alcalinité*.

Disons de suite que cette rétrogradation est due principalement au dégagement d'ammoniaque et aux décompositions complémentaires subies par le sucre inverti et les amides (glutamine et asparagine). Si le jus est maintenu longtemps à une température supérieure à 107-108°, l'alcalinité retrograde aussi par suite de la décomposition du saccharose. Nous supposons évidemment que toutes les autres conditions du travail sont normales (qualité du gaz du four à chaux, saturation non dépassée, etc.).

On a vu précédemment que les jus filtrés contiennent de l'ammoniaque libre qui n'a pu être expulsée parce que le chauffage n'a pas été prolongé assez longtemps, et aussi parce qu'il s'en reforme constamment de nouvelles quantités aux dépens des amides ; pendant la concentration, l'ammoniaque libre est expulsée et entraînée dans les vapeurs.

De plus, si la décomposition du sucre inverti n'a pas été complète dans les opérations antérieures, elle se termine pendant la concentration ; les acides formés combinent une partie de l'alcalinité libre, deuxième cause de rétrogradation (1). Il est probable que la part prise par cette décomposition est très minime, car ce n'est qu'exceptionnellement que les jus filtrés contiennent des quantités notables de sucres réducteurs.

Les amides, glutamine et asparagine, ont déjà subi, comme nous l'avons montré, une décomposition très importante ; il semble que les dernières portions soient plus difficiles à décomposer, car on en retrouve encore dans le sirop concentré. L'ammoniaque formée se dégage et les acides amidés

(1) A. Herzfeld, *Sucrierie indigène*, 36, p. 281, 1890. — Strohmmer, *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 412, 1894 d'après *Chm. Ztg.* 1894. K. Andriik, *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 4204, 1893.

résiduaux fixent une partie de l'alcalinité. Ces faits résultent des essais de Jesser (1) ; Urbain les a également signalés mais non démontrés ; enfin l'étude poursuivie par E. Sellier sur les jus et continuée sur les sirops, apporte à cette théorie une sanction expérimentale indiscutable. Beaucoup d'auteurs ont prétendu que les quantités d'ammoniaque dégagées correspondaient exactement à la rétrogradation subie par l'alcalinité ; ce que nous avons dit sur la valeur scientifique à accorder aux dosages d'ammoniaque par déplacement, nous dispense de toute discussion de cette théorie.

	Jus filtré			Sirop filtré					
	Azote total 0/0 de sucre	Azote pseudo- ammoniacal 0/0 de sucre	Azote ammo- nisable total 0/0 de sucre	Azote total		Azote pseudo- ammoniacal		Azote ammo- nisable total	
				0/0	0/0 de	0/0	0/0 de	0/0	0/0 de
				grs.	sucre	grs.	sucre	grs.	sucre
19 octobre.....	—	—	—	0.226	0.571	0.0067	0.017	0.0182	0.045
29 octobre.....	0.728	0.418	0.147	0.267	0.586	0.0116	0.023	0.0137	0.034
5 novembre.....	0.671	0.118	0.152	0.274	0.630	0.0079	0.018	0.0171	0.039
13 novembre.....	0.757	0.128	0.134	0.266	0.568	0.0101	0.021	0.0171	0.037
3 décembre.....	0.708	0.098	0.113	0.175	0.473	0.0051	0.012	0.0087	0.023

Les chiffres de ce tableau montrent très nettement la forte élimination d'azote total que produit la concentration et particulièrement les modifications subies par les amides. Nous pensons que cette méthode d'étude des jus en cours de travail, serait susceptible de fournir des résultats intéressants et d'une grande utilité pratique ; à un autre point de vue, elle permettrait encore de faire des rapprochements entre l'apparition de certaines anomalies de fabrication et la qualité de la matière première. En effet, *a priori*, la proportionalité des produits de décomposition des albuminoïdes doit augmenter dans les racines ayant subi certaines modifications physiologiques, pathologiques (pourriture) ou normales (repousse). Ce fait a reçu un commencement de démonstration par les expériences de Urbain (*loc. cit.*), mais les essais publiés par cet auteur ne sont pas assez complets ; dans tous les cas, c'est lors du travail de telles betteraves que la rétrogradation de l'alcalinité se manifeste avec le plus d'intensité.

Les analyses publiées récemment par K. Andriik viennent encore apporter à notre thèse une confirmation très sérieuse (2). Dans les masses cuites

(1) L. Jesser, *Sucrerie indigène*, 48, p. 676, 1896, d'après *Dtsch. Zuckerind.*, 1896.

(2) K. Andriik, *Z. Zuckerind. in Böhmen*, 1900 p. 143 et *Bl. suc. et dist.*, 19, p. 470, 1901. Traduction E. Sellier.

provenant de sirop ayant fortement retrogradé, les proportions d'azote total et d'azote des acides amidés étaient plus fortes que pour celles provenant de sirops normaux. D'après le même auteur, si l'on établit la quantité des bases qui restent pour saturer les acides organiques non extractibles par l'éther, alors que l'on a d'abord saturé les acides extractibles, et que l'on rapproche cette quantité de bases disponibles de l'azote des acides amidés, on trouve que le rapport entre ces deux valeurs est plus faible lorsqu'il s'applique aux masses cuites provenant des sirops anormaux ; en d'autres termes, dans ces derniers cas, il y a relativement plus d'acides amidés.

Donc, pour établir approximativement quelle sera l'alcalinité d'un jus après concentration, il faudra déterminer la quantité d'azote ammonifiable total et la quantité d'ammoniaque libre ; de ces deux valeurs, calculer la quantité d'amides et celle d'alcalis qui sera fixée par leur décomposition. Cette quantité d'alcalis augmentée de l'alcalinité due à l'ammoniaque libre, donnera d'une façon très approximative l'évaluation de la rétrogradation. Le degré de perfection de nos méthodes analytiques ne permet pas de résoudre le problème avec une grande précision.

Voilà tout ce que l'état actuel de nos connaissances nous permet de dire sur les transformations subies par les non-sucre pendant l'évaporation ; ces décompositions seront d'autant plus profondes que l'alcalinité du milieu sera plus forte et que l'on maintiendra les liquides plus longtemps à une température élevée. D'après les praticiens, Claassen (1) entre autres, il y a intérêt au point de vue de la facilité du travail ultérieur de cristallisation à pousser très loin ces décompositions tout en ayant soin, naturellement, de ne pas attaquer le saccharose. Nous allons voir comment peuvent se produire ces destructions de sucre et quelle importance elles peuvent atteindre.

Saillard (2) a récemment publié sur cette question, un excellent travail qui complète ceux de ses devanciers. Cet auteur a indiqué quelles sont les conclusions que l'on peut tirer de toutes ces études :

Sous l'action de la chaleur, le saccharose en solution se transforme en sucres réducteurs.

Si la solution initiale était neutre, elle devient bientôt acide et la décomposition se fait encore plus rapidement. Les produits de décomposition du sucre par la chaleur ont une réaction nettement acide sur la phénolphtaléine ; ils n'agissent pas, ou seulement d'une manière douteuse, sur le tournesol.

En milieu alcalin, le saccharose résiste mieux, mais il s'altère tout de

(1) H. Claassen, *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 478, 1901 d'après C. B. Zuckerind, 1901, p. 712. — *Die Zucker-Fabrikation*, p. 110.

(2) E. Saillard, *Bl. Syndicat des fabricants de sucre*. Avril 1901, p. 997.

même si la température est assez élevée (au-dessus de 107-109°) et maintenue assez longtemps ; l'alcalinité disparaît pour la raison donnée plus haut.

La quantité de sucre détruite est d'autant plus grande que la solution est plus étendue et la température plus élevée.

Les produits de décomposition peuvent avoir une rotation droite plus forte que celle du sucre dont ils proviennent, car dans certains cas on a observé après chauffage une augmentation de polarisation à droite.

Les auteurs ne sont pas d'accord pour fixer les pertes de sucre qui peuvent se produire industriellement ; cela n'a rien d'étonnant du reste d'après ce que nous venons de dire, puisque l'importance de la destruction du sucre varie elle-même avec les conditions et la durée du chauffage.

Avec les jus de fabrique les pertes sont généralement plus fortes qu'avec les solutions sucrées pures et il est évident qu'elles varient avec la nature du jus, ou plus exactement avec la nature du non-sucre.

Quand on chauffe à des températures inférieures à 100°, il faut que l'expérience dure assez longtemps pour avoir des pertes de polarisation appréciables et encore elles se tiennent dans les limites d'erreurs analytiques. D'après les essais de Saillard, en marche normale de l'appareil d'évaporation, elles ne doivent pas dépasser 0.1 0/0 dans l'ensemble des derniers corps.

Toujours d'après le même auteur, les pertes les plus faibles s'observent quand le liquide a une réaction voisine de la neutralité. Saillard a aussi examiné les pertes subies par l'alcalinité, parallèles aux pertes de sucre ; ses conclusions ne sont valables que pour des solutions sucrées pures, rendues alcalines par un corps bien déterminé ; comme nous l'avons montré plus haut, dans les jus le problème est bien plus complexe et il eut été intéressant de voir, dans les essais de Saillard sur les jus de fabrique, quelles étaient les quantités d'ammoniaque dégagées dans les différentes conditions des expériences et avec différents jus ; en rapprochant ces résultats de ceux exprimant les alcalinités restantes, et les pertes en sucre, on aurait peut-être pu faire des constatations intéressantes. Tant que le jus est fortement alcalin, il est possible que la composition du non-sucre ait peu d'influence sur la destruction du sucre ; mais lorsque cette alcalinité s'abaisse à un degré tel que la réaction sur l'indicateur coloré ne puisse plus être considérée comme la preuve certaine de l'existence d'alcalis libres, il est infiniment probable que les non-sucres prennent part aux réactions qui causent la destruction du sucre. Cette opinion est bien appuyée par l'observation rapportée précédemment, relative à la plus forte destruction dans les jus, comparativement aux solutions sucrées pures ; on a aussi expliqué cette différence par

des transformations subies par des non-sucres doués du pouvoir rotatoire, mais il nous semble que si l'on se place dans des conditions analytiques convenables, l'influence de ces matières sur la polarisation doit pouvoir être écartée aussi bien sur les liquides originaux que sur ceux ayant subi la concentration.

De tout cela il ressort que si l'on a pu fixer assez exactement les conditions de destruction du sucre par le chauffage dans les solutions pures, le problème est loin d'être résolu pour les jus de fabrique.

D'après certains auteurs, Fradiss (1) entre autres, le saccharose détruit est transformé en substances caraméliques ; Saillard a fait aussi quelques essais pour déterminer la nature des corps résultant de la décomposition du sucre ; il n'en a tiré aucune conclusion, on peut seulement dire que ces corps possèdent en effet certaines propriétés des substances caraméliques : solubilité dans l'alcool méthylique et précipitation par l'alcool amylique, le chloroforme et l'éther.

D'après Aulard (2), les jus se colorent pendant l'évaporation, proportionnellement plus que la concentration simple ne le ferait ; il attribue (3) cette augmentation de coloration à l'altération subie par les non-sucres hydrocarbonés en liqueur alcaline ; nous ne voyons aucune raison qui permette de supposer que ce sont ces substances qui s'altèrent et non le sucre. D'après Sachs cette recoloration ne se produit que si l'on chauffe les jus faibles en pression ; si la température est maintenue assez basse il n'y a pas production de matière colorante. Claassen (4) admet aussi l'augmentation de coloration pendant la concentration.

La composition du non-sucre minéral n'a pas subi de modifications importantes pendant l'évaporation.

302. Sels de chaux. — Nous avons dit précédemment que, normalement, la totalité de la chaux contenue dans les jus arrivant à la carbonatation doit être précipitable par l'acide carbonique ; une petite quantité peut rester dissoute sous forme de sels peu solubles qui s'éliminent pendant la concentration. Il arrive pourtant très souvent que les sirops contiennent encore de la chaux engagée dans des combinaisons non décomposables par l'acide carbonique seul ; on dit alors qu'il y a des *sels de chaux* dans le sirop. Nous allons examiner dans quelles conditions ce phénomène peut se produire, quelles sont ses causes et ses conséquences.

A la carbonatation nous avons expliqué comment les alcalis carbonatés

(1) Fradiss. *Mémoire sur l'emploi de SO²*, Brochure du Syndicat des fab. de sucre, 1899, p. 8.

(2) *Bl. Assoc. belge chim.*, 1892.

(3) A. Aulard. *Mémoire sur l'emploi de l'anhydride sulfureux*, Brochure du Syndicat des fab. de sucre, 1897, p. 5.

(4) H. Claassen. *Die Zucker-Fabrikation*, p. 164.

décomposent les organates de chaux solubles en donnant des organates alcalins et du carbonate de chaux ; il semble donc que *a priori* il ne devra jamais rester d'organates calciques solubles s'il existe dans les jus une quantité suffisante d'alcalis pour les décomposer ; en d'autres termes, qu'il ne restera des sels calciques que si la betterave contient beaucoup de substances organiques donnant avec la chaux des sels solubles, ou si avec une quantité normale de ces substances, il n'y a qu'une faible proportion de bases alcalines. Il ne serait pas exact de considérer cette déduction comme une loi générale et il arrive très souvent qu'en présence de combinaisons calciques solubles, il existe dans les sirops des bases alcalines libres.

Les acides organiques et quelques-uns des autres non-sucres trouvés dans la betterave donnent avec la chaux des composés plus ou moins solubles. La solubilité dans les solutions sucrées est variable et diminue naturellement avec la concentration, puisque la quantité de dissolvant, l'eau, diminue aussi fortement ; cette diminution de solubilité peut être telle que le sirop concentré ne puisse plus en contenir que des traces (exemple : l'oxalate de chaux). D'après les documents existants et que nous avons classés dans notre troisième partie, nous pouvons établir pour les sirops à 50 p. 0/0 de sucre environ et pour les températures de 70-80° la classification approximative suivante en commençant par le corps le plus insoluble.

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. Phosphate (1). | 9. Tricarballylate. |
| 2. Carbonate. | 10. Succinate. |
| 3. Oxalate. | 11. Malate. |
| 4. Sulfate. | 12. Oléate (1). |
| 5. Palmitate (1). | 13. Adipate. |
| 6. Tartrate. | 14. Aconitate. |
| 7. Citrate. | 15. Malonate. |
| 8. Stéarinate (1). | |

Puis viennent les sels très solubles : Lactate (2), aspartate, glutamate, métapectate et probablement aussi les peptonates.

Etant donnés les chiffres de solubilité, il est permis de croire que les cinq ou six premiers sels s'éliminent par le seul fait de la concentration ; une partie des autres se retrouve aussi dans les précipités mais il est probable qu'il ne s'en sépare ainsi qu'une faible proportion.

Il est évident que toutes les circonstances qui produiront une certaine augmentation de ces non-sucres pourront avoir pour effet d'augmenter la

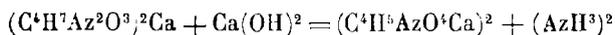
(1) Provenant de la décomposition des lécithines ; les sels d'acides gras peuvent aussi provenir des graisses employées pour abattre les mousses.

(2) Provenant de la décomposition du glucose ou de fermentations.

quantité de leurs sels de chaux dans les jus déféqués ; si la quantité de bases alcalines est insuffisante, il restera forcément des sels calciques non décomposés. Parmi les causes d'augmentation il convient de citer le défaut de maturité (les migrations encores actives des matières azotées font qu'une plus forte proportion de celles-ci existe sous une forme facilement diffusible, acides amidés, amides des acides amidés) ; l'emploi irraisonné des engrais azotés (nous avons dit précédemment que si la betterave trouve de l'azote nitrique jusqu'à la fin de sa végétation, la maturité se produit plus tard, car le végétal est constamment sollicité d'assimiler et d'accumuler des matières azotées) ; la repousse en silos (les matières azotées albuminoïdes sont transformées par des ferments solubles spéciaux en composés facilement diffusibles, pour être dirigées vers les nouveaux organes, et le sucre est hydrolysé en dextrose et fructose) ; les altérations ou maladies (les microorganismes, attaquent les principes immédiats, sucres, hydrates de carbone, matières albuminoïdes et donnent des non-sucres plus nuisibles, en particulier des sucres réducteurs) ; les accidents dans le cours du travail des jus (ralentissement de la diffusion ayant généralement pour conséquence une extraction à basse température qui favorise les fermentations, séjour prolongé des jus à basse température, épuration mal réglée) ; enfin des causes indépendantes de la composition de la betterave telles que la composition de l'eau, de la pierre à chaux, du coke, etc. et que nous n'avons pas à envisager ici.

Nous venons de dire que l'épuration mal réglée pouvait avoir pour conséquence l'augmentation des sels de chaux ; nous allons nous expliquer sur ce point. Nous avons dit à propos du chaulage que si l'on n'emploie qu'une quantité minimum de chaux, les jus sans être notablement plus impurs (d'après le quotient de pureté) contiennent plus de sels de chaux ; il n'est guère facile d'en donner la raison. On peut supposer que l'emploi d'une plus forte quantité de chaux permet d'atteindre le point de carbonatation à une alcalinité plus forte, c'est du moins ce qu'indiquent les recherches de Weisberg et de Schnell et Geese ; peut-être que dans ces conditions l'insolubilité de certaines combinaisons calciques est plus parfaite ; ce n'est là qu'une hypothèse qui, nous nous empressons de le dire, ne s'appuie sur aucune expérience, mais les praticiens savent bien que l'augmentation de la dose de chaux à la défécation a généralement pour effet de diminuer dans les sirops la quantité de chaux combinée aux non-sucres. La température à laquelle se fait la défécation et les carbonatations a aussi une influence ; les auteurs allemands recommandent en général de faire cette opération à température élevée, afin de décomposer aussi parfaitement que possible les sucres réducteurs et les composés azotés. Cela semblerait indiquer que ces produits de décomposition combinent une quantité plus minime d'éléments basiques ou que ces combinaisons

sont moins nuisibles ; la première hypothèse ne se vérifie pas avec les acides amidés ; au contraire avec l'asparagine on a :



avec la glutamine :



Dans les deux cas la décomposition a pour conséquence de combiner une nouvelle molécule de chaux.

Il est d'autre part bien certain que la chaux, agissant à plus haute température sur les matières albuminoïdes, y produit des décompositions plus profondes que si on n'opère qu'à des températures plus basses ; c'est peut-être là que se produisent les transformations avantageuses, mais il n'existe, comme nous l'avons déjà dit, aucune donnée expérimentale sur cette question. Certains auteurs ont voulu voir dans l'avantage constaté avec la défécation à température élevée une preuve que la dégradation des matières albuminoïdes se produit dans ces conditions, selon l'ordre suivant : propeptones, peptones, acides amidés. Les documents analytiques que nous avons recueillis sont insuffisants pour confirmer cette opinion et du reste il suffit de se reporter à ce que nous avons écrit à la page 429 sur les peptones pour s'en rendre compte.

Restent maintenant les produits de décomposition du sucre inverti ; d'après Beudet (1), Jesser (2), Pellet (3), les conditions réalisées au chaulage et aux deux carbonatations permettent la destruction complète des sucres réducteurs ; hâtons-nous de dire que ces auteurs envisagent cette destruction en tant que disparition du pouvoir réducteur ; au point de vue qui nous occupe en ce moment cela est insuffisant, car on sait que la disparition du pouvoir réducteur n'est qu'un des premiers stades des décompositions que subit le sucre inverti sous l'influence des alcalis agissant à température élevée. D'après Dubrunfaut, 100 parties de sucre inverti neutralisent après ébullition avec la chaux, 23 parties d'oxyde de calcium. Ce qu'il serait très intéressant de connaître, c'est la quantité d'alcalis fixée par les produits de décomposition à des stades différents. On trouve bien dans les ouvrages classiques de E. O. v. Lippmann et de L. Maquenne quelques indications sur les sels calciques provenant de la décomposition des constituants du sucre inverti (glycose et dextrose) mais il serait nécessaire que de nouvelles expériences soient faites sur cette question, dans un sens essentiellement pratique. D'après ce que nous savons, la solubilité des combinaisons calciques des produits

(1) L. Beudet, *Bl. sucr. et dist.*, 10, p. 510, 1892.

(2) L. Jesser, *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 279, 1893 d'après *Oest. Ungarische Z.* 1893.

(3) H. Pellet, *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 236, 1897.

de décomposition ne doit pas diminuer à mesure que ces décompositions s'avancent, car il n'y a pas de précipitation.

Le sucre inverti peut être nuisible à un autre point de vue ; d'après Rümpler, quand l'alcalinité du jus est insuffisante, le sucre est plus rapidement attaqué en présence de sucre inverti et la quantité de ce dernier augmente.

Comme on le voit, la diminution des sels calciques, comme conséquence d'une défécation énergique, n'est pas facile à expliquer.

Il peut se faire, avons-nous dit, qu'il existe des combinaisons calciques solubles dans les jus malgré la présence d'alcalis libres ou carbonatés ; nous ne voyons pas non plus d'explication très plausible de ce phénomène, attendu que les rapports de quantité, de la chaux et de l'alcalinité, varient dans de très larges limites, selon les cas.

Les sels de chaux, auxquels les praticiens accordent une si grande importance, sont-ils donc si nuisibles ?

La plupart des auteurs leur attribuent des difficultés de cuisson constatées en fin de campagne ; ces combinaisons agiraient donc comme corps mélassigènes ou par simple action physique sur les phénomènes moléculaires de la cristallisation ? La question n'est pas aussi simple et les avis sont très partagés ; on a vu le même auteur donner des avis différents.

D'après Vivien (1), les sels calciques à acides minéraux ne sont pas nuisibles, mais l'aspartate et le métapectate de calcium s'opposent énormément à la cristallisation.

Pellet (2) attribue aux sels calciques une influence plus nuisible qu'aux sels sodiques correspondants, Aulard (3) est alors du même avis.

D'après Weisberg (4) l'influence exercée par les sels de chaux dépend beaucoup de leur nature ; il est des cas où l'existence des sels calciques dans les jus ne gêne nullement le travail de la cristallisation.

Mittelmann (5) a signalé des difficultés de cuisson avec les sels de chaux.

Aulard (6) est revenu sur sa première opinion et a déclaré, dans une discussion à propos du procédé sodo-barytique Du Beaufret, que les sels de chaux n'empêchent nullement le sucre de cristalliser.

Rümpler (7) et Bresler (8) attribuent aux sels calciques une influence plus nuisible qu'aux sels sodiques.

(1) A. Vivien. *Bl. Assoc. belge Chim.*, 3, p. 244, 1889.

(2) H. Pellet. *Bl. Assoc. belge Chim.*, 3, p. 244, 1889. *Bl. sucr. et dist.*, 8, p. 145, 1890.

(3) A. Aulard. *Bl. Assoc. belge Chim.*, 3, p. 244, 1889 ; *Bl. sucr. et dist.*, 8, p. 656, 1891.

(4) J. Weisberg. *Bl. sucr. et dist.*, 9, p. 304, 1891.

(5) B. Mittelmann. *Bl. sucr. et dist.*, 9, p. 308, 1891.

(6) A. Aulard. *Bl. sucr. et dist.*, 10, p. 252, 1892.

(7) A. Rümpler. *Sucrerie indigène*, 42, p. 678, 1893 ; *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 483, 1898.

(8) Bresler. *Dtsch. Zuckerind.*, 22, p. 676, 1897.

Herzfeld (1) a étudié l'action mélassigène des combinaisons calciques produits de décomposition du sucre inverti et a conclu à une influence négative de la part de ces composés.

Degener (2) considère les sels de chaux comme très nuisibles à la cuite. Le nitrate, le chlorure, l'acétate de calcium sont plus nuisibles que les sels sodiques correspondants; cette opinion est opposée à celle de Vivien citée plus haut. Il existe des sels de chaux inoffensifs.

Claassen (3) est d'avis que les sels de chaux ne sont pas la cause directe des difficultés de cuisson; ils sont seulement l'indice de l'existence d'une proportion anormale de non-sucre et la transformation des sels calciques en sels sodiques n'est pas un remède général, puisque l'influence des sels de chaux n'est en quelque sorte que secondaire.

D'après Rydlewski (4) la quantité absolue de chaux combinée n'a aucune signification; on peut avoir de bien plus grandes difficultés avec très peu de sels de chaux qu'avec des quantités plus fortes.

Jesser (5) pense que l'on peut avoir un travail de cristallisation normal avec des sels de chaux.

Que conclure de toutes ces opinions? la seule conclusion logique nous paraît être qu'il existe des sels de chaux nuisibles et d'autres inoffensifs. C'est bien ce que Weisberg a dit l'un des premiers. Comment classer les sels que nous avons énumérés? L'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas de faire cette classification, ni même de prévoir si un sirop offrira ou non des difficultés de cuisson.

Puisque, dans certains cas, il semble que les sels de chaux puissent être plus nuisibles que les combinaisons sodiques correspondantes, on a évidemment cherché à provoquer ces transformations; Vivien (*loc. cit.*) a aussi indiqué la précipitation de la chaux à l'état de carbonate, en traitant par le carbonate d'ammoniaque et formant ainsi des organates ammoniacaux; son idée a été reprise et modifiée par Besson (6) qui emploie le sulfite d'ammoniaque, mais nous manquons encore de documents suffisants sur la valeur de ces procédés à l'ammoniaque. Dans tous les cas, la transformation en sels sodiques est très souvent appliquée en sucrerie; on la réalise de manières différentes en ajoutant au jus de la soude caustique, ou du carbonate de soude ou de sulfite de soude (7). La soude caustique en lessive est d'un emploi assez délicat; théoriquement on ne met ainsi en liberté

(1) A. Herzfeld. *Bl. sucr. et dist.*, 11, p. 280, 1893 et E. O. V. Lippmann. *Chemie der Zuckerarten*, p. 659.

(2) P. Degener. *Sucrerie belge*, 23, p. 247, 1895, d'après C. B. *Zuckerind.*, 1895.

(3) H. Claassen. *Sucrerie belge*, 23, p. 205, 1895, d'après C. B. *Zuckerind.*, 1895.

(4) Rydlewski. *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 696, 1897.

(5) L. Jesser. *Circ. hebdom.*, 10, n. 484, 1898, d'après *Oest. Ungarische Z.* 1898.

(6) Besson, *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 800, 1902.

(7) Procédé Rümpler, Brevet allemand, N° 71021 du 16 décembre 1892.

que de la chaux libre qui peut rester dissoute et qu'il faut précipiter par l'acide carbonique ou l'acide sulfureux. Son emploi a été moins étudié que celui du carbonate.

Lorsqu'on ajoute du carbonate de soude à une solution claire d'un sel calcique, il se précipite du carbonate de calcium et il se forme un sel de soude correspondant : La réaction n'est pas toujours quantitative, elle est entravée par la présence du sucre (1) et probablement aussi par les autres matières organiques. Herzfeld, de Siquiera (2) et Weisberg (3) ont publié à ce sujet des travaux très intéressants ; il en résulte qu'en solution impure la précipitation de la chaux par le carbonate de soude, employé en quantité équimoléculaire, n'est jamais complète.

On retombe donc dans l'anomalie que nous avons signalé tout à l'heure, c'est-à-dire l'existence de bases alcalines en présence de combinaisons calciques décomposables. Pourquoi la décomposition ne s'accomplit-elle pas quantitativement et pourquoi est-elle plus complète dans les solutions contenant peu de sucre que dans les solutions concentrées ? Pourquoi exige-t-elle pour s'accomplir quantitativement plus de deux fois et demi à trois fois la quantité de carbonate de soude ? Question de masse, nous répond-on !

Cette explication ne nous satisfait pas, car elle va à l'encontre d'une loi bien définie et rigoureuse, nous avons nommé la loi du travail maximum ; de plus si nous nous en rapportons à Rümpler (4) et à une expérience de Aulard, cette influence de la masse ne serait pas permanente puisque ces deux auteurs ont réalisé la séparation complète de la chaux avec la quantité calculée de sulfite de sodium (5). Il doit y avoir autre chose que la question de masse, peut-être une réaction entre le sucre et le carbonate de soude qui mettrait l'acide carbonique en liberté avant que la décomposition du sel calcique soit complète, de sorte qu'au lieu de carbonate de chaux insoluble, il y aurait formation de chaux libre qui resterait soluble à l'état de sucrate. C'est là une hypothèse qui n'est pas plus invraisemblable que celle de l'influence de la masse, mais qui demande à être vérifiée expérimentalement.

Dans tous les cas, la transformation des sels de chaux en sels sodiques ou ammoniacaux n'est qu'une solution palliative ; le non-sucre organi-

(1) H. Pellet, *Bl. Assoc. belge Chim.*, 3, p. 244, 1889. — *Bl. sucr. et dist.*, 9, p. 310, 1891.

(2) A. Herzfeld et de Siquiera, *Sucrierie belge*, 19, p. 370 et 387, 1891 d'après *Verein Dtsch. Zuckerind.*, 1891.

(3) J. Weisberg, *Sucrierie belge*, 19, p. 409, 1891.

(4) A. Rümpler, *Die Nichtzuckerstoffe*, p. 483. Voyez aussi à ce sujet J. Weisberg, *Journal des fab. de sucre* du 12 mai 1897. — C. F. Même revue du 2 juin 1897.

(5) A la vérité, Aulard n'a pas employé directement le sulfite de sodium mais il a préparé ce sel dans le sirop en traitant d'abord par la soude caustique puis par l'acide sulfureux ; voyez *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 800, 1902.

que reste en solution et exerce encore son influence sur la cristallisation. La véritable solution, qui est encore du reste à réaliser, serait la séparation de ce non-sucre.

Nous croyons avoir dit tout ce qu'il était possible de dire, étant donné le programme que nous nous sommes fixés, sur la composition du sirop concentré. Celui-ci subit encore très souvent un traitement supplémentaire, la *sulfitation*, avant d'être envoyé à la cuite.

303. Sulfitation. — Cette opération peut également se faire sur les jus faibles avant leur entrée à l'appareil d'évaporation mais dans la majorité des cas c'est sur les sirops qu'elle est appliquée.

On en comprendra la raison quand nous aurons dit que le rôle de la sulfitation est surtout le réglage de l'alcalinité. On ne peut donc songer sérieusement à régler définitivement cette alcalinité sur les jus de carbonatation dont la propre alcalinité n'est pas définitive, et qui pendant l'évaporation doivent encore subir des décompositions importantes. De plus, nous savons qu'il est dangereux de soumettre à des températures élevées des solutions sucrées très peu alcalines ou neutres ; or comme très souvent l'ébullition dans la première caisse de l'appareil d'évaporation se produit sous la pression normale, quelquefois même avec surpression, il est évident que la sulfitation des jus faibles augmenterait les chances de destruction du sucre.

Action de l'acide sulfureux sur le sucre dans les sirops de sucrerie de betteraves. — Nous avons à envisager l'action de l'acide sulfureux sur les solutions sucrées impures et non sur les solutions pures. Dans ces dernières, il produit rapidement l'inversion, comme l'ont démontré les expériences de Bodenbender, Berender, Prinsen-Geerligs, Feltz, Steepfl, Beudet, Urbain, de Grobert, etc. Dans les solutions impures, comme les sirops de sucrerie, la question est tout autre. Il est évident que dans tous les cas pour que le pouvoir inversif se manifeste, il faut atteindre la réaction acide. L'acide sulfureux qui a déjà saturé l'alcalinité d'un sirop, s'attaque aux combinaisons salines des non-sucre minéraux et organiques ; il s'empare des éléments basiques pour faire des sulfites, éventuellement des bisulfites ; envisageons d'abord le premier cas, c'est-à-dire le moment où l'acide sulfureux n'a fait que déplacer tout ou partie des éléments à fonction acide. La réaction est bien acide mais on ne peut prétendre que cette acidité soit due à l'acide sulfureux lui-même, puisque nous avons dit que celui-ci s'était combiné aux éléments basiques ; ce sont les corps organiques à fonction acide qui sont libres et qui peuvent alors agir sur le saccharose. L'action inverse de ces corps est généralement plus faible que celle des acides minéraux et d'après Ostwald l'inversion du sucre par un acide quelconque est en relation étroite avec

son énergie d'affinité. L'addition de sels organiques ralentit considérablement l'inversion du sucre par les acides forts mais inversement, l'activité des acides organiques (acétique et lactique) est accrue par la présence de sels métalliques (1) ; les sulfites n'ont pas été étudiés à ce point de vue. La température a une grande influence et des essais de Margueritte (2), Bodenbender et Berender (3), Battut (4), Aulard (5), Stiepel (6), Beudet (7), Grundmann (8), Degener (9), Sidersky (10), on peut conclure que si la sulfitation n'est pas poussée assez loin pour que tous les non-sucre à fonction acide soient déplacés et qu'il y ait SO_2 à l'état de bisulfite, il n'y a pas à craindre d'inversion aux températures inférieures à 70-75°. Dès que ce point est dépassé, l'acide sulfureux libre attaque le sucre, non pas comme dans les solutions pures, mais plus faiblement, par suite de l'influence des combinaisons salines et acides organiques présents.

Cependant, si la sulfitation des sirops jusqu'à l'acidité ne paraît pas provoquer la formation de sucre inverti, elle peut avoir d'autres inconvénients auxquels les partisans de ce genre de travail ne paraissent pas avoir songé ; nous avons vu précédemment que la quantité de sucre qui se détruit, lorsque l'on maintient une solution sucrée à température élevée pendant un temps assez long, est d'autant plus forte que l'alcalinité est plus faible. Il est très possible que dans les cuites acides il se détruise plus de sucre que dans les cuites alcalines, sans que pour cela il y ait augmentation de la quantité de sucre inverti, ce dernier se trouvant décomposé au fur et à mesure en produits plus simples ayant un pouvoir réducteur plus faible ou nul. Il serait intéressant de voir refaire des expériences dans cet ordre d'idées.

304. Action de l'acide sulfureux sur les non-sucre. — D'après Herzfeld (11), lorsque la décomposition du sucre inverti par la chaux n'a pas été complète et que par suite il peut y avoir de l'oxyde de fer en dissolution, la saturation par l'acide sulfureux précipite le fer plus complètement que la saturation carbonique, à condition toutefois de ne pas bais-

(1) L. Maquenne. *Les sucres et leurs principaux dérivés*, p. 664 et suiv.

(2) Margueritte. *Sucrierie indigène*, 8, p. 71, 1873.

(3) Bodenbender et Berender. *Zeitschrift des Ver. f. Rübenzuckerind.*, 23, p. 21, 1873.

(4) L. Battut. *Bl. sucr. et dist.*, 8, 1890.

(5) A. Aulard. *Bl. sucr. et dist.*, 12, 1896.

(6) Stiepel. *J. fab. sucre*, 7 juillet et 11 août 1897.

(7) L. Beudet. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 97, 1897.

(8) Grundmann. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 261, 1897, d'ap. *Oest. Ungarische*, 7, 1897.

(9) P. Degener. *Sucrierie indigène*, 50, 1897 d'ap. *C. B. Zuckerind.*, 1897.

(10) Sidersky. Mémoire sur l'emploi de SO_2 , brochure du *Synd. des fabricants de sucre*, 1899, p. 38.

(11) A. Herzfeld, voyez *loc. cit.*, annotation, p. 586.

ser l'alcalinité jusqu'à la neutralité à la phénolphtaléine ; si la saturation est poussée trop loin, la redissolution du fer est plus à craindre avec l'acide sulfureux qu'avec l'acide carbonique.

D'après Pellet (1), quand on sature par SO_2 l'alcalinité de jus contenant des silicates, on constate une précipitation de silice gélatineuse ; l'auteur n'a pas recherché si cette séparation était due à l'action propre de l'acide sulfureux ou seulement à la diminution de l'alcalinité.

Le rôle le plus important de l'acide sulfureux est certainement le réglage de l'alcalinité des sirops avant de les envoyer à l'appareil à cuire ; cette alcalinité peut être due, selon la nature des betteraves travaillées et le point d'alcalinité adopté à la saturation, à de la chaux et à des alcalis (potasse et soude), ou à des alcalis seuls ; dans tous les cas les sirops contiennent encore une petite quantité d'ammoniaque, mais celle-ci doit être très minime si nous nous en rapportons aux chiffres donnés p. 593. On attribue au sucrate de calcium une influence pernicieuse sur la cristallisation ; les sucrales alcalins sont considérés comme moins nuisibles et en pratique on remédie aux lenteurs de cuisson des sirops en diminuant fortement leur alcalinité :

L'acide sulfureux décompose les sucrales en donnant les sulfites correspondants ; le sulfite de calcium est légèrement soluble dans les solutions sucrées. Battut (2) a trouvé :

Dans une solution sucrée pure à 10 0/0,	0 gr. 0363	de sulfite de calcium
— — — — — 30 0/0,	0	0374 — —

Dans une solution sucrée à 10 0/0, alcalinisée par 0,075 Na_2CO_3 , 0,005 d'ammoniaque et 0,005 de carbonate d'ammonium 0/0, il a trouvé 0,012 de sulfite de calcium 0/0 cc. ; dans ces conditions le carbonate de calcium n'est pas soluble. Ces chiffres se rapportent à la température ordinaire.

Weisberg (2) refit les essais de Battut d'une manière plus exacte, en évitant autant que possible la présence du sulfate de calcium dans le sulfite étudié. Cet auteur cite que Ekleben a trouvé, pour une solution sucrée à 8 0/0, 0 gr. 15674 de sulfite de calcium par litre ; lui-même a trouvé :

Dans 100 ^{cc} d'eau pure à 18° C.	0 gr. 0043	CaSO_3
100 ^{cc} sol. sucrée à 10 0/0	0	00825 —
100 ^{cc} — — — — — 30 0/0	0	00800 —

Le sulfite de calcium s'oxyde très rapidement en donnant du sulfate dont nous avons donné la solubilité p 577.

D'après Aulard (3), le sulfite de calcium est d'autant plus soluble qu'on

(1) H. Pellet, *Bl. sucr. et dist.*, 12, p. 319, 1894.

(2) L. Battut, *Bl. sucr. et dist.*, 8, p. 176, 1890.

(3) J. Weisberg, *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 485, 1896.

(4) A. Aulard Mémoire sur l'emploi de SO_2 . Brochure de 1897, p. 8.

opère en milieu de moins en moins alcalin ; il n'appuie pas cette opinion de données expérimentales.

J. de Grobert (1) a cherché à se rapprocher des conditions de la pratique. Il a formé du sulfite de chaux dans une solution sucrée à 35 0/0 contenant 0,5 0/0 de chaux caustique et chauffée à 60° ; à neutralité le liquide a été filtré rapidement, et dans le filtrat on a dosé la chaux ; on a ainsi trouvé 0 gr. 140 de sulfite de calcium par litre. Si on réchauffe à 85° avant de filtrer on ne trouve que des *traces*, de même à l'ébullition ; le liquide refroidi à 60° a accusé par litre 0,120 de sulfite de calcium. Ces chiffres sont en désaccord avec ceux des auteurs précités et de Grobert attribue ces différences à ce que la solubilité est augmentée par l'état naissant du corps considéré. D'après Bresler (2) 100 cc. d'une solution sucrée à 10 0/0 contenant 0 gr. 1 Na²CO³ dissolvent 0 gr. 0085 Ca SO³ ; une même solution à 50 0/0 de sucre en dissout 0 gr. 0039. Il est un fait à retenir, c'est que les solutions sucrées concentrées ne dissolvent pas plus de sulfite de calcium que les solutions faibles et que par conséquent la concentration aura pour effet de précipiter une partie du sulfite primitivement dissous ; c'est pour éviter cet inconvénient que Dupont (3) a proposé la sulfitation barytique dont nous devons dire quelques mots. La baryte donne un sulfite qui est à peine soluble dans les solutions sucrées et forme par oxydation un sulfate encore plus insoluble (4).

On peut prévoir 3 cas : 1° Tout ou partie de l'alcalinité du sirop est due à la chaux ; celle-ci est alors précipitable aussi bien par l'acide carbonique que par l'acide sulfureux ; si l'on ajoute de la baryte la chaux ne sera pas précipitée et la sulfitation formera encore du sulfite de calcium. 2° Toute l'alcalinité est due à de la potasse et à de la soude ; dans ce cas l'addition de baryte serait inutile au point de vue de la chaux ; elle aura cependant l'avantage d'occasionner la formation d'un précipité de sulfite de baryum qui, d'après Aulard (5), entraîne une certaine quantité de non-sucre, particulièrement de matières colorantes. 3° Avec une alcalinité potassique et sodique le sirop contient des sels de chaux ; d'après ce que nous avons dit des propriétés de la baryte, il n'y a pas à espérer que cet alcali déplace la chaux combinée aux non-sucre ; dans tous les cas la chaux serait-elle déplacée sinon par la baryte, du moins par les sulfites formés, qu'il y aurait encore du sulfite de calcium de formé pendant la sulfitation.

D'après Battut (*loc. cit.*), l'acide sulfureux en excès ne décompose pas

(1) J. de Grobert, *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 937, 1897.

(2) W. H. Bresler, *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 90, 1900.

(3) F. Dupont, *Bl. sucr. et dist.*, 12, p. 273, 1894.

(4) J. Weisberg, *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 560, 1897.

(5) A. Aulard Mémoire sur l'emploi de SO², *Broch. Synd. des fabr. de sucre*, 1897, p. 6.

le métapectate de calcium ; en faible proportion il est aussi inactif vis-à-vis des sels calciques des jus. C'est également l'avis de Aulard (1) et des auteurs qui ont étudié soigneusement cette question. Il s'agit ici de la sulfitation non poussée jusqu'à la neutralité ou l'acidité ; dans ces conditions il était cependant permis de supposer que les sulfites alcalins formés pourraient décomposer les sels calciques comme dans le procédé Rümpler. Cette hypothèse qui, croyons-nous, n'avait pas encore été formulée n'est pas vérifiée par les expériences, mais il faut peut-être attribuer ce fait à ce que l'alcalinité des sirops contenant des sels calciques est généralement faible ; dans ces conditions la quantité de sulfites alcalins formés ne peut être que très minime.

Si la sulfitation est poussée jusqu'à une acidité plus ou moins considérable, les sels de chaux sont décomposés ; mais l'acide sulfureux n'a ici aucune action spécifique, tous les acides forts agiraient de même.

On ne connaît presque rien sur l'action de l'acide sulfureux sur les matières azotées des sirops ; la question n'a pas été étudiée, et nous n'avons trouvé que deux observations à ce sujet. La première de Bresler (2) ; cet auteur a constaté que le sulfite de sodium ajouté à un jus ne précipite pas seulement du sulfite de calcium mais aussi des acides amidés. Une solution d'aspartate de calcium contenant sous cette forme 0.271 0/0 de CaO, traitée par le sulfite de sodium en quantité équimoléculaire à la chaux ne contient plus après ce traitement que 0.018 0/0 de CaO. Les précipités qui se forment dans ces conditions contiennent de 1.22 à 1.54 0/0 d'azote ; on ne sait pas si cet azote est en combinaison définie dans le précipité calcique ou s'il s'y trouve à l'état d'aspartate entraîné. Plus récemment (3) le même auteur a trouvé dans un précipité du même genre formé dans une solution sucrée pure :

Azote.	1.49
Chaux.	43.45
Acide sulfureux	43.17
Carbone	3.43
Hydrogène	1.48
	<hr/>
	93.02 0/0

Ce précipité avait été lavé à l'eau chaude.

La seconde observation est de Kowalski (4) qui a trouvé que l'acide sulfureux élimine une partie des non-sucres organiques azotés.

De toutes les analyses des précipités formés à la sulfitation publiées

(1) A. Aulard. *Bl. Assoc. belge Chim.*, 4, 1892.

(2) H. Bresler. *Dtsch. Zuckerind.*, 22, p. 676, 1897.

(3) H. Bresler. *C. B. Zuckerind.*, 9, p. 260, 1900.

(4) D'après la Revue du Liseur. *J. fab. sucre*, 42, n. 44, 1901 et *C. B. Zuckerind.*, 1902, p. 654.

jusqu'ici, aucune ne mentionne la proportion d'azote qui pouvait être contenue dans ces dépôts.

Tout ce qui par ailleurs a été écrit sur l'action de l'acide sulfureux sur les matières azotées des sirops, n'est appuyé par aucune expérience ; quelquefois même, les opinions émises n'ont pas d'appui théorique et nous nous dispenserons de les rapporter.

Il en est absolument de même du reste, en ce qui concerne les acides organiques et les hydrates de carbone autres que le sucre. En sulfitant jusqu'à l'acidité des sirops à 1100-1110 de densité, Aulard (1) dit avoir trouvé dans les boues des quantités considérables de *matières grasses saponifiées* (2) ; il en a également extrait des sirops à 30-32° Bé et des égouts ; cependant on ne peut considérer cette constatation comme exacte sans connaître la méthode employée par l'auteur pour le dosage de ces matières grasses ; l'éther enlève d'un jus acidifié, outre les matières grasses, la plupart des acides organiques libres.

Nous avons encore à envisager l'action de l'acide sulfureux sur les matières colorantes. Tout le monde connaît l'action décolorante de l'acide sulfureux et de ses sels, sulfites et bisulfites. La décoloration obtenue n'est pas définitive, elle réapparaît lorsqu'on ramène le jus à son alcalinité initiale ; cependant un sirop sulfité alcalin se colore moins par la concentration qu'un sirop non sulfité, il semble donc bien qu'il y a autre chose qu'un simple virage. La décoloration est fonction de la quantité d'acide sulfureux employée ; elle est par conséquent plus forte en solution acide. Si la sulfitation provoque dans le sirop traité la formation d'un précipité, sulfite de baryum ou de calcium, ce dernier entraîne, d'après Aulard (3), une partie de la matière colorante ; c'est aussi ce qu'a constaté Fradiss (4). On ne sait rien de bien précis à ce sujet, sauf l'observation de ce dernier auteur (5) sur l'action décolorante de l'acide sulfureux sur le caramel.

Dans tous les cas, les jus sulfités se colorant moins par la concentration que les jus vierges, le sucre obtenu et les bas produits seront aussi de nuance plus claire.

La sulfitation a encore un autre avantage, c'est l'accélération de la cuisson des sirops (6) ; cette accélération serait due, selon certains auteurs,

(1) A. Aulard, Mémoire sur l'emploi de SO_2 , *Brochure du Synd. des fab. de sucre*, 1899, p. 74.

(2) Voir l'analyse de ces dépôts, p. 612.

(3) A. Aulard, Mémoires sur l'emploi de SO_2 , *Brochure Synd. fab. de sucre*, 1897, p. 6, 1899, p. 74.

(4) N. Fradiss, *loc. cit.*, p. 9 et 12.

(5) *Id.*

(6) L. Battut (*loc. cit.*). — A. Aulard, discussion du mémoire de Battut, *Bl. sucr. et dist.*, 8, p. 1890. — Herberger, *Bl. sucr. et dist.*, 9, p. 604, 1892.

Analyses de Aulard (1).

	0 0 de matiè- res humides	0 0 de matiè- res sèches	0 0 de matiè- res sèches exemptes de sucre.	Observations
<i>Dépôts provenant de la sulfitation des jus à la sortie de la deuxième caisse du quadruple effet.</i>				
Humidité.....	40.58	»	»	Dépôt très sec formé en couche de 9 à 40 mm. d'épaisseur, de couleur brun vineux très foncé.
Matières organiques {				
Sucre.....	0.54	0.60	»	
Huiles et graisses..	2.99	3.34	3.36	
Autres mat. organ.	17.00	19.01	19.12	
Soufre libre sublimé.....	1.16	1.29	1.30	
Acide silicique.....	1.61	1.80	1.81	
Acide sulfurique.....	40.50	44.74	44.81	
Acide sulfureux.....	24.50	27.39	27.55	
Chaux.....	28.85	32.26	32.46	
Alumine et fer.....	0.80	0.89	0.90	
Cuivre.....	0.96	1.07	1.08	
Non dosés et pertes..	0.51	0.61	0.61	
<i>Dépôts provenant de la sulfitation des sirops à cuire de 30 à 32° bé.</i>				
Humidité.....	13.46	»	»	
Matières organiques {				
Sucre.....	34.00	39.28	»	
Huiles et graisses..	1.34	1.54	2.54	
Autres mat. organ.	19.34	21.88	36.03	
Soufre libre sublimé.....	0.43	0.49	0.80	
Acide silicique.....	2.43	2.80	4.61	
Acide sulfurique.....	2.63	3.05	4.98	
Acide sulfureux.....	5.50	6.35	10.58	
Chaux.....	5.40	6.23	10.26	
Baryte.....	12.36	14.28	23.52	
Alumine et fer.....	0.56	0.64	1.05	
Fer silicaté.....	0.13	0.15	0.25	
Non dosés et pertes.....	2.42	3.33	5.48	

(1) A. Aulard, Mémoire sur l'emploi de SO₂, Brochure du Synd. des fab. de sucre, 1899, p. 88.

à la diminution de la viscosité ; pourtant cette diminution n'a pu être démontrée expérimentalement (1).

Pour terminer l'étude de la sulfitation nous donnons quelques analyses de dépôts recueillis sur les filtres à sirops sulfités. Nous faisons remarquer que la composition des précipités varie avec l'alcalinité du sirop avant sulfitation, le travail des carbonatations, et selon que l'on a ajouté avant sulfitation, de la chaux ou de la baryte, et que l'on a lavé ou non les dépôts.

Analyses de dépôts de sulfitation.

O/o de matières sèches	D'après Weisberg (2)		D'après Gravier (3)		D'après Pellet (4)	
Sulfite de calcium.....	59.6	22.4	26.4	19.8	13.5	
Sulfate de calcium.....	13.0	0.6	0.8	5.8	6.5	
Polarisation.....	20.0	55.3	48.2	48.0	59.3	
Silice et insoluble.....	7.4	5.6	4.6	5.5	2.8	
Matières organiques...	»	9.9	20.0	20.9	17.9	
Divers.....	»	6.2				
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
				Environ 16 O/O de Fe ² O ³ .Al ² O ³ et traces de P ² O ⁵	3.9 O/O Fe ² O ³ .Al ² O ³	

305. Cuite. — Cristallisation. — Mélassigénie. — Les sirops sulfités ou non, dans tous les cas filtrés aussi parfaitement que possible, sont dirigés vers l'appareil à cuire en grains dans lequel s'effectuera une première séparation du sucre à l'état cristallisé. Pour que cette cristallisation puisse s'effectuer il faut enlever au sirop une partie de son eau, c'est-à-dire lui donner une composition telle que le sucre et l'eau s'y trouvent dans un rapport supérieur à celui qui existe dans les solutions saturées à la température considérée.

La température élevée à laquelle sont soumis les éléments du sirop a évidemment pour conséquence de permettre aux réactions chimiques commencées pendant l'évaporation des jus de se continuer et de se compléter ; ces réactions — décompositions des matières azotées, modifications des matières colorantes, destruction du sucre, etc. — sont toujours du même ordre ; elles n'étaient pas terminées quand les sirops sont sortis de l'appareil.

(1) Drenkmann, *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 355, 1900 d'ap. *Verein Dtsch. Zuckerind.* 1900.

(2) J. Weisberg. *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 505, 1896.

(3) E. Gravier. *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 581, 1896.

(4) H. Pellet. *Bl. sucr. et dist.*, 15, p. 702, 1897.

reil d'évaporation et elles se continueront aussi longtemps que les conditions nécessaires seront réalisées. C'est ainsi que l'on constate encore un dégagement d'ammoniaque plus ou moins abondant, une augmentation relative de la coloration et des destructions de sucre dont l'importance varie avec la température à laquelle se produit l'ébullition, le temps pendant lequel les solutions y restent exposées et surtout avec la composition des liquides.

Nous avons dit tout à l'heure que la composition du sirop — au moins en ce qui concerne l'eau et le sucre — était modifiée pour permettre au sucre de se séparer par cristallisation ; par une suite d'opérations dans le détail desquelles nous n'avons pas à entrer ici, on arrive à avoir un mélange de cristaux de sucre et d'eau-mère saturée et même sursaturée de sucre pour la température considérée.

La consistance de la masse devient telle que la séparation du sucre cristallisé s'impose ; on obtient ainsi d'une part, une partie du produit fabriqué et d'autre part l'eau mère. Il est évident que si cette dernière était une simple solution de sucre dans l'eau, il suffirait de renouveler l'opération précédente un assez grand nombre de fois pour que finalement la quantité d'eau mère soit si minime qu'on puisse considérer l'extraction comme complète ; il en est tout autrement dans la réalité. Nous savons que les sirops contiennent une proportion notable de non-sucres ; ceux-ci s'accablent dans l'eau mère. L'élément dominant des sirops étant le saccharose, c'est pour ce corps que les solutions sont le plus vite saturées et c'est donc lui qui s'éliminera le premier. Mais sa proportion diminuant tandis que celle des non-sucres augmente, il arrivera forcément un moment où la solution sera saturée pour certains non-sucres cristallisables et où ces derniers se sépareront aussi de l'eau mère. On n'arrive jamais à ce point en pratique, car avant ce moment l'eau mère a acquis des propriétés telles que l'on ne peut plus en extraire le sucre *par cristallisation*, même à l'aide des procédés les plus perfectionnés.

Après un nombre de cristallisations variable avec le mode de travail adopté, on arrive à une eau mère qui contient en réalité plus de sucre que l'eau n'en peut dissoudre ; le même phénomène se produit aussi pour certains sels qui existent alors en quantité supérieure à leur coefficient de saturation. La solution est donc en réalité sursaturée de sucre et de sels et cependant, même par un repos prolongé dans des conditions aussi favorables que possible, il ne se sépare ni saccharose ni sels à l'état cristallisé. Ce liquide constitue la *mélasse* et nous n'en donnerons une définition plus exacte qu'après avoir étudié, d'après les travaux exécutés sur cette question, à quelles causes on peut attribuer les propriétés spéciales qui le caractérisent.

Comme nous l'avons déjà dit dans notre avant-propos, nous puisons

cette partie de notre ouvrage dans les remarquables publications (1) de M. le professeur E. O. v. Lippmann, complétées autant que nous l'avons pu d'après les travaux publiés récemment.

Pour la facile compréhension de ce qui va suivre, disons tout d'abord ce que l'on entend par *force* ou *pouvoir mélassigène*. La présence de certains corps dans une solution sucrée permet à celle-ci de dissoudre une quantité de sucre supérieure à celle que renfermerait une solution pure pour la même quantité d'eau, sans que pourtant la solution mixte soit réellement sursaturée ; c'est-à-dire que les agents physiques qui dans les solutions pures ont la faculté de détruire l'état de sursaturation et de provoquer la séparation du corps dissous, sont sans action sur ces solutions mixtes ; la quantité plus ou moins grande de sucre ainsi retenue en dissolution, en excès sur le chiffre de saturation normale, donne la mesure de la *force* ou du *pouvoir mélassigène* du corps considéré.

Certains auteurs ont attribué la même influence à des forces physiques, par exemple la sursaturation réelle, la viscosité, etc.

L'importance de cette question a fait éclore de nombreux travaux et théories ayant pour but de déterminer l'influence des combinaisons minérales ou organiques en dissolution dans les liquides sucrés, sur la formation de la mélasse et la force mélassigène qui se manifeste par la faculté qu'a la substance considérée d'empêcher le saccharose de cristalliser. Autrefois on considérait le sucre inverti comme le principal corps mélassigène et cette opinion ne fut ébranlée que lorsque Dubrunfaut et Pelouze (2) eurent démontré que les mélasses alcalines de sucrerie de betteraves ne contiennent que du saccharose. Depuis on n'attribue un rôle essentiel au sucre inverti que pour les mélasses des sucreries coloniales, dans lesquelles il aurait la propriété d'invertir constamment de nouveau saccharose, comme par une sorte de fermentation, et de rendre ainsi ce sucre incristallisable. On s'est efforcé de suivre cette inversion par l'établissement d'un coefficient glycosique, mais on ne peut réellement attribuer à cette valeur une signification générale ; des circonstances accessoires (alcalinité, température, concentration) ont une influence considérable et de plus il ressort des travaux de Gunning (3), Grobert (4), Durin (5) et Flourens (6), qu'en réalité le sucre inverti ne possède pas cette propriété pseudo-fermentative. Des essais synthétiques de Prinsen

(1) E. O. v. Lippmann, *Die Chemie der Zuckerarten*. Brunswick, 1895 pp. 646, 755 et 1111. — *Die Entwicklung der Deutschen Zuckerindustrie von 1850 bis 1900*, Leipzig 1900, p. 280.

(2) Dubrunfaut et Pelouze, *A. Ch.*, 47, p. 411.

(3) Gunning, *J. fabr. sucre*, 18, p. 33.

(4) Grobert, *J. fabr. sucre*, 20, p. 18.

(5) Durin, *J. fabr. sucre*, 19, p. 47 et 20, p. 43.

(6) Flourens, *J. fabr. sucre*, 20, p. 40 et *Sucrerie indigène*, 35, p. 215, 1890.

Geerligs (1) exécutés avec des mélanges de sucres réducteurs d'eau et de saccharose dans les proportions de 100 parties de saccharose pour 0 à 100 parties de sucre inverti, il ressort que ce dernier n'est pas mélassigène par lui-même et qu'en combinaison avec des sels il ne retient pas en solution un excès de saccharose et n'influe pas sur la cristallisation. Le sucre inverti ne favorise la formation de la mélasse que si, existant en faible quantité dans une solution trop peu alcaline, il s'oxyde graduellement, se transforme en acides qui, dans certaines conditions, reforment du sucre inverti ; ce dernier subit la même oxydation, une nouvelle inversion peut se produire ; d'autre part, comme l'ont observé Ladureau (2) et Herzfeld (3), les solutions contenant du sucre inverti, surtout si elles sont diluées, sont fortement exposées à l'infection par les spores des microorganismes quand on les laisse à l'air libre et le développement de ces spores peut être accompagné d'une inversion énergique. Parmi les causes physiques de la formation de la mélasse il faut d'après Feltz (4), et aussi d'après Champion et Pellet (5), considérer tout particulièrement l'augmentation de la viscosité des solutions sucrées causée par de nombreux corps, notamment par ceux qui ne cristallisent que difficilement ou sont incristallisables ; cet état physique spécial s'oppose ou empêche complètement la réunion, par voie mécanique, des molécules de sucre aux cristaux. Cependant d'autres auteurs, Anthon par exemple (6), attribuent plus spécialement la formation de la mélasse au phénomène de la sursaturation. Anthon a cru se convaincre par l'expérience suivante que la mélasse est une solution de sucre sursaturée ; une certaine quantité de mélasse contenue dans une éprouvette fut recouverte d'une solution saturée de sucre pur en évitant tout mélange et on laissa les choses ainsi quelque temps ; les non-sucres de la mélasse montèrent lentement dans la couche supérieure en lui communiquant une teinte foncée, tandis que dans la couche inférieure, le sucre primitivement dissous se séparait à l'état cristallisé. Nous reviendrons tout à l'heure sur la signification exacte de ce phénomène.

En opposition à ces théories qui s'appuient sur des phénomènes physiques, Gunning (7) attribue la formation de la mélasse à un phénomène essentiellement chimique. L'alcool fort mis en contact avec des cristaux de sucre n'a sur eux aucun pouvoir dissolvant, mais dès que l'alcool contient certaines substances organiques, notamment des sels organiques de potassium, le sucre se dissout immédiatement ; il se forme des sirops vis-

(1) Prinsen Geerligs, *Ch. Ztg. R.* 16, p. 280.

(2) Ladureau, *Zeits. f. Rübenzuckerind. d. D. R.* 36, p. 126, 1886.

(3) Herzfeld, *Zeits. f. Rübenzuckerind. d. D. R.* 35, p. 967, 1885.

(4) Feltz, *J. fab. sucre* 10, n. 51.

(5) Champion et Pellet, *J. fab. sucre* 19, n. 13.

(6) Anthon, *Oest. Ungarische Z.* 3, p. 414.

(7) Gunning, *Oest. Ungarische z.*, 7, p. 356.

queux, non cristallisables, très solubles dans l'eau, l'alcool éthylique et méthylique qu'on ne peut séparer complètement des dissolvants et dont on ne peut plus extraire le sucre directement : ces sirops semblent être constitués par des combinaisons doubles du sucrate de potassium avec les sels alcalins d'un grand nombre d'acides organiques, par ex. l'acide tartrique, l'acide malique, l'acide succinique, l'acide glutamique, l'acide aspartique, l'acide formique, l'acide acétique, l'acide valérianique, l'acide butyrique, etc. ; ces acides existent tous dans la mélasse. Les alcalis contenus dans la mélasse sont donc combinés, partie au sucre, partie aux acides organiques, et pour cette répartition on pourrait admettre aussi la loi formulée par Berthelot pour la répartition d'une base dans un mélange de plusieurs acides (1).

Comme les combinaisons doubles du sucrate de potassium et des sels organiques alcalins sont décomposées en grande partie par la dialyse, on peut aussi, d'après la théorie de Gunning, voir un phénomène chimique dans le désucrage des mélasses par le procédé d'osmose de Dubrunfaut (2) ; les avis des auteurs sont encore du reste très partagés sur la manière dont se comportent à la dialyse les sels doubles (qu'on ne doit pas identifier aux sels complexes) en solutions de concentrations différentes (3).

Dubrunfaut donna le premier des circonstances qui occasionnent la formation de la mélasse, une explication qui tenait compte à la fois des influences chimiques et physiques ; cependant il ne put toujours étayer suffisamment ses conceptions fondamentales, tout exactes qu'elles fussent ; d'un côté, il négligeait les conditions quantitatives, d'autre part il cherchait à attribuer un rôle spécial aux sels minéraux, et parmi ces derniers à certains corps bien cristallisables ; les contradictions et les obscurités qui en résultaient diminuaient la valeur de ses doctrines et les firent tomber dans un oubli immérité. Dubrunfaut établit sa théorie d'après des recherches sur des mélasses de betterave qui, comme il le constatait tout d'abord, contenaient plus de sucre que la quantité correspondante au pouvoir dissolvant de l'eau de ces mélasses.

D'après lui, il faut chercher la cause de ce phénomène remarquable en ce que le sucre et le non-sucre influencent réciproquement leur solubilité dans un sens positif ; il y a d'une part des influences physiques, d'autre part la facilité avec laquelle le sucre et le non-sucre forment des combinaisons doubles facilement solubles. En fait, Dubrunfaut parvint

(1) Degener, *Zeits. f. Rübenzuckerind. d. D. R.* 31, p. 505, 1851.

(2) Lippmann. *Ch. Ztg. R.* 12, p. 121. — Wulef, *Zeits., f. Rübenzuckerind. d. D. R.* 38, p. 226, 1888.

(3) Voyez par exemple Rüdorff. *B.* 18, p. 1159 ; 21, p. 4 et 1882 ; 23, p. 1846. — Kistiakowski. *Ph. Ch.* 6, p. 121. — Ostwald. *Ph. Ch.* 3, p. 600. — Gerlach. *Fr.* 28, p. 466.

à démontrer que les solutions de beaucoup de sels peuvent dissoudre plus de sucre que l'eau seule n'en dissoudrait et que d'autre part, les solutions sucrées saturées de beaucoup de sels en dissolvent aussi une bien plus grande quantité que celle qui correspond à leur teneur en eau, par exemple, plus que le double avec le chlorure de sodium.

Ces observations conduisirent Dubrunfaut à déterminer la *force mélassigène* des différents non-sucre, notamment des sels, mais ici il se heurta, par suite de l'insuffisance ou de la signification erronée qu'il attribuait à ses essais, à des contradictions sérieuses qu'il ne parvint pas à atténuer par différentes hypothèses secondaires. Dans cet ordre d'idées, ses successeurs ne réussirent pas mieux ; Michaelis (1) et Weiler (2) ne considéraient comme corps mélassigènes que les sels organiques alcalins, ils déniaient toute influence analogue aux chlorures et nitrates alcalins ; mais Lagrange (3), d'après des essais exécutés en grand, considère les sels suivants comme nuisibles pour la cristallisation et dit que :

1	partie de chlorure de sodium empêche la cristallisation de	0.0	p. de sucre
»	chlorure de calcium	»	» 0.5 »
»	sulfate de sodium	»	» 2 0 »
»	chlorure de potassium	»	» 3.0 »
»	sulfate de potassium	»	» 3.5 »
»	carbonate de sodium	»	» 3.5 »
»	carbonate de potassium	»	» 3.5 »
»	phosphate de sodium	»	» 5.0 »
»	nitrate de potassium	»	» 5.5 »
»	nitrate de sodium	»	» 6.5 »

Feltz (4) constata de nouveau qu'une addition de 15 p. c. de chlorure de sodium, de nitrate de potassium, de chlorure de calcium et d'oxalate d'ammonium, ensemble ou isolés, n'empêche en aucune manière la cristallisation. Enfin, d'après des essais très complets, Marschall (5) conclut que l'on doit diviser les non sucres en trois classes :

1^o Les corps *indifférents* tels que le chlorure de sodium, le carbonate de sodium, l'hydrate de calcium ainsi que l'oxalate, le citrate et l'aspartate de sodium.

2^o Les corps *mélassigènes positifs* pour lesquels on ne peut du reste fixer aucune valeur constante ; à cette classe appartient par exemple les hydrates de sodium et de potassium, le chlorure de potassium, le carbonate

(1) Michaelis. *Zeits. f. Rübenzuckerind., d. D. R., 1*, p. 114, 1851.

(2) Weiler. *Zeits. f. Rübenzuckerind., d. D. R., 9*, p. 226, 1859.

(3) Lagrange. *Sucrierie indigène*, 10, p. 11, 1877.

(4) Feltz, *J. fab. sucre*, 10, p. 51.

(5) Marschall. *Z. f. Rübenzuckerind., d. D. R., 20*, pp. 328 et 619, 1870, 21, p. 57, 1871 ; 23, p. 218, 1873.

de potassium, le sulfate de potassium, le nitrate de potassium et les sels organiques potassiques.

3° Les corps *mélassigènes négatifs*, c'est-à-dire les corps qui précipitent le sucre de ses solutions, par ex. le chlorure de calcium, le chlorure de magnésium, le sulfate de calcium, le sulfate de magnésium, le nitrate de calcium, le nitrate de magnésium, les sels de sodium et de magnésium des acides acétique, butyrique, valérianique, citrique et tartrique et enfin la bétanine ; c'est ainsi, par exemple, que 1 partie de nitrate de calcium sépare 4 fois son poids de sucre, 1 p. de chlorure de calcium 7,5 fois son poids, 1 partie de sulfate de magnésium 10 fois et 1 partie de chlorure de magnésium 17 fois.

Williamson (1), Durin (2) et Nugues (3) sont arrivés à des résultats analogues. Ce dernier classe dans les corps mélassigènes positifs les hydrates de potassium et de sodium, les carbonates de potassium et de sodium et le salpêtre ; dans les corps non mélassigènes, les chlorures de potassium et de sodium, les sels potassiques et sodiques des acides sulfurique, acétique, lactique et glycinique, le nitrate de calcium, le chlorure de calcium ainsi que les sels calciques des acides acétique, lactique et glycinique.

Ni Feltz, ni Marschall, ni Nugues n'ont employé de grandes quantités de sels modifiant réellement la solubilité du sucre ; d'autre part ils n'ont pas accordé assez d'attention à l'influence de la concentration, bien qu'il existât déjà certains travaux sur le rôle important joué par celle-ci ; d'après Anthon quand on dissout peu de chlorure de calcium dans une solution concentrée froide, le sucre se précipite, mais si l'on dissout beaucoup de chlorure de calcium, même dans une solution sucrée bouillante, il cristallise et ne peut être maintenu en dissolution qu'en ajoutant de nouvelles quantités de sucre.

Herzfeld (4) fit de nouveaux essais en tenant compte de ces relations quantitatives ; il étudia l'influence des chlorures de potassium, de sodium, de magnésium et de calcium, des nitrates de potassium, de magnésium et de calcium, des sulfates de potassium, de magnésium et d'oxydure de fer, des carbonates de potassium et de sodium, des acétates de potassium, de magnésium et de calcium, des aspartates de potassium et de calcium, du lactate, du butyrate et du malate de potassium, du chlorhydrate de triméthylamine, du raffinose, de la dextrane, de l'albumine, de la gomme arabique, de la dextrine et de la pectine, ainsi que celle des non-sucre des mélasses fermentées et non fermentées et enfin des mélanges salins sui-

(1) Williamson, *B.*, 2, p. 64.

(2) Durin, *C. R.*, 1873, p. 621.

(3) Nugues, *Sucrierie indigène*, 39, p. 526, 1892.

(4) Herzfeld, *Zeits. f. Rubenzuckerind. d. D. R.*, 42, pp. 182, 240, 1892.

vants : 20 gr. de nitrate, de citrate et d'aspartate de potassium, 40 gr. de chlorure de sodium, de tartrate et de glyconate de potassium et 40 gr. de lactate et d'acétate de potassium. Tous ces corps furent mis en contact à la température de 30°, dans des appareils spéciaux et en observant toutes les précautions voulues, avec des solutions sucrées non saturées et sursaturées ; on constata tout d'abord que les propriétés mélassigènes, même pour une seule substance, varient d'après les quantités et qu'elles ne peuvent donc être représentées par un coefficient unique. Conformément aux observations de Dabrunfaut et aux théories de Nernst (1) et Bodländer (2), la solubilité du sucre est diminuée par l'addition de petites quantités des différents sels et non-sucres, mais augmentée par l'addition de grandes quantités ; les corps qui donnent les plus fortes séparations sont ceux qui retiennent beaucoup d'eau de cristallisation (et enlèvent à cette dernière son pouvoir dissolvant) ; les sels organiques facilement solubles, par exemple l'acétate de potassium, ont le plus grand pouvoir mélassigène. Les mélanges salins donnent des résultats tout à fait analogues, pourtant chaque élément agit alors comme s'il existait seul en quantité équivalente au poids total et il suffit par conséquent d'une très faible quantité de sel très soluble pour augmenter notablement la solubilité du sucre, particulièrement en solution concentrée. Dans ce dernier cas les sels inorganiques dissolvent aussi le sucre, de sorte que la notion du corps mélassigène négatif selon Marschall ne peut être généralement exacte ; au contraire, comme Lippmann l'avait déjà indiqué en 1882, tous les non-sucres prennent part à la formation de la mélasse d'une manière variable. Comme le sucre est plus soluble dans la solution des non-sucres de la mélasse que dans la quantité d'eau pure correspondante, on s'explique bien pourquoi la mélasse contient plus de sucre que la quantité d'eau existante n'en dissout normalement ; on n'a pas affaire à une solution aqueuse de sucre sursaturée mais à une solution de non-sucres saturée de sucre. Modifie-t-on la composition en éliminant une partie du non-sucre, la solubilité du sucre est aussitôt diminuée et une partie de celui-ci se sépare à l'état cristallisé ; ainsi s'explique très simplement l'expérience de Anthon ci-dessus mentionnée. Si le sucre était retenu dans la mélasse par un phénomène de sursaturation, on pourrait le séparer en détruisant cet état physique, par exemple par addition d'eau ; mais si on ajoute à une mélasse assez d'eau pour que le rapport entre l'eau et le sucre devienne égal à celui qui existe dans une solution pure saturée à la même température, la solution obtenue peut dissoudre de nouvelles quantités de sucre ; si l'on ajoute plus d'eau, le pouvoir dissolvant se rapproche de celui de l'eau pure et finalement, par une plus forte dilution, il tombe au-dessous

(1) Nernst, *Ph. ch.*, 4, p. 372.

(2) Bodländer, *Ph. ch.*, 7, p. 308.

de la normale, car alors l'action spéciale des petites quantités de non-sucre entre en fonction. Par conséquent si le sucre ne peut être extrait de la mélasse par cristallisation, ce n'est ni par suite d'un état de sursaturation ni seulement par sa viscosité, mais surtout parce qu'à mesure que la concentration augmente le pouvoir dissolvant des non-sucre pour le sucre augmente également. Mais inversement, ainsi que Dubrunfaut et Durin l'avaient déjà indiqué, la présence du sucre augmente aussi la solubilité du non-sucre et par conséquent les sels cristallisables tels que le chlorure de potassium et le salpêtre ne se séparent jamais spontanément de la mélasse ; ce phénomène se produit quand on a séparé une partie du sucre — par exemple au moyen du procédé d'osmose de Dubrunfaut — et que l'on évapore jusqu'à la concentration originale. En dehors du sucre, d'autres éléments de la mélasse agissent également en augmentant la solubilité du non sucre ; tels sont les sels potassiques de l'acide citrique, de l'acide tartrique et d'autres acides organiques ; dans tous ces phénomènes la température joue aussi un rôle considérable que des recherches plus complètes devront déterminer.

Prinsen-Geerligs (1), en même temps que Herzfeld et indépendamment de ce dernier, parvint aux mêmes conclusions sur la nature de la formation de la mélasse ; s'appuyant sur ces constatations, il put expliquer pourquoi les mélasses de sucrerie de betterave se comportent différemment des mélasses coloniales. Dans celles-ci il y a moins de sucre que n'en exigerait le pouvoir dissolvant de l'eau qu'elles contiennent, et même si on les met en contact de fragments de candies, elles abandonnent encore un peu de sucre. Ce phénomène ne peut être causé par la présence seule du sucre inverti ni par celle des sels ; la présence simultanée de sucre inverti et de sels (notamment des sels organiques de potassium) donne facilement et très rapidement naissance à des combinaisons particulières, visqueuses et sirupeuses qui sont analogues à celles de Gunning, retiennent beaucoup d'eau et ne peuvent plus dissoudre autant de saccharose qu'à l'état libre. La solubilité du sucre est ainsi diminuée.

La quantité de combinaison anti-mélassigène formée semble dépendre de la nature des sels potassiques présents. Quand on ajoute des sels, à une solution sucrée, il y a transposition partielle, il se forme un sucrate et il y a de l'acide mis en liberté ; avec les sels des acides forts, par exemple le sulfate de potassium, cette transposition est presque insensible, mais pour les sels à acides faibles, par exemple l'acétate de potassium, elle est bien plus nette. S'il ne se forme que peu de sucrate avide d'eau, l'action antimélassigène est faible. Quand il y a plus de sucre inverti ou certains de ses produits de décomposition (par exemple le caramel), les sels organiques ont une action bien plus énergique.

(1) Prinsen-Geerligs, *Ch. Ztg. R.* 16, p. 280.

La théorie de Gunning diffère de la précédente en ce sens que cet auteur ne suppose pas toutes les bases combinées au saccharose ou au sucre inverti, mais qu'il admet un état d'équilibre entre le sucre (ou le sucre inverti) et les sels et qu'il le considère comme suffisant pour expliquer la formation de la mélasse. Si cet équilibre est détruit, par exemple par la séparation d'une partie des sels, le phénomène ne peut plus persister et ainsi s'explique, comme nous l'avons dit, l'action du procédé d'osmose de Dubrunfaut.

Parmi les éléments des mélasses de betterave, le raffinose et quelques sels calciques ont été étudiés de plus près. Le raffinose qui retient 5 molécules d'eau de cristallisation suit en général, d'après Herzfeld, les lois établies par lui, mais dans les hautes concentrations, elle est plus faiblement mélassigène que les autres substances étudiées (voyez précédemment); les observations pratiques de Lippmann et Reichardt (1) concordent avec les expériences de Herzfeld et l'avis contraire de Tollens (2) doit donc être rapporté. Aulard (3) est même d'avis que le raffinose favorise la cristallisation du sucre car dans un produit final d'un travail ininterrompu pendant 8 ans, de désucrage des mélasses, il obtint du sucre bien cristallisé et une mélasse qui avec beaucoup de raffinose et de non-sucres, ne contenait qu'environ la moitié du sucre nécessaire à la saturation de la teneur en eau; on pourrait reprendre ici, pour l'explication de ce fait, les conclusions de Prinsen-Geerligns sur l'action simultanée du sucre inverti et des sels.

Aulard (4) a récemment confirmé ses premières conclusions et les a même étendues aux sucres réducteurs contenues dans les mélasses (particulièrement dans les mélasses coloniales) ainsi qu'au maltose et au glucose (5). Aulard a pris pour ses essais des sirops de maltoserie et de glucoserie et nous n'avons pas à tenir compte ici des conclusions qui concernent ces produits, car ils n'existent pas normalement dans les sirops de betterave. Le même auteur attribue exclusivement à la viscosité la formation de la mélasse et Weisberg (6) a appuyé cette opinion.

Aulard et Nugues (7) ont déjà montré que les sels de chaux, qui, eux aussi, retiennent beaucoup d'eau, sont souvent beaucoup moins mélassigènes et gênants pour la cristallisation qu'on ne l'admet habituellement.

(1) Lippmann et Reichardt, *Zeits. f. Rubenzuckerind. d. D. R.*, 41, p. 523, 1891

(2) Tollens, *Zeits. f. Rubenzuckerind. d. D. R.*, 35, p. 591, 1885.

(3) A. Aulard, *Bull. Assoc. belge chim.* 6; p. 24, 1892.

(4) A. Aulard, *Bericht über den III. internationalen Congress f. angew. Chemie* 2, p. 390, 1899.

(5) Ce que l'auteur désigne ici sous le nom de glucose doit à notre avis, porter le nom de dextrose.

(6) J. Weisberg *Bericht über den III. internationalen Congress angew. Chemie*, 2 p., 406, 1899.

(7) Nugues, *Sucrierie indigène*, 39, p. 526, 1892.

Herzfeld (1) a étudié ceux que l'on considère comme les plus dangereux, c'est-à-dire ceux qui prennent naissance par l'ébullition du caramel et du sucre inverti avec la chaux. Tandis que 20 parties d'eau à 23° c. dissolvent 44 parties de sucre, en présence de 29,51-81,14 et 51,93 de non-sucre total (provenant du sucre inverti), il ne se dissout plus que 29,13-36,84 et 40,46 de sucre ; avec 87,1-17,7-7,96 de non sucre total) provenant du caramel) il ne se dissout que 27,73-36,48 et 40,18 de sucre ; ces combinaisons calciques précipitent donc beaucoup de sucre.

La quantité d'eau combinée par les sels n'étant pas connue (comme pour le raffinose), on ne peut savoir si les propriétés mélassigènes apparaissent aux concentrations élevées de ces sels ; il est certain que ces propriétés ne sauraient être que peu prononcées, qu'au point de vue pratique elles seraient sans importance et que la présence de ces substances serait indifférente si elles n'avaient d'autres inconvénients dans le travail (rétrogradation de l'alcalinité, acidification, inversion, formation de pellicules et de croûtes sur les égoûts).

La glycérine dont la constitution sirupeuse et visqueuse pouvait faire croire qu'elle était un corps mélassigène positif, a au contraire des propriétés négatives très marquées (Herzfeld (2), Strohmmer et Stift (3) ; on n'a pas encore recherché si c'est l'insolubilité du sucre dans la glycérine pure qui est ici en jeu.

Schukow (4) a étudié l'influence de la température et de la concentration sur la solubilité du sucre dans les solutions de non-sucre. D'accord avec Herzfeld il a constaté qu'à 30° pour les faibles concentrations on a diminution de la solubilité jusqu'à une certaine richesse, variable avec les sels, mais que la solubilité dépasse la normale pour les concentrations élevées ; seul, le nitrate de potassium agirait toujours comme antimélassigène. A 50° on constate encore pour les chlorures de calcium et de sodium une diminution de solubilité pour les faibles concentrations ; pour le chlorure de potassium, le nitrate et le bromure de potassium, la solubilité aux faibles concentrations reste dans le voisinage de celle de l'eau pure, puis la solubilité augmente comme à basse température ; pour le nitrate de potassium cette augmentation reste très minime.

A 70° il n'y a que le chlorure de calcium qui, aux faibles concentrations, diminue encore la solubilité du sucre.

Si on compare les courbes d'un même sel pour différentes températures, on constate que l'augmentation de solubilité apparaît plus vite avec la con-

(1) Herzfeld, *Zeits. f. Rübenzuckerind. d. D. R.*, 42, p. 768, 1892.

(2) Herzfeld, *Zeits. f. Rübenzuckerind. d. D. R.*, 44, p. 504, 1894.

(3) Strohmmer et Stift, *Oest. Ungarische Z.* 24, p. 56.

(4) J. Schukow, *Verein Dtsch. Zuckerind.*, 50, p. 291, 1900 et *Bl. suc. et dist.*, 17, p. 338, 1900.

centration, à mesure que la température s'élève. Pour les faibles concentrations c'est le chlorure de potassium qui augmente le plus la solubilité ; viennent ensuite le bromure de potassium puis le chlorure de sodium ; par contre pour les concentrations élevées c'est le chlorure de sodium qui est le plus mélassigène.

Relativement à l'explication de ces phénomènes, Schukow a remarqué que pour les trois températures considérées, le moment où le chlorure de calcium diminue le plus la solubilité est celui où le sel et le sucre se trouvent dans le rapport $\text{CaCl}_2 : 3\text{C}^{12}\text{H}^{22}\text{O}^{11}$. Pour le chlorure de sodium les points correspondants pour les températures de 30 et 50° se trouvent dans le voisinage du rapport $\text{NaCl} : 4\text{C}^{12}\text{H}^{22}\text{O}^{11}$. L'auteur prétend également avoir observé que l'action du sel est d'autant plus sensible que sa grandeur moléculaire est moindre, c'est-à-dire lorsque pour un même poids il y a un plus grand nombre de molécules.

Avec un résidu de désucrage des mélasses Schukowa également constaté que l'élévation de la température fait rétrograder le point critique auquel les non-sucres cessent d'agir comme anti-mélassigènes, mais il faut toujours une plus grande accumulation de non-sucre pour avoir augmentation de solubilité ; l'auteur cherche à expliquer ce fait par l'hypothèse de l'existence de combinaisons qui diminuent toujours la solubilité du sucre et, de combinaisons indifférentes qui neutralisent en partie l'action des autres non-sucres ; enfin, les sels organiques ayant un poids moléculaire élevé il y a ainsi un plus petit nombre de molécules et le retard viendrait en confirmation de l'hypothèse ci-dessus.

D'après Durin (1) et Degener (2), la température augmente l'action mélassigène du non sucre, non seulement d'une manière directe, mais aussi indirectement par l'augmentation de la viscosité.

D'après Claassen (3) la viscosité peut ralentir la cristallisation mais non l'empêcher et ne joue par conséquent aucun rôle dans la formation de la mélasse, lorsque le sucre et le non-sucre restent dans le même état d'équilibre à toutes les concentrations.

Köhler (4) a refait en partie les essais de Herzfeld et les a généralement confirmés ; il a trouvé que l'action la plus défavorable, au point de vue mélassigène, provient des organates de potasse tels que l'acétate, le butyrate, le citrate, ainsi que le carbonate de potasse, tandis que les sels de soude et les sels de potasse inorganiques n'augmentent que peu la solubilité du sucre. Quelques sels tels que le sulfate de soude, le chlorure de calcium et le sulfate de magnésie laissent le sucre cristalliser en quantité

(1) *Zeits. f. Rübenzuckerind., d. D. R.*, 42, p. 187, 1892.

(2) *Id.*, 46, p. 533, 1896 et *Circ. hebdom.*, n° 594, 1896.

(3) *Id.*, 48, p. 733, 1898.

(4) Köhler, *Deutsch. Zuckerind.*, 22, 1897 et *Bl. suc. et dist.* 15, p. 644, 1898.

notable. Les sels mélassigènes immobilisent d'autant plus de sucre que leur quantité est plus grande. Certains sels sont plus solubles dans les solutions sucrées que dans l'eau (chlorure de potassium, carbonate de sodium acétate de potassium, citrate de potassium, chlorure de sodium, carbonate de sodium, acétate de sodium) tandis que d'autres sont moins solubles (sulfate de potassium, nitrate de potassium, sulfate de sodium, acétate de calcium, chlorure de calcium, sulfate de magnésium) ; les sels moins solubles sont aussi ceux qui ont peu d'influence sur le coefficient de solubilité du sucre. Il y a encore des faits curieux en ce qui concerne la solubilité du sucre en présence du chlorure de calcium et du sulfate de magnésium ; il semblerait que ces sels retiendraient, même en dissolution, une partie de leur eau de cristallisation et que cette dernière ne pourrait, par suite, dissoudre le sucre.

D'après Sidersky (1) à 17° c. les sulfites, respectivement les bisulfites, ajoutés en petites quantités favorisent la cristallisation, c'est-à-dire qu'ils sont anti-mélassigènes ; à grandes doses, ils sont indifférents et leur action mélassigène se fait à peine sentir quand on ajoute près de 12 gr. d'un mélange de 2 parties de sulfite de potassium et 1 partie de sulfite de sodium à 50 cc. de claire. Les bisulfites sont plus anti-mélassigènes que les sulfites correspondants. Ces propriétés expliquent, dans une certaine mesure, l'avantage qu'il y a à transformer les alcalis libres, respectivement les sucrates, et les carbonates alcalins en sulfites.

Les travaux de Claassen (2) ont apporté des indications précises en ce qui concerne l'influence du non-sucre des sirops de sucrerie de betterave sur la solubilité du sucre ; cet auteur exprime cette influence par l'augmentation de la quantité de sucre retenue en dissolution en excès sur la quantité normale. Cette augmentation serait sensiblement constante quand le rapport des matières organiques aux cendres reste à peu près le même et que les opérations de l'épuration ont été bien faites ; il y a exception en présence des sels de chaux et de quantités anormales de raffinose. Quand le quotient de pureté est supérieur à 70, à basse température, le non-sucre agit comme précipitant, tandis qu'à haute température il y a influence mélassigène. La température augmente d'autant plus l'action mélassigène que le sirop est plus impur. Pour les puretés inférieures à 70° et pour une même température, l'action mélassigène est d'autant plus forte que la pureté est plus basse. Claassen a indiqué pour la température de 50-60°, qui est celle où se termine généralement la cristallisation industrielle, les coefficients de saturation suivants ; ces

(1) D. Sidersky, *Mémoire sur l'acide sulfureux en sucrerie*. Brochure du Syndicat des fab. de sucre, 1899, p. 59.

(2) H. Claassen, *Die Zucker-Fabrikation*, p. 221 et suivantes.

valeurs expriment la saturation de l'eau des égouts par rapport à l'eau dans les solutions pures.

Dans un sirop saturé à	75	de pureté le coefficient de saturation =	1.0
»	»	75.70	» » » = 1.0-1.05
»	»	70.65	» » » = 1.05-1.10
»	»	65.60	» » » = 1.10-1.25
»	au dessous de	60	» » » = 1.3

Pour une même pureté, à mesure que la température baisse, le coefficient de saturation diminue c'est-à-dire que l'action mélassigène du non-sucre est moindre.

Après avoir admis la sursaturation des égouts indiquée par Claassen, Horsin-Déon (1) a écrit que la sursaturation apparente des mélasses et égouts n'est qu'un fait anormal et qu'on doit chercher à le faire disparaître par un bon travail (2). Admettre cette théorie c'est dénier toute signification aux travaux que nous avons résumés précédemment ; du reste Claassen (3) a fait remarquer que Horsin-Déon n'appuie pas son opinion sur des expériences spéciales, mais seulement sur des analyses de mélasses assez incertaines recueillies de côté et d'autre.

D'après le bilan d'un travail industriel en raffinerie, D. Sidersky (4) a conclu que le sucre caramélisé pendant la cuite a un pouvoir mélassigène égal à l'unité, c'est-à-dire que le sucéré détruit par la chaleur, immobilise son propre poids de sucre à l'état de mélasse, mais Weisberg (5) a montré que les conclusions de Sidersky ne sont pas suffisamment appuyées par les données industrielles fournies.

La plupart des auteurs attribuent un rôle important à la viscosité pour la cristallisation du sucre, cependant au point de vue quantitatif on ne connaît encore rien de réellement précis sur les effets de cette force physique.

De tout ce qui précède nous pouvons donc conclure avec V. Lippmann (6), que la mélasse est une solution de sucre et de non-sucres qui après reconcentration convenable ne peut plus donner de sucre par cristallisation. D'après Claassen (7) une mélasse, au sens exact du mot, peut être concentrée aussi loin qu'on voudra, même jusqu'à siccité sans que le sucre s'en sépare à l'état cristallisé.

Quelle doit être la composition de la mélasse ? Il serait absolument

(1) P. Horsin-Déon, *Bt. Synd. f. s.*, n. 32, 1900.

(2) P. Horsin-Déon, *Sucrierie indigène*, 56, p. 199, 1900.

(3) H. Claassen, *Sucrierie indigène*, 56, p. 325, 1900.

(4) D. Sidersky, *Bt. Synd. f. s.*, n. 32, 1900.

(5) *J. fab. sucre*, 41, n. 24.

(6) E. O. v. Lippmann, *Bericht über den III. internationalen Congress f. ang. Chemie*, 1, p. 40, 1899.

(7) H. Claassen, *Die Zucker-Fabrikation*, p. 221.

irrationnel de vouloir la fixer, car il est bien évident que cette composition variera, selon la matière première et la perfection des procédés mis en œuvre pour l'extraction du sucre à l'état cristallisé. Ni le quotient de pureté, ni le quotient salin, et nous dirons même ni le rapport des matières organiques aux cendres ne peuvent reconnaître de minimum définitif. Les efforts des techniciens tendent constamment vers le mieux, le résultat considéré aujourd'hui comme satisfaisant sera dépassé demain.

Il ne faut surtout pas se baser sur la composition des produits finaux fournis par les usines considérées comme travaillant bien, car il est toujours permis de penser que si l'on se résigne à ne pas pousser plus loin l'épuisement, c'est que l'opération ne donnerait plus aucun bénéfice.

A titre de renseignements nous donnons ci-après quelques analyses récentes de mélasses.

Analyses de K. Andrlík, K. Urban et V. Stanek (1). Nous extrayons des tableaux de ces auteurs les chiffres maxima et minima concernant la composition de six mélasses de la campagne 1898/99.

	Dans 100 parties de matières sèches réelles		
	Maxima	Minima	
Saccharose d'après Herzfeld (pureté réelle) . .	62.52	58.51	
Raffinose d'après Herzfeld	0.00	0.00	
Sucre inverti d'après Peska	0.23	0.13	
Alcalinité au tournesol exprimée en chaux . .	0.41	0.16	
Cendres carbonatées	13.18	10.98	
Non sucre organique calculé d'après les cendres carbonatées	29.12	26.00	
Cendres pures	9.41	7.83	
Non sucre organique calculé d'après les cendres pures	32.53	29.35	
Rapport du non-sucre organique aux cendres .	4.06	3.34	
Azote total d'après Jodlbauer	2.62	2.22	
Azote des corps protéiques	D'après Stutzer	0.26	0.13
	Des albuminoïdes, propeptones d'après Rümpler	0.18	0.07
	Des albuminoïdes et peptones et propeptones d'après Rümpler .	0.08	0.05
	Des peptones d'après Rümpler .	0.11	0.01
Azote précipitable par le phosphotungstate de sodium	0.94	0.63	
Azote ammoniacal précipitable par le phosphotungstate de sodium	0.09	0.07	
Azote de la bétaine, différence des deux précédents	0.88	0.59	
Azote amidé et ammoniacal d'après Schulze .	0.09	0.04	
Azote des nitrates	0.09	0.02	

(1) K. Andrlík, K. Urban et V. Stanek, *Z. Zuckerind. in Böhmen* 25, p. 217, 1901.

	Dans 100 parties de matières sèches réelles	
	Maxima	Minima
Azote restant (principalement des acides amidés).....	1.63	1.15
Acidité des acides organiques extractibles par l'éther, cc. KOH n.	74.3	58.1
Acidité des acides volatils cc. KOH n.	19.1	11.2
Acides organiques extractibles par l'éther...	7.07	6.79
Potasse (K ² O) correspondant aux acides organiques combinées aux bases fixes.....	8.35	6.52
Potasse (K ² O) combinée par les acides extractibles par l'éther.....	3.49	2.73
Potasse (K ² O) combinée par les autres acides organiques.....	4.86	3.34
Rapport de la valeur précédente à l'azote des acides amidés.....	3.3	2.7
K ² O.....	7.07	6.26
Na ² O.....	1.41	0.81
CaO.....	0.22	0.14
MgO.....	0.21	0.03
Fe ² O ³ + Al ² O ³	0.11	0.01
Insoluble dans l'ac. chlorhydrique.....	0.03	0.02
P ² O ⁵	0.08	0.01
SO ³	0.56	0.17
Cl.....	0.50	0.38

Analyse de Kowalski et K. Dorant (1).

Polarisation directe.....	48.20
— par inversion.....	47.92
Sucre inverti.....	Traces
Raffinose.....	0.00
Matières sèches réelles.....	80.58
Matières sèches apparentes.....	82.26
Cendres carbonatés.....	11.00

0/0 de Matières sèches.

Chaux.....	0.415
Magnésie.....	0.043
Oxyde ferrique et alumine.....	0.053
Potasse.....	5.252
Soude.....	0.242
Acide phosphorique.....	0.052
Insoluble dans l'ac. chlorhydrique.....	0.016

(1) D'après la *Revue des progrès de la fabrication du sucre* par Le Liseur. *J. fab. sucre*, 42, n. 27, 1901.

Azote total.....	1.83
Azote protéique.....	0.07
Pentosanes.....	0.973

**Composition moyenne de mélasses de fabrication allemande
d'après O. Kellner (1).**

Eau.....	22.5
Cendres.....	7.1
Matières organiques totales (sucre compris).....	70.4
Saccharose.....	51.7
Sucre inverti.....	0.2
Polarisation directe.....	50.2
Polarisation inverse.....	14.7
Azote total.....	1.64
Azote non albuminoïde.....	1.52
Azote albuminoïde.....	0.12
Protéine précipitable par le tanin.....	0.75

En France la plupart des fabriques n'extraient le sucre des sirops vierges et des égouts que par cristallisation ; l'eau mère finale ou mélasse, dont les propriétés ne permettent plus l'extraction économique du sucre par cette voie, est dirigée vers les distilleries ou est utilisée pour l'alimentation des bestiaux, telle quelle ou après mélange avec des produits absorbants, alimentaires ou inertes.

Selon la nature de la matière première, le mode de travail et la qualité du sucre produit, on obtient de 2 à 3 k. 50 de mélasse 0/0 k de betteraves.

Les conditions fiscales ne permettent pas, étant donné les bas prix du sucre, d'en entreprendre l'extraction des mélasses par voie chimique ; il existe cependant de nombreux procédés qui permettent la séparation intégrale du sucre de ces résidus et qui conduisent à un produit final qui ne contient plus que les matières non sucrées provenant de la betterave que le travail de sucrerie n'a pas pu éliminer.

Si nous recherchons comment les opérations de ce travail ont modifié la composition initiale du jus de la betterave pour arriver à en extraire le sucre en quantité aussi grande que possible et à l'état presque pur, nous voyons que la fabrication du sucre met à profit deux sortes de réactions :

(1) D'après la *Revue des progrès de la fabrication* par Le Liseur. 1. J, fab. sucre, 42, n. 27, 1901.

Des réactions d'ordre physique lors de l'extraction par diffusion et de la séparation du sucre de ses solutions par cristallisation.

Des réactions d'ordre chimique lors de l'épuration ; celles-ci comprennent des réactions de précipitation et de décomposition (défécation, carbonatations, évaporation) et des réactions de décomposition et de volatilisation produites par le traitement à température élevée des solutions à épurer par des alcalis libres en plus ou moins grande quantité.

Pour apprécier la valeur de l'épuration produite par l'ensemble de ces réactions, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire le tableau publié récemment par K. Andrlik (1), relativement à l'effet chimique de la triple carbonatation ; nous avons montré précédemment (p. 589) ce que l'on peut attendre de la troisième carbonatation, et nous pouvons admettre que les constatations de K. Andrlik demeurent exactes pour le travail en double carbonatation tel que nous l'avons décrit ; du reste l'auteur dit lui-même que la troisième carbonatation n'a pour but que d'enlever l'excès superflu de chaux et que la quantité de matières organiques éliminée est insignifiante.

Le tableau de la page suivante donne, rapportées à 100 de sucre, les moyennes des résultats obtenus sur 17 jus et masses cuites en 1898-1899 et 13 en 1899-1900.

La diminution de la potasse, assez faible du reste, ne peut s'expliquer que par l'action des silicates de chaux (2) contenus dans la pierre à chaux ; les petits jus qui imprègnent les écumes ont pu aussi en retenir une certaine quantité.

L'augmentation de la soude s'explique par l'emploi qu'on en a fait pour relever l'alcalinité.

La quantité d'azote contenue dans les écumes en 1899-1900 correspondait à 17,2 0/0 de la quantité totale contenue dans le jus de diffusion ; comme on constate une élimination de 41,5 0/0, il y en a 24,3 0/0 qui vraisemblablement ont été séparés sous forme d'ammoniaque.

L'oxyde de magnésium et l'acide phosphorique sont presque complètement éliminés.

Les matières grasses, l'acide résineux, l'acide oxalique sont également séparés et les sucres réducteurs sont décomposés.

Pendant toutes les opérations du travail de sucrerie, une partie du sucre est retenue dans les cossettes, les écumes de carbonatation, les dépôts des filtres mécaniques ; une autre partie est détruite par l'action simultanée des non-sucres et des températures élevées ; il faut ajouter à ces pertes celles qui se produisent par voie mécanique (entraînements

(1) K. Andrlik. *Z. Zuckerind. in Böhmen* 1901 p. 195 et *Bl. sucr. et dist.* 19, p. 343, 1901. Traduction E. Sellier.

(2) Voyez à ce sujet A. Rütpler, *Dtsch. Zuckerind* 1901, pp. 585 et 625.

	Jus de dif- fusion de la campagne 1898-99	Masses cuites de la campagne 1898-99	Diminution totale	Diminution p. 100 de la quantité initiale	Jus de dif- fusion de la campagne 1899-00	Masses cuites de la campagne 1899-00	Diminution totale	Diminution p. 100 de la quantité initiale
Cendres pures.....	3.07	1.92	4.15	37.4	2.96	1.79	4.17	39.5
K ₂ O.....	4.57	4.42	0.15	9.5	1.54	4.31	0.23	44.9
Na ₂ O.....	0.15	0.19	0.04	26.6	0.22	0.10	0.03	43.7
CaO.....	0.07	0.05	0.02	74.4	0.05	0.02	0.03	60.0
MgO.....	0.35	0.33	0.02	94.3	0.32	0.02	0.30	93.8
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0.03	0.04	0.01	80.0	0.05	0.04	0.04	80.0
Insoluble dans l'acide chlorhydrique.....	0.08	0.01	0.07	87.5	0.03	0.02	0.03	60.0
P ₂ O ₅	0.48	0.01	0.47	97.8	0.48	0.02	0.46	97.8
SO ₃	0.22	0.15	0.07	31.8	0.17	0.13	0.04	23.5
Cl.....	0.09	0.08	0.01	41.1	0.07	0.07	0.00	»
Azote total.....	0.888	0.487	0.401	45.2	0.715	0.415	0.300	44.5
Azote albuminoïdal d'après Stutzer.....	0.294	0.039	0.258	86.7	0.234	0.038	0.176	75.2
Azote des corps albuminoïdaux, propepto- nes et peptones d'après Rümpler.....	»	0.034	»	»	0.149	0.032	0.117	78.5
Azote des corps albuminoïdaux et propepto- nes d'après Rümpler.....	»	0.036	»	»	0.123	0.020	0.103	83.7
Azote des peptones d'après Rümpler.....	»	0.018	»	»	0.026	0.011	0.015	57.6
Totalité de l'azote précipitable par le phos- photungstate de soude.....	0.246	0.098	0.148	60.2	0.197	0.077	0.120	60.9
Azote ammoniacal d'après Baumann et Böh- mer.....	0.124	0.040	0.084	67.7	0.109	0.048	0.091	83.5
Azote de la bêtaïne, de la différence des deux précédents.....	0.122	0.068	0.054	44.2	0.088	0.059	0.029	32.9
Azote des acides amidés et des autres for- mes non déterminées plus exactement.....	0.317	0.323	+ 0.006	+ 1.9	0.299	0.278	0.021	7.0
Acidité en cc. KOH.n des acides extractibles par l'éther.....	»	14.1	»	»	29.1	9.4	19.7	67.7
Acidité en cc. KOH.n des acides volatils.....	»	3.9	»	»	2.06	3.03	+ 1.03	+ 50.0
Acide oxalique (CO ² H) ² aq.....	0.68	traces	0.68	100.0	0.71	traces	0.71	+ 100.0
Sucres réducteurs exprimés en sucre in- verti.....	»	»	»	»	0.77	0.00	0.77	100.0

dans les vapeurs, fuites, etc.). L'importance de la perte totale varie avec les usines et c'est elle qui doit être considérée comme le seul criterium de la perfection du travail, la quantité de mélasse étant également aussi réduite que possible ; la perte totale peut varier de 0,20 à 0,10 de sucre pour cent kilos de betteraves, soit de 1,80 à 6,50 pour cent du sucre entrant dans la matière première.

§ 2

FABRICATION DE L'ALCOOL

306. Considérations générales. — La fabrication de l'alcool de betteraves est une industrie essentiellement agricole ; la plupart des distilleries de betteraves sont des annexes d'exploitations rurales ; les distilleries réellement industrielles, c'est-à-dire travaillant de grandes quantités de betteraves qu'elles achètent comme les sucreries, à la suite de marchés passés avec la culture, sont la minorité. Cet état de choses a ses avantages et ses inconvénients.

L'annexion d'une distillerie à une exploitation agricole permet au cultivateur de tirer lui-même parti de sa récolte et d'obtenir à bon compte un résidu, la pulpe, qu'il apprécie beaucoup pour la nourriture de ses bestiaux ; cela est tellement vrai que l'on a longtemps considéré les distilleries de betteraves plutôt comme des fabriques de pulpes que comme des fabriques d'alcool. Ce n'est pas que l'alcool produit fut considéré comme sans valeur, mais il n'avait en réalité qu'une importance secondaire, la vente des flegmes permettant d'abaisser le prix de revient du résidu alimentaire.

On comprend aisément que dans ces conditions la conduite du travail de la distillerie soit la plupart du temps laissée à la routine et à l'empirisme. Comme le dit très bien M. Verbièse (1), de toutes les industries ayant quelque rapport avec la chimie, la distillerie agricole est certainement une de celles où le contrôle est le moins suivi et où l'industriel travaille le plus par routine.

Les nouveaux débouchés offerts à l'alcool industriel et les changements de législation imminents auront probablement pour conséquence un développement de la distillerie agricole dans une direction plus scientifique et plus rationnelle ; des efforts ont été tentés en ce sens par le Syndicat de la distillerie agricole ; ces efforts ont déjà donné quelques résultats et si nous avons tenu à faire ressortir l'état de choses actuel c'est que, comme on le verra par la suite, les documents scientifiques sérieux existant sur

(1) F. Verbièse. *Bt. sucr. et dist.*, 18, p. 58, 1900.

la fabrication de l'alcool de betteraves sont très rares ; à chaque pas nous aurons à poser des points d'interrogation et à formuler des hypothèses dont l'expérience seule pourra confirmer le bien fondé. Dans le chapitre précédent, en étudiant la fabrication du sucre, nous avons montré que nombre de problèmes restaient encore à résoudre, mais, comparativement à la fabrication de l'alcool, la sucrerie est une industrie à laquelle la science chimique a déjà donné énormément ; on sait quelles conséquences ont eu toutes ces recherches sur le développement et le perfectionnement de l'industrie sucrière ; nous sommes persuadés que la distillerie agricole tirera le plus grand profit des études chimiques qui seront faites dans son domaine. Nous nous estimerons heureux si les lignes qui vont suivre contribuent pour une modeste part à l'éclosion de nouveaux travaux.

Nous nous proposons d'étudier la qualité de la matière première, l'extraction du sucre et des non-sucre et la fermentation des solutions obtenues. La distillation et la rectification des liquides fermentés rentrent dans le problème général de la distillerie industrielle et nous estimons que ce serait sortir de notre programme que de nous en occuper ici.

307. Betteraves de distillerie. — Nous avons dit dans notre quatrième partie que le problème à résoudre, lorsqu'on cultive la betterave de distillerie, est de faire produire à l'hectare, pour la moindre dépense, le maximum de saccharose et de matière sèche. Le maximum de saccharose parce que c'est la substance alcooligène et que c'est sa quantité qui règle le rendement en alcool ; le maximum de matière sèche parce que le distillateur de betteraves ayant, sinon pour but principal, du moins grand intérêt à la production de la pulpe, il faut que le rendement en résidu alimentaire soit aussi élevé que possible.

Contrairement au fabricant de sucre, le distillateur ne recherche pas des betteraves de haute pureté ; au contraire, certains spécialistes considèrent comme condition indispensable l'existence d'une quantité assez considérable de non-sucre ; on attribue aussi aux betteraves riches, par conséquent plus pures, des difficultés de fermentation. Cependant Durin (1) déclare avoir travaillé des betteraves à 11° de densité et 24 0/0 de sucre, soit une pureté d'environ 83,0. Nous allons examiner comment se justifie la première opinion.

Se référant à des analyses de Pagnoul, Sidersky (2) attribue un grand avantage aux betteraves à grand rendement, généralement plus pauvres en sucre, parce que celles-ci sont plus chargées de matières azotées et de potasse. Dans notre troisième partie nous avons également attiré l'attention sur ce fait. Sidersky en conclut que les moûts fournis par ces racines

(1) Durin *Bl. sucr. et dist.* 18, p. 985, 1901.

(2) Sidersky *Bl. sucr. et dist.* 18, p. 750, 1901.

seront pour cette cause plus nutritifs. C'est ici que cet auteur ne justifie pas suffisamment son opinion ; en effet, ce qui intéresse la nutrition de la levure, c'est bien moins la quantité que la qualité des matières azotées mises à sa disposition ; or Sidersky n'a publié aucune analyse montrant que les moûts de betteraves pauvres contiennent réellement plus de matières azotées facilement assimilables (peptones, amides, sels ammoniacaux) que ceux des betteraves riches. Nous savons par Dehérain (1) que de deux variétés de betteraves à grand rendement, c'est généralement celle qui est la plus pauvre en sucre qui contient le plus de nitrate de potasse ; or les nitrates ne sont pas des aliments pour la levure et si la surcharge d'azote pour les betteraves pauvres est seulement due à des nitrates, la preuve de la supériorité de celles-ci est loin d'être faite. Nous ne nous inscrivons nullement en faux contre l'opinion de Sidersky, car cet auteur a fait des observations pratiques qui semblent corroborer son opinion, et de plus nous avons nous-mêmes constaté que les betteraves pauvres et de richesse intermédiaire sont plus chargées d'amides acides (asparagine et glutamine) ; nous avons trouvé :

	Sucre 0/0 de jus	Azote des amides acides 0/0 de sucre
Betteraves blanches à collet vert.....	5.30	0.969
Betteraves à collet rose.....	9.76	0.344
	8.69	0.434

Dans les betteraves riches utilisées par la sucrerie il y a de 0.400 à 0.300 d'azote de l'asparagine et de la glutamine 0/0 de sucre.

Dehérain a conclu de ses expériences sur la culture des betteraves fourragères que ce sont les betteraves de richesse moyenne dites demi-sucrières cultivées en lignes serrées qui produisent à l'hectare le maximum de matières nutritives. Cette conclusion doit rester exacte pour les betteraves destinées à la distillerie, car dans ce cas on recherche aussi un maximum de matières sèches ; on a en même temps l'avantage de produire le maximum de saccharose, c'est-à-dire de matière alcooligène.

Dans tous les cas il reste encore à prouver scientifiquement, la supériorité, au point de vue de la nutrition de la levure, des moûts des betteraves pauvres sur les moûts des betteraves riches.

Ce n'est pas l'étude des betteraves elles-mêmes qui donnera la solution

(1) Voyez P. P. Dehérain, *Culture de la betterave fourragère*. Paris 1900.

du problème, car comme nous le montrerons plus loin, les matières azotées doivent subir pendant le travail d'extraction des modifications très importantes. Une betterave pourrait, tout en contenant peu de nitrates, renfermer beaucoup de matières azotées sans pour cela fournir des moûts plus nutritifs, car l'albumine coagulable n'est pas assimilée très rapidement par la levure (1). L'emploi des vinasses à l'extraction vient du reste compliquer le problème et diminuer encore la valeur de l'argument avancé par Sidersky.

308. Extraction du sucre et des non-sucre. — En distillerie l'extraction se fait par les presses continues, par la macération ou la diffusion ; pour obtenir des épuisements satisfaisants par les presses continues il faut compliquer le matériel et le travail, de telle sorte que cette méthode tend de plus en plus à disparaître de cette industrie comme elle a disparu de la sucrerie. Le jus qu'on obtient ainsi est forcément plus chargé de non-sucre que le jus de diffusion puisqu'il tend à se rapprocher de la composition du suc cellulaire originel et que les lavages de la pulpe à température assez élevée exercent sur le marc une action dissolvante bien plus marquée que dans la diffusion.

Nous examinerons plus particulièrement l'extraction par macération et par diffusion. Dans les deux cas l'épuisement du contenu des cellules s'opère par voie d'osmose et de dialyse, et ce que nous avons dit à ce sujet en étudiant la diffusion en sucrerie reste encore exact dans ce nouveau cas ; cependant en sucrerie ce sont presque exclusivement des phénomènes physiques qui interviennent, ou du moins les réactions chimiques causées par l'élévation de température se limitent aux seules substances constituantes de la betterave (puisque le solvant employé, l'eau, peut être considéré comme indifférent). En distillerie il en est tout autrement ; au moment du chargement des diffuseurs ou des macérateurs, on fait couler sur la cossette une certaine quantité d'acide sulfurique dilué qui a pour but de donner au milieu une réaction franchement acide pour réduire au minimum l'activité des microorganismes autres que la levure. C'est du moins l'explication que l'on donne toujours pour cette opération ; nous ferons observer qu'en sucrerie on a tout autant qu'en distillerie à craindre la prolifération de tous les microorganismes qui consomment du sucre et que cependant on parvient à s'en garder sans recourir à l'acidification dans le diffuseur en chargement (2). Nous admettons bien qu'il est indis-

(1) G. Dejonghe. *Traité complet, théorique et pratique de la fabrication de l'alcool et des levures*, 1900, 1, p. 138.

(2) Nous avons retrouvé un article de Sorel (*Bull. sucr. et dist.*, 16, p. 907, 1899) dans lequel, les mêmes opinions sont exprimées en ce qui concerne la stérilisation des jus.

pensable de donner au moût à fermenter une acidité assez élevée, car pendant la fermentation la température ne peut plus, comme pendant la diffusion, jouer le rôle d'agent stérilisateur, mais *a priori* l'acidification dans le diffuseur n'est pas indispensable. Si la diffusion et la macération n'ont été applicables à la distillerie que du jour où on eut l'idée d'acidifier directement sur la cossette fraîche, c'est que l'on voulait éviter de soutirer de la diffusion ou de la macération des jus à température élevée qu'on eut été obligé de refroidir avant de les mettre en fermentation. Mais à l'heure actuelle les théories pastoriennes commencent à se faire jour en distillerie de betterave ; la stérilisation des moûts n'est plus considérée comme impossible et l'on récupère les calories nécessitées par cette opération par des échangeurs de température qui fournissent du jus à la température voulue et de l'eau chaude pour les services de l'usine. Malgré tout, on constate toujours certains avantages avec la diffusion en milieu légèrement acide, car l'épuisement est facilité ; cela s'explique très bien par ce fait que la température élevée et l'acidité du milieu concourent à l'amortissement rapide du protoplasma, dont la vitalité s'oppose aux phénomènes de diffusion.

Pour économiser une certaine quantité d'acide on utilise souvent pour l'extraction tout ou partie des liquides résiduaux de la distillation des moûts fermentés et qu'on nomme *vinasses*. Quelle est la composition de ces vinasses ? Nous devons dire qu'on ne la connaît que très imparfaitement, car voici les deux seules analyses que nous en ayons trouvées.

D'après Ch. Maréchal (1), les vinasses de betteraves renferment en moyenne : 82 grammes de substances sèches *par litre* contenant environ : 12.8 de potasse, 3.7 d'azote, 0.1 d'acide phosphorique et 0.1 de chaux ; il paraît évident au premier examen que ces chiffres sont beaucoup trop élevés et d'après ce que dit l'auteur dans la suite de sa note, il semblerait que ces quantités se rapportent à 1000 litres de liquide.

D'après Sidersky (2) une vinasse provenant de la distillerie de Puiseux, contenait *par litre*.

Matières sèches.	27	gr. 30
Matières minérales.	6	60
Matières organiques	20	70
Azote	4	12
Acide phosphorique	0	36
Potasse	1	65

Il n'y a aucune ressemblance entre ces deux analyses.

(1) Ch. Maréchal. *Bl. sucr. et dist.*, 12, p. 480, d'après *L'Agriculture de la région du Nord*.

(2) D. Sidersky, *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 758, 1901.

Nous allons chercher à fixer, au moins théoriquement, quelle peut être la composition qualitative de la vinasse fournie par une première opération, c'est-à-dire par un travail d'extraction à l'eau pure acidulée; cela nous donnera également l'occasion de rechercher la composition que doit avoir le jus de diffusion ou de macération; cette discussion serait peut-être plus à sa place après l'étude de la fermentation, mais pour les besoins de notre exposition il faudrait savoir quelle est la composition exacte du liquide qu'on emploie pour l'extraction.

L'eau acidulée agissant à haute température sur les cossettes dissout le saccharose en hydrolysant une partie. Elle attaque les matières salines en donnant des sulfates minéraux et mettant les acides organiques en liberté. Les lecithines doivent être au moins partiellement décomposées avec formation d'acide phosphorique, de glycérine et d'acides gras. Les hydrates de carbone à poids moléculaire élevé, matières pectiques, doivent subir une hydrolyse plus ou moins complète qui doit donner des pentoses. Les amides acides sont plus ou moins décomposées avec formation de sulfate d'ammoniaque et d'acides aspartique et glutamique. Les matières azotées albuminoïdes soumises à l'action des acides étendus à température élevée subissent la peptonisation artificielle; nous avons montré en étudiant la diffusion en sucrerie que cette peptonisation se produit déjà quand on emploie l'eau pure, il semble évident qu'elle doit être encore plus accentuée dans la diffusion ou la macération acide. Il n'existe à notre connaissance, aucun document analytique qui puisse nous fixer sur l'importance quantitative qu'atteignent toutes ces réactions, sauf pour l'inversion du sucre; il est à peine besoin de faire remarquer que la connaissance exacte de ces transformations aurait un très grand intérêt.

Après fermentation le moût ne contient plus que des traces de sucre, mais il y a de nouvelles substances formées; parmi les plus importantes citons: l'alcool qui disparaîtra par la distillation, la glycérine et l'acide succinique qui resteront dans la vinasse. Si la fermentation alcoolique a été accompagnée par des fermentations de maladie plus ou moins actives, ce qui est le cas général, il y aura en plus, des acides lactique et butyrique. Les matières azotées ont été plus ou moins assimilées pour reconstituer des matières albuminoïdes, et nous étudierons plus tard ces transformations; les matières albuminoïdes soumises pendant la distillation à une température élevée en présence d'acides, doivent reformer des peptones qui restent dans la vinasse.

En résumé, cette dernière peut contenir les acides organiques fixes provenant de la betterave, des sulfates, une proportion variable d'acide sulfurique libre, et des matières azotées parmi lesquelles des peptones à différents états de dégradation, des matières albuminoïdes et probablement des acides amidés et des bases combinées à l'état de sulfates. C'est ce

liquide qui sert à l'extraction du sucre après avoir été rechargé d'une nouvelle quantité d'acide sulfurique. D'après ce que dit Verbièse (1) il semble que la vinasse se recharge d'une nouvelle quantité de non-sucre; mais d'après Barbet (2) cette concentration ne se produit pas et il n'y a qu'égalisation entre le liquide dissolvant et le suc cellulaire; si cette dernière opinion est bien conforme à la théorie, il n'en est pas moins vrai que quand on rentre constamment des vinasses dans le travail sans faire liquidation, la fermentation n'abaisse plus la densité des moûts à un degré aussi bas, sans que cependant il reste plus de sucre non fermenté; ce fait indique bien qu'il y a concentration, au moins pour certaines substances et il se caractérise du reste par des difficultés de fermentation qui disparaissent à la suite d'une liquidation des vinasses,

D'après Barbet et Arachequesne (3) on emploie 1 kilog. d'acide sulfurique à 53° par 1000 k. de cossettes; l'acide est dilué environ au 1/20. Sidersky (4) dit que l'on ne peut fixer exactement la quantité d'acide à employer; cette quantité varie selon les conditions locales et la qualité de la matière première; l'acidité du moût doit être de 2 à 3 gr. par litre exprimée en acide sulfurique (H^2SO^4); on se trouve dans de bonnes conditions lorsque la quantité d'acide sulfurique ajoutée à la macération calculée en grammes par litre de jus soutiré, représente au moins les deux tiers de l'acidité moyenne de ce jus, constatée par l'essai (5).

E. Légier (6) recommande une acidité de 2 gr. par litre de jus (exprimée en acide sulfurique), la dose d'acide étant répartie en cinq fractions sensiblement égales pendant l'emplissage des récipients.

D'après Verbièse (*loc. cit.*) on doit régler l'acidité du moût d'après la différence entre l'acidité de celui-ci et celle du moût fermenté; quand cette différence augmente, indiquant une formation anormale d'acides organiques due à une fermentation vicieuse, il faut augmenter l'acidité initiale.

On pourrait croire que ces quantités d'acide sulfurique agissant sur les jus à des températures assez élevées, atteignant parfois 90°, hydrolysent complètement le saccharose en formant du sucre inverti; en réalité l'inversion n'est pas très forte car l'acidité n'est pas due exclusivement à l'acide

(1) F. Verbièse. *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 70, 1900.

(2) Barbet. Association des chimistes de sucrerie et de distillerie. Congrès de Paris 1902.

(3) Barbet et Arachequesne. *Manuel des fabricants d'alcool et d'eau-de-vie*. Paris, 1894, p. 422.

(4) Sidersky, *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 348, 1898.

(5) D'autre part, Sidersky dit qu'en fermentation normale, l'acidité minérale (c'est-à-dire l'acide sulfurique resté libre après la décomposition des sels) doit représenter à peu près les deux tiers de l'acidité totale; cette indication diffère notablement de la première et l'auteur semble se reporter plus volontiers à la seconde dans la suite de son mémoire.

(6) E. Légier, *Fabrication de l'alcool de betteraves*. Paris, 1901, p. 53.

sulfurique mais pour la plus grande partie aux acides organiques mis en liberté ; si on se reporte à ce que nous avons dit précédemment au sujet de la sulfitation en sucrerie, sur le pouvoir inversif des acides organiques, on comprend aisément que l'inversion ne puisse pas être complète. D'après Sidersky (1) les jus de macération ou de diffusion contiennent en moyenne 0,50 0/0 de sucre inverti, soit environ 10 0/0 du sucre cristallisable non attaqué. C'est aussi cette proportion qu'indique Verbièse (2) ; elle peut varier du reste avec la concentration du jus.

En distillerie on soutire beaucoup plus de jus qu'en sucrerie, parce que par l'ancien travail avec les levures impures, la fermentation des jus denses n'était pas réalisable en pratique ; le soutirage est aussi en fonction de la richesse de la matière première ; les quantités indiquées ci-après se rapportent à des betteraves de richesse moyenne (8 à 12 0/0 de sucre).

D'après Barbier, avec la diffusion à la vinasse et des betteraves à 6° de densité pour le jus de pression, on soutire par cent kilos 155 à 160 litres ; avec la macération-diffusion on extrait 175 à 180 litres. Sidersky (*loc. cit.*) estime qu'il ne faut pas descendre au dessous de 150 litres (en macération), et la plupart des usines qu'il a visitées soutirent de 160 à 185 litres, exceptionnellement 200 litres ; Dejonghe recommande, en diffusion, un soutirage de 140 l. de jus 0/0 k. de betteraves. Verbièse indique 130 litres de jus 0/0 k. de betteraves en diffusion, 200 à 220 litres en macération.

Pour avoir un bon épuisement, la question du soutirage n'est pas la seule à considérer ; celle du chauffage a une importance au moins aussi grande et nous renvoyons à ce sujet à ce que nous avons écrit sur la diffusion en sucrerie.

La diffusion et la macération fournissent des quantités assez considérables d'eaux d'égouttage ou *petites eaux* ; d'après Durin leur quantité correspond à la moitié du volume de la betterave et on perd dans ces eaux environ 0 k. 30 de sucre 0/0 de betteraves. D'après Barbier (*loc. cit.*) la perte est de 0,17 à 0,20 en diffusion ; en macération-diffusion il n'y a pas réellement de perte, car les petits jus sont rentrés dans le travail. Ces rentrées peuvent également se faire en diffusion, mais elles amènent souvent des contaminations dangereuses quand on laisse séjourner longtemps les petites eaux dans des récipients mal entretenus.

La pulpe de macération est généralement moins bien épuisée que celle de diffusion ; Barbet et Arachequesne indiquent une perte de 0 k. 5 de sucre 0/0 k. de betteraves, en macération. Sidersky a trouvé de 0,42 à 0,50, en moyenne 0,46 de sucre 0/0 de pulpes de macération ; 0,30 dans

(1) Sidersky, *Bt. sucr. et dist.*, 6, p. 356, 1898.

(2) Verbièse, *Bt. sucr. et dist.*, 18 p. 64, 1900.

les pulpes de la diffusion Boullenger, soit dans le premier cas une perte de 0,30 et dans le second 0,20 0/0 de betteraves, en admettant que cent kilos de betteraves donnent 66 k. de pulpes. En diffusion le même auteur a observé de 0,20 à 0,40 de sucre 0/0 de pulpes, dans un travail bien régulier 0,25, les petits jus renfermaient de 0,18 à 0,25 0/0 de sucre, en moyenne 0,20 et leur volume est évalué à 80-90 litres 0/0 k de betteraves. Arachequesne (1) avait indiqué des chiffres sensiblement identiques.

D'après Verbièse (2) les chiffres obtenus pour le dosage du sucre par l'inversion directe en faisant agir l'acide sulfurique sur la cossette, sont trop forts et les épuisements de 0,40 à 0,50 obtenus par cette méthode correspondent à 0,20 0,26 de sucre réel et c'est cette quantité qu'il faut prendre pour calculer la perte.

Les pulpes de distillerie, pressées, constituent un excellent aliment pour les bestiaux ; elles sont préférées aux pulpes de sucrerie, parce qu'elles sont généralement plus riches ; voici quelle est la composition de ces résidus d'après les analyses les plus récentes.

Sidersky (3), pulpes ayant séjourné quatre mois et demi en silos.

	Macération		Diffusion à la vinasse	
	A	B	C	D
Humidité (eau et matières volatiles)...	94.00	90.80	89.60	89.40
Cendres,.....	1.79	1.36	1.08	1.20
Matières protéiques (Azote org. $\times 6.25$)...	1.70	1.79	1.20	1.32
— grasses.....	0.68	0.57	0.42	0.45
— hydrocarbonées.....	1.74	2.28	2.90	3.03
Cellulose.....	3.12	3.20	4.80	4.60
	100.00	100.00	100.00	100.00
Poids du litre de pulpe (en grammes)...	972	993	950	960

(1) Cité d'après G. Dejonghe (*loc. cit.*) p. 177.

(2) Verbièse, *Bl. sucr. et dist.*, 18, p. 62, 1900.

(3) Sidersky, *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 464, 1898.

Aubin (1); documents présentés au congrès international d'agriculture de 1900.

	Pulpes fraîches			Pulpes ensicées	
	Presses	Macé- ration à l'eau chaude	Macé- ration à la vinasse	de diffusion	des macé- rations
Matières organiques.....	14.51	6.34	6.34	9.73	8.62
— minérales.....	0.81	0.55	0.84	1.39	1.27
— fixes.....	15.32	6.89	7.38	11.12	9.89
Humidité.....	84.68	93.11	92.62	88.88	90.11
Protéine brute.....	1.71	0.21	0.77	1.09	1.43
Matières grasses.....	0.22	—	—	—	—
Sucres.....	8.95	1.72	1.34	—	—
Hydrates de carbone.....	—	2.93	2.99	8.59	7.06
Cellulose brute.....	3.63	1.48	1.44	—	—
Acidité en acide acétique.....	—	—	—	1.20	0.70
Matières azotées, 0/0 de matiè- res sèches.....	11.20	3.04	40.43	14.43	14.48

Sidersky (2); pulpes de diffusion, système Boullenger et pulpe de diffusion mélangée de 4,5 0/0 de menue paille (distillerie de Puiseux).

	Distillerie de Moyenneville		Distillerie de Puiseux avec 4.5 0/0 de menue paille
	Blanche	Jaune	
Eau.....	89.74	90.09	86.42
Cendres.....	1.17	1.13	1.57
Matières protéiques.....	2.49	2.13	1.78
Matières grasses.....	0.90	0.67	0.60
Matières hydrocarbonées.....	2.06	2.18	3.15
Cellulose.....	3.64	3.80	6.48
	100.00	100.00	100.00

Contrairement à ce qui a été fait en sucrerie, il n'existe aucun travail sur l'établissement du bilan du sucre entré à la diffusion dans les cossettes et du sucre extrait dans les jus et perdu dans les petites eaux ; du reste la question des pertes inconnues ne paraît pas avoir, jusqu'à présent, attiré l'attention des distillateurs de betterave.

(1) Cité d'après Légier. *Manuel de fabrication de l'alcool de betteraves*, p. 115.

(2) Sidersky. *B. sucr. et dist.*, 18, p.737, 1901.

309. Fermentation. — Si nous voulions traiter ici la fermentation du saccharose d'une façon complète, notre ouvrage prendrait des proportions trop considérables et son homogénéité pourrait en souffrir ; aussi nous nous proposons seulement d'indiquer rapidement quels sont les phénomènes généraux de la fermentation alcoolique du saccharose et d'étudier un peu plus en détail, d'après les travaux spéciaux, comment se produit cette fermentation dans les solutions sucrées dont la préparation a fait l'objet de l'article précédent ; ici encore, nous aurons à regretter que des études complètes n'aient pas été faites sur la composition des produits initiaux, terminés et résiduaux. Trop souvent, en effet, les spécialistes de la distillerie agricole, se sont contentés de se référer aux résultats acquis dans les études générales sur la fermentation alcoolique ; or on sait qu'il est bien souvent imprudent de vouloir généraliser les conclusions d'une expérience et qu'il vaut toujours mieux en effectuer de nouvelles, plus adaptées au cas que l'on étudie.

Dans un liquide sucré contenant tous les éléments nécessaires à sa nutrition, la levure décompose le saccharose en donnant comme produits principaux : de l'alcool, de l'acide carbonique, de la glycérine et de l'acide succinique. La décomposition du sucre se fait en deux phases ; il y a d'abord hydrolyse sous l'action d'un ferment soluble l'*invertase* ou *sucrase* ; cet enzyme donne un mélange en proportions égales de dextrose et de lévulose ; ce sont ces sucres qui subissent la décomposition définitive en alcool, acide carbonique, etc. La fermentation alcoolique du saccharose par la levure n'a jamais lieu sans hydrolyse préalable, mais comme ce phénomène est une fonction naturelle du ferment, elle s'accomplit automatiquement, sans qu'on ait à s'en préoccuper, autant du moins que la levure se trouve dans des conditions normales de végétation. La seconde phase de la fermentation, la transformation en alcool et acide carbonique, est assurée par l'activité d'un second enzyme : la *zymase*. La levure a donc pour fonction la sécrétion de ces deux enzymes et elle accomplit cette fonction avec plus ou moins de rapidité, d'une façon plus ou moins parfaite, selon que le milieu offre des conditions plus ou moins favorables à son développement. Il est évident *a priori* que la perfection de ces réactions sera fonction de la proportion des agents actifs, soit, indirectement, de la quantité de levure en végétation. Or, d'après les recherches les plus récentes il semble que si l'*invertase* est sécrétée en abondance par la levure, et si cet enzyme agit encore alors que la levure ne végète plus pour une raison ou pour une autre, l'activité de la *zymase* est liée d'une manière beaucoup plus intime à la vie de la levure ; quand celle-ci cesse ses fonctions vitales, la fermentation alcoolique se ralentit, et finit même par s'arrêter complètement. Cela peut très bien s'expliquer par le fait de la non diffusibilité de cet enzyme qui peut rester capable de

travailler quand la levure ne végète pas, mais qui cependant reste inactif par suite de l'arrêt des échanges osmotiques entre la cellule et le milieu, signes ou conséquences de la vie de cette cellule. Ces considérations nous amènent à dire que les phénomènes de la fermentation alcoolique ne sont pas en réalité aussi simples que les lignes précédentes auraient pu le faire croire et que les phénomènes d'action diastasique se compliquent de phénomènes biologiques. Puisque l'activité de la zymase est si intimement liée à la vie de la cellule de levure, il nous faut bien revenir, au moins temporairement, à l'opinion de Pasteur d'après laquelle la fermentation alcoolique par la levure est un phénomène vital. Aux réactions causées par l'invertase et la zymase, viennent s'ajouter celles qui sont causales ou conséquentes de la vie de cellules; l'état actuel de nos connaissances nous permet de croire que la glycérine et l'acide succinique, mentionnés précédemment parmi les produits de la fermentation alcoolique, sont précisément des produits résiduels de la vie cellulaire proprement dite de la levure. En effet, on peut produire la fermentation alcoolique des sucres fermentescibles dans des conditions très différentes et avec diverses races de levures sans que le rendement en alcool et acide carbonique souffre de grandes variations, si le ferment a rencontré dans le médium des conditions bien favorables à son activité, tandis qu'au contraire les quantités de glycérine, d'acide succinique et d'autres corps résiduels qui se sont formés peuvent varier dans des limites assez larges.

100 parties de saccharose donnent, d'après Pasteur : 51,10 d'alcool, 49,20 d'acide carbonique et 5,35 d'acide succinique, glycérine, cellulose, graisse, matières extractives, etc... D'après Claudon et Morin : 50,671 d'alcool éthylique, 0,42 d'impuretés alcooliques et 2,472 de glycérine et acide succinique. Le rendement de Pasteur n'a jamais été surpassé et il a été confirmé par Jodlbauer. Si on provoque la fermentation alcoolique par la *zymase* préparée selon les prescriptions de Buchner, on ne trouve que de l'alcool et de l'acide carbonique et le rendement est très approché de celui qu'indique la formule de décomposition admise par Gay-Lussac, à savoir 53,8 d'alcool, et 51,46 d'acide carbonique ($C^6H^{12}O^6 \approx 2 (C^2H^4CH^2OH) + 2 CO^2$). Nous avons montré plus haut qu'il serait erroné de vouloir considérer seulement les fonctions diastasiques, c'est-à-dire d'envisager la fermentation alcoolique par la levure comme un phénomène purement chimique; il faut compter avec les phénomènes biologiques et d'après Van Laer, les substances élaborées par un même organisme, ainsi que ses produits d'excrétion, varient dans d'assez larges limites avec les conditions physiques et chimiques dans lesquelles il se trouve placé.

Disons de suite qu'industriellement on n'obtient que 60 à 61 litres d'alcool à l'état de flegmes (produits bruts de distillation) au lieu de 64 indiqués par la formule de Pasteur.

A côté de l'alcool éthylique il se forme toujours de petites quantités d'alcools homologues (alcool propylique, isobutylique, amylique, etc) dont les conditions de formation ne sont pas encore nettement élucidées.

L'acide succinique et la glycérine sont des produits constants de la fermentation alcoolique par la levure, et pendant longtemps on a cru que ces deux substances ne se formaient pas indépendamment l'une de l'autre ; mais les expériences de Rau, d'Effront et de Laborde ont montré que la formation de la glycérine est particulièrement influencée par les conditions dans lesquelles la levure végète et l'état de la fermentation, tandis que la même influence n'a pas encore été bien démontrée pour la formation de l'acide succinique.

Parmi les autres produits de la fermentation alcoolique, signalons l'aldéhyde et l'acide acétique ; il y a encore d'autres acides volatils dont la nature n'a pas été déterminée et dont les conditions de formation n'ont été que très peu étudiées.

D'après Röser (1), l'origine de l'aldéhyde peut être rapportée aux facteurs principaux suivants : la vie normale et physiologique de la levure ; l'oxydation de l'alcool par cette levure ; l'oxydation directe de l'alcool par l'oxygène de l'air.

Il doit aussi se produire plus d'aldéhyde dans un moût trouble que dans un moût clair et Martinaud a remarqué que du vin resté longtemps sur ses lies renferme beaucoup d'aldéhyde.

L'acide acétique se produit, d'après Bechamps et Duclaux, même dans une fermentation avec levure pure ; le développement d'acidité que l'on constate quand on abandonne la levure à elle-même serait dû à la production de cet acide.

La formation de ces acides a évidemment pour conséquence l'augmentation de l'acidité initiale du milieu ; comme cette formation se fait aux dépens du sucre, il faut rechercher les conditions dans lesquelles cette augmentation sera la plus minime, Industriellement il y a encore une autre raison qui oblige à éviter l'augmentation de l'acidité ; c'est que cette augmentation n'est plus due seulement à la fermentation alcoolique mais à l'activité des ferments étrangers et des bactéries, et que dans l'intérêt du rendement en alcool il faut autant que possible éviter que ces fermentations secondaires prennent une trop grande extension.

La végétation de la levure étant une condition essentielle de l'activité de la fermentation, il faut que cet organisme trouve dans le milieu où on le place les éléments nécessaires à sa nutrition, pour que l'activité vitale puisse se manifester par la formation de nouvelles cellules. La levure

(1) Cité d'après Dejonghë. *Traité de la fabrication de l'alcool et des levures*, 2, p. 477.

est constituée, au point de vue chimique, comme tous les végétaux, par des matières organiques disparaissant par la calcination et des éléments minéraux qui se trouvent probablement dans la levure à l'état de combinaisons organiques complexes.

Les matières organiques comprennent des matières albuminoïdes, des matières azotées non albuminoïdes, des matières grasses, des matières extractives non azotées, et de la cellulose. On ne connaît pas exactement la nature chimique exacte des matières albuminoïdes de la levure. Parmi les autres matières azotées, on a trouvé des enzymes, des peptones, de la nucléine, de la tyrosine et de la leucine ; la richesse en azote de la matière sèche de la levure peut varier de 5 à 12 0/0, la teneur en eau de la levure pressée étant en moyenne de 75 0/0.

Les matières extractives non azotées comprennent entre autres du glycogène (10-15 0/0) et du dextrose ; le glycogène constitue pour la levure une sorte de réserve qui disparaît plus ou moins complètement quand le milieu n'offre plus aux cellules une alimentation assez abondante.

La cellulose des cellules de levure n'est pas identique à celle des végétaux supérieurs ; elle n'est pas soluble dans l'oxyde de cuivre ammoniacal et elle n'absorbe que très difficilement les matières colorantes. D'après Schützenberger l'enveloppe cellulaire serait un composé complexe, analogue aux glucosides et contenant dans la molécule de quoi former par hydratation des corps amidés et de la cellulose ou un homologue de la cellulose.

Les matières minérales contiennent de l'acide phosphorique et de la potasse en quantités prédominantes, ensuite de la magnésie, de la chaux, de la soude, du soufre et du fer, ces corps étant énumérés par ordre d'importance. On ne connaît encore que très peu de choses sur l'état de combinaison auquel se trouvent ces éléments minéraux ; il est très probable qu'une partie au moins du phosphore et du soufre, est engagée dans les combinaisons albuminoïdes.

La composition de la levure nous indique que le milieu dans lequel on la fait vivre doit contenir des matières azotées, des matières hydrocarbonées et les éléments minéraux énumérés ; selon que les matières azotées et hydrocarbonées seront plus ou moins assimilables par la levure, la fermentation se fera dans des conditions plus ou moins favorables. Il faut donc chercher à connaître quelles sont les substances qui sont les plus assimilables pour la levure, ou capables de le devenir.

Pasteur a démontré que la levure s'assimile très bien l'azote des sels ammoniacaux ; les nitrates peuvent servir d'aliments à certaines moisissures et bactéries mais pas à la levure. Parmi les combinaisons azotées organiques, les matières albuminoïdes non diffusibles ont été considérées

longtemps comme inactives ; cependant des recherches récentes ont démontré l'existence dans la levure de diastases protéolytiques qui rendent solubles la matière albuminoïde coagulable, cette solubilisation constituant un premier stade de la digestion des matières azotées ; Hahn et L. Geret (4), en étudiant la digestion du suc de la levure par l'endotrypsine que contiennent les cellules de cette levure, ont constaté qu'il n'y a jamais formation intermédiaire de peptone, mais qu'il se forme surtout des bases azotées, particulièrement des bases xanthiques ; les mêmes auteurs ont pu constater que cet enzyme solubilise les flocons de fibrine, d'albumine d'œufs, de caséine, de caséine du gluten, de légumine et de nucléine.

La syntonine, à un moindre degré, l'allantoïne, l'urée, la guanine, l'acide urique peuvent être utilisées par la levure ; d'autres substances azotées solubles telles que la créatine, la créatinine, la caféine, l'asparagine, la leucine, l'hydroxylamine sont, d'après Schutzenberger, peu ou point actives. Au sujet de l'asparagine les avis sont partagés ; d'après Martinaud, l'assimilabilité de l'asparagine n'est pas démontrée, mais d'autres auteurs, Dejonghe par exemple, admettent que les amides constituent un bon aliment pour la levure ; il est un fait certain, c'est que le bouillon de levure qui constitue pour celle-ci un excellent aliment, contient des quantités notables d'amides et d'acides amidés ; d'autre part, la facilité avec laquelle l'asparagine et la glutamine se décomposent pour donner l'acide correspondant et un sel ammoniacal, peut faire supposer qu'une partie au moins de l'azote de ces corps pourra être utilisée par la levure.

En ce qui concerne l'alimentation hydrocarbonée de la levure nous n'envisagerons ici que les hydrates de carbone qui peuvent se rencontrer dans les moûts de betterave. Le saccharose n'est pas directement assimilable par la levure mais, comme nous l'avons dit plus haut, celle-ci contient un enzyme qui transforme ce sucre en dextrose et lévulose, tous deux extrêmement fermentescibles.

Une faible partie seulement de ce sucre est utilisée pour former les cellules de levure, le reste est transformé en alcool, acide carbonique et autres produits résiduels déjà nommés.

Le raffinose est attaqué par toutes les levures qui lui font subir un premier dédoublement qui en sépare du lévulose, sucre facilement fermentescible ; il reste un résidu qui représente les deux tiers du raffinose et qui est constitué par le groupement glucose-galactose, biose qui porte le nom de mélibiose. Les levures basses secrètent un enzyme spécial, la

(4) Hahn et Geret, *Z. f. Biologie*, 40, 1900, et *A. Brasserie et dist.*, 4, p. 44, 1901.

mélibiase, qui dédouble le mélibiose en glucose et galactose, fermentescibles.

Les levures hautes ou basses ne font pas fermenter les pentosanes ; d'après Dejonghe elles peuvent utiliser certains acides et sels organiques pour leur nutrition, cet auteur mentionne les acides tartrique, malique et citrique, les acétates, lactates, citrates, tartrates, malates et succinates.

Pour son alimentation minérale, la levure a une préférence marquée pour le phosphate potassique et, de même que les végétaux supérieurs, elle ne peut utiliser la soude au lieu de la potasse.

Le phosphore peut également être présenté sous une autre forme pourvu qu'il existe aussi dans le médium une quantité suffisante de potasse ; le bouillon de levure, la levure elle-même, quand on lui a fait subir un traitement approprié pour produire sa liquéfaction, peuvent être utilisés comme sources de phosphore.

La levure exige aussi un peu de chaux et de magnésie ; le soufre et le fer existent généralement en quantité suffisante dans les liquides nutritifs car la levure n'en absorbe que des quantités très minimes.

Il est encore un autre facteur très important pour la vie de la levure mais qui est indépendant de la composition du moût parce qu'il peut lui être fourni facilement, c'est l'oxygène libre. Quand on place la levure dans un moût fortement aéré ou dans des conditions telles que l'oxygénation de ce moût se fasse continuellement, les cellules se reproduisent avec intensité mais la production d'alcool est très minime ; celui-ci peut même être oxydé et transformé en acide acétique. Dans ces conditions la levure vit comme les moisissures, elle respire en utilisant l'oxygène libre et brûle complètement la matière fermentescible qui lui est offerte.

Si au contraire on supprime l'oxygène libre aux cellules, la prolifération est ramenée au minimum mais le pouvoir ferment est au maximum ; la levure utilise l'oxygène des sucres comme source d'énergie. Mais dans ces conditions la fermentation ne tarde pas à s'arrêter, parce que la levure cesse de se reproduire et que par conséquent la production de l'enzyme alcoolisateur cesse également.

Pour une bonne fermentation, il faut donc se placer pour ainsi dire dans des conditions moyennes : il faut qu'il y ait dans le moût une quantité d'oxygène libre suffisante pour permettre à la levure de se reproduire et par conséquent à la fermentation de se poursuivre, mais il ne faut pas que l'aération soit exagérée pour que la respiration ne soit pas trop active et que les sucres se soient pas purement et simplement transformés en acide carbonique et eau.

Enfin, pour en terminer avec l'étude générale de la fermentation alcoolique nous dirons quelques mots de la question de la température. La fermentation peut s'accomplir entre 20 35° C., mais la température opti-

mun varie avec la race de la levure et dans certains cas l'élévation de la température peut avoir une influence proprement dite sur la fermentation et une influence secondaire, en favorisant le développement des fermentations concomitantes. Pendant la fermentation, la température s'élève naturellement par suite de la chaleur dégagée par la décomposition des substances fermentées ou assimilées ; il faut donc que la température de départ soit assez basse pour qu'à la fin de l'opération elle ne soit pas trop élevée, influençant ainsi défavorablement l'activité de la levure qui tend déjà à s'affaiblir par suite de l'appauvrissement du milieu en matières nutritives et de la présence de l'alcool, et favorisant d'autre part l'activité des ferments étrangers.

Ce que nous venons de dire sur la nutrition et la vie de la levure et ce que nous avons déjà appris de la composition de la betterave nous permet de croire que les moûts de distillerie de betteraves constituent des milieux très appropriés au développement de la levure et à la manifestation de son pouvoir ferment.

Nous nous sommes efforcés de résumer dans leurs grandes lignes les lois générales de la fermentation alcoolique parce que l'étude spéciale de la fermentation des jus de betteraves est très peu avancée ; pour se faire une idée des transformations subies par les non-sucres du jus pendant cette opération, il faudrait au moins avoir la composition aussi détaillée que possible des moûts mis en fermentation et des vins qu'on en obtient. Or ces documents nous font absolument défaut et nous n'aurons que très peu de choses à dire des particularités que peut offrir la fermentation en distillerie de betterave.

On utilise en général des levures provenant de la brasserie ; quelques usines emploient aussi des levures pures obtenues par les méthodes de Jacquemin, Fernbach ou Barbet ; Jacquemin a introduit l'emploi en distillerie de la levure de vin qui supporte mieux une forte acidité, une température assez élevée et qui, d'après cet auteur, donne lieu à une moindre formation d'acides pendant la fermentation.

On emploie également les levures acclimatées préparées par le procédé de Effront ; avec ce procédé on opère en milieu antiseptisé par l'acide fluorhydrique tel que les bactéries ne peuvent pas s'y développer, ni même y vivre ; on n'a besoin que d'une seule dose de levure spéciale pour faire le premier levain ; par la suite, comme on opère toujours dans un milieu analogue à celui dans lequel la levure originale s'est développée, les nouvelles cellules gardent les propriétés de la première. On peut objecter à cette méthode l'acclimatation éventuelle que peuvent subir les bactéries, pouvant amener à une culture aussi impure que dans la fermentation ordinaire.

Dans tous les cas, on doit s'efforcer de conduire la fermentation de telle

manière que les microorganismes étrangers à la levure existent en quantité aussi minime que possible, la fermentation pure dans l'industrie agricole étant impossible à réaliser avec le matériel dont on dispose.

C'est pour restreindre le développement de ces microorganismes étrangers que l'on donne aux moûts une acidité assez élevée ; celle-ci a encore d'autres influences et Dejonghe (1) a défini d'une manière très nette le rôle de l'acidité dans les moûts mis en fermentation.

« 1^o L'acidité favorise directement le développement de la levure qui aime mieux les milieux acides ;

2^o L'acidité joue un rôle antiseptique à l'égard des bactéries qui préfèrent les milieux neutres ou très légèrement alcalins aux milieux acides ;

3^o L'acidité augmente le pouvoir fermentatif de la levure en diminuant son pouvoir prolifique ;

4^o L'acidité augmente le rendement en alcool, non seulement parce qu'elle contrarie le développement des ferments secondaires, mais encore parce qu'elle limite la production de levure qui se fait toujours plus ou moins aux dépens de la production de l'alcool. »

D'après cela on comprend aisément qu'on pourra avoir une acidité d'autant plus faible, toutes limites gardées, que l'on opérera dans des conditions les plus aseptiques.

L'augmentation de l'acidité par la fermentation pure est assez faible ; Barbet (2) estime qu'en travail normal, elle est de 0 gr 2 par litre, exprimée en acide sulfurique. Sidersky (3) admet le même chiffre. Verbièse (4) indique 0 gr. 3, tant pour l'acidité formée, que pour l'acide carbonique resté en dissolution dans le vin.

Mais si la fermentation alcoolique est accompagnée par des fermentations étrangères (lactique, butyrique, etc.) cette augmentation sera beaucoup plus élevée parce que les principaux produits de ces fermentations sont des acides organiques (lactique, butyrique, etc.). Ces faits avaient fait croire aux praticiens que l'acidité initiale du moût devait être réglée d'après l'augmentation d'acidité pendant la fermentation ; s'il est vrai que l'on peut dans une certaine mesure enrayer plus ou moins ces fermentations secondaires en forçant l'acidité du moût, il est encore bien plus vrai que le véritable remède est la suppression des causes de ces accidents. On doit rechercher à quel endroit se fait la contamination et on portera particulièrement son attention sur le lavage des betteraves, l'état des petits jus quand on en rentre dans le travail, la température dans les macérateurs ou les diffuseurs, et sur la vinasse.

(1) Dejonghe (*loc. cit.*), p. 584.

(2) Barbet et Arachequesne (*loc. cit.*), p. 428.

(3) Sidersky, *Bl. sucr. et dist.*, 6, p. 320, 1898.

(4) Verbièse, *Bl. sucr. et dist.*, 8, p. 67, 1900.

On ne peut chiffrer quelle doit être l'augmentation théorique de l'acidité, car d'une part, comme nous l'avons dit précédemment, la production d'acides normaux est variable avec la race de levure, la composition du médium et l'allure de la fermentation, et d'autre part nous savons aussi que les acides organiques peuvent servir d'aliments à la levure ; on peut donc prévoir des cas où il n'y aura pas d'augmentation d'acidité, c'est-à-dire lorsque les conditions étant telles, que la levure utilise les acides organiques naturels, la disparition de ceux-ci viendra compenser l'augmentation due aux produits d'excrétion.

Même lorsqu'on opère en culture pure, il y a avantage, au point de vue du rendement en alcool, à avoir une certaine acidité dans le moût ; on sait, en effet, que les antiseptiques à faible dose ont une action accélératrice sur la fermentation ; d'autre part, comme le dit très bien Dejonghe, la prolifération de la levure étant retardée et le pouvoir ferment exalté, une moins grande quantité de sucre sera utilisée pour la formation des nouvelles cellules de levure.

Dejonghe envisage aussi l'action que peuvent avoir les acides libres sur l'utilisation des matières albuminoïdes et il est d'avis que la peptonisation de ces substances n'est pas réellement favorisée parce que les conditions nécessaires à cette peptonisation ne sont pas réalisées. Il n'existe dans tous les cas aucun document analytique qui permette de sortir du domaine de l'hypothèse ; il nous semble que pendant la diffusion ou la macération, étant donnée la température assez élevée et l'acidité du milieu, cette peptonisation peut très bien se produire au moins partiellement. D'autre part la nutrition de la levure peut aussi être favorisée par la décomposition que subissent les amides acides (asparagine et glutamine) et la formation de sels ammoniacaux.

Dans le même ordre d'idées, on s'est demandé pourquoi la fermentation était en général un peu plus active dans les moûts provenant du travail des presses que dans ceux de la macération et de la diffusion. Dejonghe admet que les matières très nutritives pour la levure telles que l'asparagine, la glutamine, la betaïne, la leucine, la tyrosine, les lecithines et d'autres bases azotées restent pour la plus grande partie dans les cossettes de macération et de diffusion, et que c'est à l'absence de ces substances dans les moûts correspondant que l'on doit attribuer l'anomalie en question.

Cette opinion est en contradiction absolue avec les faits, car nous avons vu en étudiant la diffusion en sucrerie que ces substances passent au contraire dans les jus et qu'il ne reste dans les cossettes que des matières azotées coagulables. De plus, l'auteur cité considère les albumines solubles comme de mauvais aliments pour la levure ; nous avons vu précédemment que les recherches récentes sur les diastases proteolytiques de

la levure permettent de mettre en doute l'inefficacité de ces matières azotées.

Le moût fermenté ou vin a subi une perte de poids spécifique considérable due, d'une part à la disparition d'une grande partie des matières dissoutes et d'autre part à la formation d'alcool dont la densité est bien inférieure à celle de l'eau. D'après Sidersky (1), la densité du vin est inférieure de 0,2 à 0,3 (degrés Réglie) à celle qu'aura la vinasse correspondante.

310. Accidents de fermentation. — Il arrive souvent que, sans motif apparent, un moût se refuse à fermenter ou que sa fermentation s'arrête ; nous allons passer en revue les différentes causes connues de ces accidents.

Quand on commence la fabrication et que les appareils d'extraction sont plus ou moins recouverts intérieurement d'une pellicule d'oxyde de fer, l'acidité des liquides fait entrer en dissolution une portion de cet oxyde et même quelquefois aussi d'oxyde de cuivre provenant de la robinetterie et de la tuyauterie ; les sels formés sont antiseptiques. Il y a longtemps que Barbet (2) a signalé le fait et Sorel (3) a proposé d'obvier à cet inconvénient en n'acidifiant pas à la diffusion.

On a aussi constaté qu'au début de la fabrication, lorsque l'on travaille des betteraves incomplètement mûres, la fermentation se refuse assez souvent à partir. Barbet a émis l'hypothèse que dans ce cas, c'est la diastase saccharogénique qui entre en conflit avec l'invertase ; la première a pour caractère spécifique de former le saccharose par l'assemblage du lévulose et du dextrose, et en étudiant la saccharogénie et les enzymes de la betterave nous avons exposé les faits connus et les hypothèses émises sur le mécanisme de cette réaction. Au contraire, l'invertase a pour fonction de dédoubler le saccharose en lévulose et dextrose pour assurer la nutrition de la levure.

L'hypothèse de Barbet fut fortement combattue par Arachequesne (4) parce que la congélation paraît détruire la diastase saccharogénique aussi bien que la chaleur ; or on sait que les diastases connues n'ont pas cette propriété. Arachequesne attribuait l'accident à des acides organiques, mais pas plus que Barbet il n'a su démontrer expérimentalement le bien fondé de cette hypothèse. Dans tous les cas, les deux auteurs cités ont constaté que la stérilisation des moûts était un remède certain à ce genre d'accidents ; la cause réelle reste inconnue.

(1) Sidersky, *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 320, 1898.

(2) E. Barbet, *L'alcool et le sucre*, 1, p. 68, 1892.

(3) Sorel, *Bl. sucr. et dist.*, 16, p. 907, 1899.

(4) G. Arachequesne, *Bl. sucr. et dist.*, 14, p. 508, 1896.

Les fermentations laborieuses peuvent être dues à un défaut d'acidité, mais alors, à notre avis, ce n'est pas réellement la trop faible acidité qu'il faut mettre en cause mais bien plutôt la contamination excessive des moûts ; dans ce cas, la faible acidité permettant la prolifération des ferments étrangers, la levure est gênée dans son développement et ne peut prendre la prépondérance qu'elle acquiert dans des fermentations actives quoique impures. Cette contamination peut, comme nous l'avons déjà dit, être due à la malpropreté. La betterave amène avec elle de nombreux microorganismes, parmi lesquels se trouvent des levures sauvages puisque les jus peuvent entrer spontanément en fermentation alcoolique ; mais cette fermentation est naturellement souillée par des ferments étrangers. Quand le nettoyage des betteraves laisse à désirer, il arrive parfois que le travail de la diffusion est entravé par des dégagements gazeux, comme on en constate en sucrerie.

Quand on travaille dans ces conditions, il n'est pas rare que la fermentation s'arrête et que l'on constate sur les cuves le dégagement d'un gaz lourd, rouge, à odeur caractéristique, qui est de l'acide hypoazotique ; ce phénomène est désigné sous le nom de *fermentation nitreuse*.

Dans ces fermentations on trouve en abondance des ferments butyriques ; ces bactéries décomposent le sucre avec dégagement d'hydrogène ; ce dernier, à l'état naissant, décompose les nitrates et donne lieu au dégagement de bioxyde d'azote qui, arrivant au contact de l'air, se transforme en acide hypoazotique. Le développement des ferments butyriques est particulièrement favorisé par les températures élevées (30-35°) et le défaut d'aération ; mais pour remédier au mal, il ne suffit pas d'abaisser la température et d'aérer, il faut avant tout rechercher la cause de la contamination qui est généralement due à la malpropreté.

Il arrive encore, qu'en travaillant dans des conditions normales, la fermentation étant relativement pure, les cuves ne se terminent que péniblement, la densité du vin étant toujours anormalement haute parce qu'il reste du sucre non fermenté. Dans ce cas on constate généralement que la vinasse a aussi une densité plus élevée qu'en travail normal et l'accident est dû à l'excès de rentrée des vinasses à l'extraction ; les produits résiduels des fermentations s'accumulent dans cette vinasse et finissent par gêner l'évolution de la levure. Sidersky (1) a recherché si, dans les vinasses produisant ces accidents, il n'y avait pas des quantités plus fortes d'acides volatils (formique, butyrique, etc.) ; il n'a pas constaté de différences sensibles dans la teneur globale en acides volatilés par distillation ; cependant d'après Dejonghe (2) ces acides sont nuisibles et

(1) Sidersky, *Bt. sucr. et dist.*, 16, p. 364, 1898.

(2) Dejonghe (*loc. cit.*), p. 617.

Sidersky s'est rangé plus tard à cette opinion (1). Du reste la quantité d'acides volatils dans la vinasse peut varier avec le travail de la colonne à distiller ; il en reste d'autant plus, d'après Sidersky (2), que la colonne épuise moins bien les vins en alcool.

Comme l'a fait remarquer Dejonghe si les vinasses provenant de fermentations impures peuvent être nuisibles par les quantités anormales d'acides volatils qu'elles peuvent renfermer, elles peuvent encore l'être pour une autre cause ; la distillation des vins n'assure pas la stérilisation complète des vinasses et celles-ci peuvent amener dans les jus des ferments de maladie provenant d'opérations antérieures.

Il nous resterait à étudier les deux derniers stades de la fabrication de l'alcool : la *distillation* et la *rectification*, mais ces opérations n'offrent rien de particulier en distillerie de betterave et rentrent dans l'étude générale de la distillerie industrielle ; nous sortirions de notre programme en nous en occupant ici. Il eut été cependant très intéressant de pouvoir comparer la composition des vins et celle des vinasses destinées à être rentrées dans le travail ; nous avons déjà insisté sur ce point en parlant de l'extraction et il n'est pas douteux que la distillation produise dans ces liquides des transformations très significatives au point de vue du travail de la macération ou de la diffusion et à celui de la nutrition de la levure. Malheureusement il n'existe pas, à notre connaissance, d'analyse complète de ces produits ; dans les lignes qui précèdent nous avons montré que ce n'est pas le seul point de la distillerie de betterave qui nécessite encore des études sérieuses. La question des rendements a été aussi absolument négligée, parce que le distillateur ne contrôle que très rarement la qualité de sa matière première ; le plus souvent quand il fait ce contrôle ce n'est que par des prises de densités du jus extrait par rapage et pression. Il est à peine besoin de faire remarquer combien ce contrôle offre d'incertitudes et le peu de valeur des renseignements qu'il peut donner. Nous croyons qu'il y aurait lieu d'étudier, comme en sucrerie, les corrélations qui doivent exister entre la richesse, la pureté et la composition du non-sucre des betteraves mises en œuvre et le rendement en alcool obtenu par les opérations industrielles.

En terminant cet ouvrage, nous souhaitons que nos observations suscitent des travaux de ce genre ; la distillerie agricole, dont l'avenir paraît si brillant à l'heure actuelle par suite des nouveaux débouchés qu'on s'efforce de créer pour l'alcool, en tirera certainement un très grand profit.

(1) Sidersky, *Bull. sucr. et dist.*, 18, p. 752, 1899.

(2) *Id.*

APPENDICE

De nombreux travaux sur la betterave et ses applications ont paru pendant l'impression de notre ouvrage, et plusieurs sont trop importants pour que nous omettions d'en parler en appendice.

Dans notre première partie nous avons insisté à plusieurs reprises sur la loi de 1884 et sur les conséquences heureuses qu'elle eut sur le développement et le perfectionnement de la culture de la betterave et de la fabrication du sucre. Ce développement est devenu tel que les fabricants ont dû songer à exporter l'excès de leur production ; et c'est alors qu'ils se sont trouvés en concurrence avec l'industrie étrangère généralement plus favorisée que la nôtre en ce qui concerne le prix de revient. C'est grâce au concours des primes directes ou indirectes que nos producteurs ont pu soutenir la lutte. Les débouchés trouvés à l'étranger ont encore favorisé l'accroissement de la production indigène, et bientôt les cours du sucre tombèrent à de bas prix. Il en est résulté une situation anormale, puisqu'une partie de l'impôt prélevé sur le consommateur servait à favoriser la vente du sucre sur les marchés étrangers. Tous les pays exportateurs se sont également trouvés dans cette situation, et les gouvernements se sont demandés s'il ne serait pas plus sage de provoquer l'accroissement de la consommation indigène par la diminution ou la suppression de l'impôt plutôt que d'exporter les sucres produits en excès. C'est en effet à la seule condition que l'accroissement de la consommation intérieure vienne compenser la perte du débouché des marchés étrangers que, sans en souffrir, la culture de la betterave et l'industrie pourront supporter la suppression des primes.

La Conférence internationale qui s'est réunie récemment à Bruxelles a étudié ces questions et nous devons nous attendre à voir la législation actuelle modifiée dans le sens que nous indiquions plus haut.

Berthault et Brétignière (1) ont publié un travail très important sur la culture des betteraves. Dans la première partie de leur étude, les auteurs ont examiné pour les betteraves destinées à l'alimentation du bétail quel-

(1) Berthault et Brétignière, *A. Agronom.*, 28, p. 30, 1902.

les influences exercent, sur le rendement en matières utiles et le prix de revient de celles-ci, le choix des variétés et les méthodes de culture en ce qui concerne les espacements laissés entre les plantes. Les résultats de leurs expériences les ont amenés à conclure qu'au point de vue du rendement en matières sèches, il est absolument nécessaire de cultiver les betteraves demi-sucrières ou de distillerie. La Brabant à collet vert, la Desprez intermédiaire, la Géante blanche demi sucrière permettent d'obtenir des rendements en matière sèche très supérieurs à ceux que donnent les anciennes variétés à très gros rendement brut, la Jaune ovoïde des Barres par exemple. Ce qu'il importe en effet de prendre en considération ce n'est pas le rendement brut à l'hectare, mais plutôt le rendement en matières sèches, celles-ci contenant la dose maximum de produits nutritifs et particulièrement de sucre. Entre les matières sèches provenant de différentes variétés de betteraves, on constate encore des différences relativement à la digestibilité, selon que les éléments qui composent ces matières sèches se trouvent dosés d'une façon plus ou moins convenable. Les expériences de Paul Gay, de Brétignière et Dupont ont montré qu'à poids égal, la matière sèche des betteraves dites de distillerie possède un coefficient de digestibilité supérieur à celui de la matière sèche des betteraves dites fourragères. Les betteraves de sucrerie ont présenté une digestibilité intermédiaire.

Les rendements en produits bruts ainsi qu'en matière sèche varient selon l'écartement laissé entre les plants ; les grands écartements tendent à produire de plus grosses betteraves, mais l'augmentation de poids individuel ainsi réalisée ne parvient pas toujours à compenser la perte due à la diminution du nombre de pieds dans une surface donnée. La culture très serrée diminue au contraire le poids des individus et celui de la matière sèche ; cette diminution n'est pas compensée non plus par l'augmentation du nombre de pieds. Entre ces deux extrêmes il convient de choisir les conditions qui correspondent le mieux aux aptitudes de la variété considérée. Lorsque l'on cultivait les anciennes variétés fourragères on laissait des écartements assez considérables qui fournissaient de grosses racines et aussi de forts rendements par suite des aptitudes de ces variétés ; on ne peut plus appliquer le même mode de culture quand on s'adresse aux variétés demi sucrières. Ici les cultures serrées imposent des suppléments de dépenses parfois considérables qui, dans le cas de rapprochements excessifs, peuvent ne pas être compensés par la valeur des excédents de récolte, mais étant, dans la plupart des cas, avec des rapprochements convenables, beaucoup plus que compensés par ces excédents.

Les peuplements de 6 à 7 betteraves au mètre carré pour les terres superficielles et pierreuses, de 8 betteraves pour les terres profondes et fraîches, sont ceux qui donnent les meilleurs résultats économiques.

La manière dont se fait cette répartition a également une influence ; pour les variétés très pivotantes, on peut écarter les lignes de 50 cm. en laissant les plants à 25 ou 30 cm. sur la ligne ; pour les variétés peu pivotantes, il convient de rapprocher les lignes à 40 cm. par exemple, pour pouvoir laisser les plants à 35 cm. environ sur les lignes.

Berthault et Brétignière ont voulu étendre leurs recherches à la comparaison des différentes variétés sucrières, mais ici les résultats de deux années de culture n'ont pu les conduire à une conclusion quelconque ; comme nous l'avons dit à différentes reprises au cours de notre ouvrage, les races sucrières sont excessivement sensibles aux moindres variations qui peuvent se produire dans les conditions de leur végétation ; cette sensibilité n'est pas la même pour toutes les races et elle change d'une variété à l'autre lors même qu'on ne considère qu'un seul facteur tel que la nature, l'état physique ou l'humidité du sol, la température, l'éclaircissement, etc.

Les mêmes auteurs ont également fait des expériences sur la production de la semence de betterave ; ils ont comparé la méthode de production sexuelle ordinaire aux méthodes asexuelles. L'exposé des essais et les résultats qui ont été obtenus nous porte à croire que Berthault et Brétignière n'ont pas opéré dans des conditions convenables, car même dans le cas de la reproduction par la voie sexuelle ordinaire, les poids de graine obtenus ont toujours été très faibles. Nous sommes encore confirmés dans cette opinion par ce que disent ces auteurs sur la montée des boutures ; ils paraissent considérer cette montée en première année comme le fait normal, tandis qu'en réalité sa réalisation régulière fait l'objet de procédés spéciaux que nous avons décrits.

En ce qui concerne la greffe, Berthault et Brétignière semblent avoir choisi de mauvaises conditions d'expérimentation ; ils ont greffé des pousses de betterave sucrière sur Globe jaune, bien qu'ils ne pussent ignorer l'influence du porte greffe sur le greffon. Nous avons insisté sur le soin qu'il faut apporter dans le choix du support et les auteurs ont aussi constaté, dans un cas, que les tissus d'une betterave Desprez à chair rose avaient envahi le greffon.

Berthault et Brétignière considèrent qu'il n'y a greffe proprement dite que si l'implantation est faite sur la surface décollée de telle sorte que le greffon ne puisse s'affranchir du porte greffe, et aller puiser lui-même sa nourriture dans le sol en formant une nouvelle racine ; il n'y aurait dans ce cas qu'une *greffe bouture*. La figure 75 de la page 220 donne l'exemple d'une production de ce genre, tandis que la figure 76 correspond à une greffe proprement dite d'après la définition de Berthault et Brétignière.

Dans une série d'expériences ces auteurs ont fait produire de la graine

à une même souche pendant deux années de suite ; ils ont constaté que la graine obtenue la seconde année donne des produits inférieurs à ceux fournis par la semence de première montée.

Cette constatation est en opposition avec les résultats publiés par Briem, Strohmer et Stift (1). Ces derniers auteurs ont étudié les produits des semences obtenues plusieurs années de suite d'une même betterave et n'ont constaté aucune différence remarquable au point de vue du poids et de la qualité. Ils voient même dans la faculté que possède la betterave de devenir *pluriannuelle*, par suite de la régénération de sa souche, un moyen de multiplication susceptible d'être appliqué en pratique pour la propagation des mères de qualité exceptionnelle.

L'étude du rôle des engrais dans la culture de la betterave a fait l'objet de nouveaux travaux intéressants.

Saillard (2) a recherché si l'emploi des engrais potassiques a pour effet d'augmenter la récolte en quantité et en qualité et de remédier au défaut d'alcalinité naturelle qui gêne le travail dans beaucoup de fabriques.

Les essais culturaux ont été faits dans des parcelles assez étendues et homogènes, aussi uniformes que possible. Cette méthode d'étude se rapproche assez de celle qu'employait feu le Dr Maercker.

Les résultats de ces essais ont permis de conclure que :

1^o Les engrais potassiques ont généralement donné lieu à une augmentation de rendements ;

2^o Dans certains cas ils ont abaissé la richesse saccharine des racines ; dans d'autres ils l'ont augmentée ; mais les diminutions de richesse saccharine ont été compensées, et au-delà, par les augmentations de rendements, de sorte que la récolte maximum en sucre a été généralement donnée par l'une des parcelles ayant reçu de la potasse ;

3^o Dans la plupart des champs d'expériences, la pureté maximum a été obtenue avec les betteraves provenant d'une des parcelles ayant reçu de la potasse ; dans quelques autres, la potasse n'a pas influencé sensiblement la pureté ; dans quelques autres enfin, mais peu nombreux, elle l'a diminuée.

Les résultats pris dans leur ensemble ont démontré qu'en employant de 150 à 200 kilos de sulfate de potasse par hectare, on a généralement obtenu une augmentation de la récolte, en quantité et en qualité. C'est au praticien à voir si l'augmentation en question paye la dépense d'engrais ;

4^o Dans quelques cas les betteraves les plus riches en sucre ont été les plus pauvres en soude ; mais il n'existe pas encore assez de résultats analytiques pour ériger cette constatation en loi générale ;

(1) *O. Ungarische Z.*, 1902.

(2) E. Saillard. *Circ. hebdom.*, 14, n. 674, 1902.

5° La potassé, la soude, la chaux et la magnésie semblent pouvoir se substituer dans une certaine mesure (fait déjà observé).

Nous faisons toutes réserves en ce qui concerne l'exactitude de cette dernière conclusion. Nous avons dit au cours de notre ouvrage que si dans certains cas on constate une substitution de ces bases, en apparence équivalente, c'est parce que les conditions de milieu obligent la betterave à absorber les éléments minéraux du sol en quantité plus grande que dans les conditions normales ; cela ne suffit pas pour conclure que les bases absorbées en excès puissent remplir réellement les mêmes fonctions que les éléments normaux qui n'existent qu'en moindre quantité ; si ces derniers manquaient tout à fait, la plante ne pourrait pas végéter. Nous avons cité plusieurs expériences à ce sujet. Dernièrement Wilfarth, Komer et Wimmer (1) ont publié des expériences dont les résultats confirment ce que nous venons de dire et montrent bien l'action spécifique de la potasse ainsi que celle de l'acide phosphorique et de l'azote. On cultivait des betteraves dans du sable dans les conditions indiquées par Hellriegel ; il y avait trois séries d'essais ; l'une relative à la potasse, la seconde à l'acide phosphorique et la dernière à l'azote. Dans chacune de ces séries l'élément fertilisant étudié était donné d'abord à dose normale, puis à dose plus faible, un dernier essai n'en recevait pas du tout ; les autres éléments fertilisants étaient dosés de telle sorte que leur excès relatif ne put, dans les deux derniers cas, jouer un rôle prépondérant.

La privation de potasse a une action très visible ; les feuilles, et tout particulièrement les tissus du limbe, se trouvent modifiés ; on constate une coloration jaune-brunâtre qui se transforme en lignes brunes entre les nervures. Graduellement apparaissent alors des taches blanches, la feuille se replie et enfin se dessèche lentement tandis que les taches se rapprochent. Sur les pétioles, quand la potasse manque absolument, il se forme de nombreuses taches jaunes ou brunes qui pénètrent dans les tissus. La racine reste plus ou moins petite d'après la dose de potasse employée, mais elle ne porte pas de taches ni de coloration extérieure. Une particularité à remarquer en l'absence de la potasse est le délabrement profond de tout l'organisme ; la betterave est facilement détruite par la putréfaction ou bien se dessèche, devient jaune sombre, ligneuse et reste très petite. On a observé les mêmes phénomènes en grande culture. Dans ces betteraves mal développées, la richesse saccharine est très faible.

Quand l'acide phosphorique manque, les feuilles restent vert sombre et il se forme par places des taches noires qui la plupart du temps partent du bord du limbe, se répandent sur la feuille, qui finalement se dessèche et prend une couleur noirâtre. La couronne de feuilles reste petite.

(1) *Verein. Dtsch. Zuckerind.*, 51, p. 993, 1901 et *Bl. sucr. et dist.*, 19, p. 1140, 1902. Traduction E. Sellier.

Le manque d'azote provoque une coloration claire, vert-jaunâtre des feuilles ; ici encore, selon la quantité d'azote donnée, la couronne de feuilles reste plus ou moins petite. Contrairement à ce qui se passe quand c'est la potasse qui manque, avec l'acide phosphorique en quantité insuffisante, on obtient des betteraves riches en sucre, absolument saines, même lorsque, par le fait de cette circonstance, les plantes sont restées très petites.

Les auteurs tirent de leurs essais les conclusions suivantes :

1^o Le manque d'un des trois corps nutritifs principaux provoque sur les feuilles des phénomènes spéciaux, caractéristiques pour chaque élément. Dans les champs, ces signes ne s'accusent que si la privation est très accentuée (1) ;

2^o Quand un de ces corps manque, la betterave reste évidemment petite ;

3^o Comme en l'absence de potasse, il n'y a pas de formation normale d'amidon dans la plante, l'élaboration du sucre reste très faible. La teneur saccharine peut descendre jusqu'à zéro s'il y a beaucoup d'azote ; dans ce cas la betterave est très exposée aux phénomènes de destruction ;

4^o Si avec peu de potasse, il y a une fumure azotée plus faible, la richesse est sensiblement plus élevée et la betterave reste saine. Quand c'est l'acide phosphorique qui manque, l'azote n'agit pas de la même manière ;

5^o Sans fumure potassique, la betterave forme une quantité relativement grande de feuilles, plus que lorsqu'il y a privation d'acide phosphorique et d'azote ;

6^o Le manque d'acide phosphorique donne une petite betterave saine et relativement riche en sucre, en comparaison de ce qu'on obtient sans potasse. Même en poussant l'épuisement à l'extrême, la betterave contient encore 14 0/0 de sucre quoique ne pesant que 13 gr. 8 ;

7^o La diminution d'azote donne encore une betterave saine et très sucrée. La richesse saccharine paraît d'autant plus anormale que la privation est plus exagérée ; une betterave de 13 gr. peut encore contenir 17,8 p. 0/0 de sucre.

Nous compléterons ces indications en faisant remarquer que l'on ne peut prétendre opérer en l'absence absolue d'un élément quelconque ; l'épuisement, aussi parfait que possible, en laisse encore des traces que l'analyse ne parvient pas toujours à déceler, mais que la plante sait bien utiliser. Il faut aussi compter sur les matières de réserve apportées par la semence et avec les poussières atmosphériques.

L. GESCHWIND ET E. SELIER.

(1) Il est évident que l'on n'observe jamais en grande culture une pénurie de potasse aussi complète que celle que l'on peut réaliser dans des essais de laboratoire ; la terre contient toujours une petite quantité de potasse combinée aux silicates complexes, peu soluble dans les réactifs chimiques, mais que les plantes parviennent cependant à assimiler. N. d. A.

TABLE DES MATIÈRES

HISTORIQUE. STATISTIQUE.
ÉTUDE BOTANIQUE ET CHIMIQUE DE LA GRAINE DE BETTERAVE.
PHYSIOLOGIE DU PORTE-GRAINE ET DE LA GRAINE.
ANALYSE COMMERCIALE DE LA GRAINE DE BETTERAVE.
PRODUCTION DE LA GRAINE DE BETTERAVE.
DÉVELOPPEMENT DE LA BETTERAVE. ANATOMIE.
CONSTITUTION ÉLÉMENTAIRE DE LA BETTERAVE.
COMPOSITION MINÉRALE DE LA BETTERAVE. L'AZOTE DE LA BETTERAVE.
LES ACIDES ORGANIQUES NON AZOTÉS DE LA BETTERAVE.
LES HYDRATES DE CARBONE DE LA BETTERAVE.
LES SUBSTANCES COLORANTES, GRASSES ET AROMATIQUES DE LA BETTERAVE
LES COMPOSÉS ORGANIQUES AZOTÉS DE LA BETTERAVE.
CULTURE DE LA BETTERAVE.
LES ENNEMIS ET LES MALADIES DE LA BETTERAVE.
ACHAT ET CONSERVATION DES BETTERAVES.
LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA BETTERAVE DANS SES RAPPORTS
AVEC L'INDUSTRIE.

- A**
- Abâtardissement, 149.
Abretine, 414.
Acclimatation de la betterave, 20.
Achat de la betterave; différents modes,
535.
Acétique (acide), 643.
Acides monobasiques, 348.
Acides organiques non azotés, 348.
Acides organiques des jus de diffusion,
569.
Acides amides, 415, 434.
Acidification, 637.
Acidité des jus de diffusion, 564.
Acidité des mouls (rôle de l'), 648.
Aconitique (acide), 360.
Aconitate de calcium, 360.
Adipate de calcium, 355.
Adipique (acide), 355.
Agrostis, 480.
Alcaptone, 410.
Alcool (fabrication), 631.
Albinisme des betteraves, 515.
Albuminoïdes, 425.
Aldéhyde (formation), 643.
Alternaria, 516.
Althéine, 416.
Altises, 476.
Atomaire linéaire, 473.
Aluminium, 327.
Amélioration de la betterave, 20.
Amélioration des variétés, 147.
Amide acide de l'acide pyrotartrique,
418.
Amide amido-glutarique, 418.
Amide amido-succinique, 416.
Amide aspartique, 416.
Amido-succinique (acide), 356, 416.
Amidon, 396.
Amidon de la graine de betterave, 69.
Amyloïde, 397.
Ammoniacque, 325, 345, 434.
Analyses de betterave, 265.

- Analyse de la graine de betterave, 124.
 Anatomie de la betterave, 234.
 Anatomie de la feuille, 251.
 Anatomie de la racine, 258.
 Anatomie (relations avec la richesse saccharine), 385.
Anthomia conformis, 482.
Aphis papaveris, 485.
 Aposépédine, 416.
 Arabane, 404.
 Arabine, 401.
 Arabique (acide), 401, 402.
 Arabinose, 393, 402, 404.
 Arachnides, 486.
 Archetype, 140.
Arícia betae, 484.
 Aromatiques (matières), 413.
 Arrachage, 433.
 Asparagine, 416.
 Asparamique, 416.
 Asparamide, 416.
 Aspartique (acide), 355, 416.
 Assise génératrice, 239.
 Assise saccharifère, 263, 385, 387.
 Assolment, 441.
 Azote de la betterave, 335.
 Azote ammoniacal, 325, 345, 434.
 Azote (assimilation), 341, 658, 644.
 Azote (dosage), 434.
 Azote inorganique, 290, 342.
 Azote nitreux, 434.
 Azote nitrique, 342, 434.
 Azote (relations avec la teneur en sucre), 336.
 Azote (variations de la teneur en), 335.
- B**
- Bactériose de la betterave, 510.
 Barres (betterave jaune ovoïde des), 34.
 Bases végétales, 419.
 Bassano (betterave rouge de), 27.
 Baryte (épuration par la), 591.
 Baryum, 325.
 Beta, 1, 3.
 Bétainc, 420, 422, 437.
 Betaroth, 408.
 Bette, 1, 2.
 Betterave actuelle, 23.
 Betterave (Anatomie), 234.
 Betterave du XIV^e au XVIII^e siècle, 3.
 Betterave du XVIII^e siècle à nos jours, 3.
 Betterave améliorée Vilmorin, 21.
 Betterave blanche améliorée de Vilmorin, 39.
 Betterave blanche globe, 36.
 Betterave blanche de Silésie, 37.
 Betterave Brabant, 41, 654.
 Betterave crapaudine, 23.
 Betterave chez les Auteurs anciens, 1.
 Betterave Desprez, 654.
 Betterave de Dippe, 40.
 Betterave disette ou betterave champêtre, 3.
 Betterave disette d'Allemagne, 30.
 Betterave disette corne de bœuf, 30.
 Betterave disette camuse, 30.
 Betterave disette blanche à collet vert, 31.
 Betterave disette d'argent, 31.
 Betterave disette Mammouth, 30.
 Betterave disette Nègresse, 30.
 Betteraves de distillerie, 37, 632.
 Betterave électorale de Knauer, 14, 39.
 Betterave Fonquier-d'Hérouel, 41.
 Betteraves fourragères, 30, 653.
 Betterave géante blanche demi sucrière, 654.
 Betterave impériale améliorée de Knauer, 14, 39.
 Betterave impériale rose améliorée, 14.
 Betterave de Gardanne, 25.
 Betterave globe aplatie, 36.
 Betterave golden melon, 36.
 Betterave de la Hesbaye, 38.
 Betterave jaune d'Allemagne, 33.
 Betterave jaune à sucre, 38.
 Betterave jaune de Castelnaudary, 29.
 Betterave jaune géante de Vauriac, 37.
 Betterave jaune golden Tankard, 36.
 Betterave jaune grosse, 28.
 Betterave jaune globe, 35.
 Betterave jaune ovoïde des Barres, 34, 654.
 Betterave jaune ronde sucrée, 29.
 Betterave Klein Wanzleben, 44, 40.
 Betterave Kühn, 41.
 Betterave Mangold, 14.
 Betteraves mères (culture), 154.
 Betteraves (Morphologie), 223.
 Betterave petite nègresse de Rennes, 24.
 Betterave piriforme de Strasbourg, 25.
 Betterave pluriannuelle, 656.

- Betteraves potagères à chair rouge, 23.
 Betteraves potagères à chair jaune, 28.
 Betterave de Puilboreau, 31.
 Betterave (répartition géographique de la culture de la), 15.
 Betterave rose hâlive, 38.
 Betterave rouge de Bassano, 27.
 Betterave rouge des Diorières, 24.
 Betterave rouge foncé de Whyte, 25.
 Betterave rouge globe, 33.
 Betterave rouge grosse, 25.
 Betterave rouge longue lisse, 25.
 Betterave rouge noir plate d'Égypte, 26.
 Betterave rougée naine, 24.
 Betterave rouge ovoïde ou disette géante, 32.
 Betterave rouge printannière de Turin, 27.
 Betterave rouge rouge précoce, 25.
 Betterave rouge à salade de Trévise, 27.
 Betterave riche (avantages de la), 299.
 Betterave de Silésie, 3.
 Betterave à sucre à collet gris, 38.
 Betterave à sucre à collet rose, 38.
 Betterave à sucre à collet vert, 38.
 Betteraves sucrières (variétés), 37, 655.
 Bore, 292, 333.
 Bourgeons (variation par), 443.
 Bouturage 200, 665.
 Bouturage allemand, 212.
 Bouturage Gorain à un œil, 215.
 Bouturage de Klein Wanzleben, 214.
 Bouturage (Valeur scientifique et résultats), 204.
 Boutures (enracinement), 209.
 Boutures (variation par), 444.
 Brûlure de la racine, 324, 505.
 Brunissement des feuilles, 527.
- C**
- Calcium, 290, 315, 321, 441.
 Cambium, 239.
 Castelnaudary (Betterave rouge de), 3, 24.
 Castelnaudary (Betterave jaune de), 29.
 Caramel, 598.
 Carbonatation, 531.
 Carbonatation (Action sur les non-sucres), 585.
 Carbonate de calcium (solubilité), 590.
 Carbone, 290.
 Casside nébuleuse, 478.
 Celluloses, 404.
 Cendres de la betterave, 287.
 Cendres de la betterave sauvage, 318.
 Cendres brutes alcalines, 290.
 Cendres (éléments constitutants), 309.
 Cendres (Influence de l'effeuillage), 305.
 Cendres (Influence de l'espacement), 304.
 Cendres (Influence de la fumure), 303.
 Cendres (Influence des maladies), 309.
 Cendres (Influence de la montée à graines), 305.
 Cendres (Influence des pluies), 297, 302.
 Cendres (Influence du sol), 302.
 Cendres (pures ou physiologiques), 292.
 Cendres (Variations de la teneur en), 293.
 Cendres (Variations avec la richesse saccharine), 295.
 Cératine, 402.
Cercospora beticola, 421, 532.
 Charançons, 474.
 Charbon de la betterave, 518.
 Chaulage, 573.
 Chaulage (Action sur les non-sucres), 576.
 Chiffre de solubilité, 349.
 Chlore, 290.
 Chlorophylle, 325.
 Cholestérine, 442.
 Choline, 422, 437.
 Chrysomélides, 476.
 Citrate de calcium, 361.
 Citrique (acide), 424.
 Citrique (acide), 361.
 Classement des betteraves par la sélection, 481.
Clasterosporium putrefaciens, 527.
Cleonus, 474.
 Climat, 440.
 Climat (Influence du climat), 453.
 Goesium, 292, 328.
 Collets (valeur comparative à celle des racines), 455.
 Collet chignon, 451.
 Collet gris (Betterave à sucre à), 38.
 Collet rose (Betterave blanche à sucre à), 38.

- Collet vert (betterave blanche à sucre à), 38.
 Collet vert (Betterave disette blanche à), 31.
 Colorants (matières), 406.
 Combinaisons sucrocalciques au chauffage, 375.
 Combinaisons sucrocalciques à la carbonatation, 583.
 Composition minérale de la betterave, 287.
 Concentration des jus, 592.
 Cône végétatif, 236.
 Coniférine, 414.
 Consanguinité, 432.
 Conservation des betteraves, 456, 539.
 Constitution élémentaire de la betterave, 263.
 Corne de bœuf (Betterave disette), 30.
 Covent Garden (Betterave de), 24.
 Courtillière, 484.
 Cotyledon (développement), 242.
 Crapaudine (Betterave), 23.
 Croisement, 443.
 Cristallisation, 612.
 Cuivre, 329.
 Gnite, 612.
 Culture de la betterave, 439.
 Culture de la betterave (statistique), 47.
 Culture des betteraves mères, 454.
 Culture de la betterave riche (avantages), 299.
 Culture des plançons, 184.
 Culture des porte-graines, 188.
 Cuscute, 304.
- D**
- Déchet, 536.
 Décolletage, 454, 536.
 Décortication des graines, 122.
 Défécation, 573.
 Dégénérescence, 449.
 Démarrage, 448.
 Densité du jus (Relations avec la richesse saccharine de la B.), 276.
 Dépôts de sulfitation, 611, 612.
 Descendance (Théorie), 440.
 Dessiccation de la graine, 493.
 Destruction du sucre à la diffusion, 564.
 Destruction du sucre à la concentration, 596.
- Développement de la culture de la betterave, 48
 Développement morphologique de la betterave, 223.
 Développement anatomique de la betterave, 234.
 Dextrane, 496.
 Diastase saccharogénique, 382, 432, 650.
 Diffusion, 535.
 Diffusion aqueuse à froid, 470.
 Diffusibilité comparée de quelques substances, 557.
 Diffusion en sucrerie, 560.
 Diffusion en distillerie, 634.
 Digestibilité de la betterave, 634.
 Dioxyphenylacétique (acide), 410.
 Diptères, 482.
 Disaccharides, 372.
 Distillerie, 631.
Dorylainus, 499.
- E**
- Eau colloïdale, 269.
 Eau (Élimination par les feuilles), 233
 Eau d'imbibition, 269.
 Eau et matière sèche, 278, 285.
 Échantillonnage des graines, 125.
 Échantillon moyen (prélèvement sur les racines), 475.
 Ecumes de sucrerie, 361, 397, 412.
 Ecumes de 1^{re} carbonatation, 587.
 Ecumes de seconde carbonatation, 591.
 Effeuilage, 374.
 Effeuilage (Influence sur la teneur en cendres), 305.
 Egrenage, 194.
 Élevage (méthodes générales), 457.
 Elite (graine), 452.
 Enchytréides, 501.
 Énergie germinative, 434.
 Ennemis de la betterave, 457.
 Enracinement de la bouture, 209.
 Enzymes, 431.
 Épreuve du dépôt, 584.
 Épuisement du sol, 92.
 Épuration en sucrerie, 629.
 Équilibre osmotique, 383.
 Erysipèle de la betterave, 508.
 Erythrobinétique (acide), 406.
 Espacement, 450, 654.
 Espacement (Influence sur la teneur en cendres), 304.

Espèces, 141.
 Etat de la culture de la B. dans les différents pays, 51.
 Etendues cultivées en betteraves, 47.
 Ethylénodicarboxylique ou ethylénodicarbonique (acide), 354.
 Evolution prédestinée, 140.
 Extraction en sucrerie, 560.
 Extraction en distillerie, 634.

F

Fabrication de l'Alcool, 631.
 Fabrication du Sucre, 553.
 Façons culturales, 448, 452.
 Faculté germinative, 134.
 Faculté germinative (action de la chaleur), 195.
 Faisceaux fibro-vasculaires, 259.
 Faisceaux secondaires (constitution), 244, 250.
 Faisceaux surnuméraires (formation), 246, 250.
 Fécondation, 65.
 Fer, 325.
 Fer (Elimination en sucrerie), 586, 606.
 Fer (Présence dans les jus de distillerie), 650.
 Fermentation alcoolique, 641.
 Fermentation (accidents), 650.
 Fermentations dans la diffusion, 569.
 Fermentation en distillerie, 641.
 Fermentation nitreuse, 651.
 Fermentations en sucrerie, 569.
 Feuilles (Elimination de l'eau par les), 233.
 Feuilles (Etude), 227.
 Feuilles (position), 256.
 Feuilles (sélection d'après les), 161.
 Feuilles (structure anatomique), 251.
 Feuilles tachées (maladie des), 532.
 Fibro vasculaires (faisceaux), 259.
 Fleurs, 64.
 Force osmotique, 556.
 Fractionnement, 216.
 Frais de culture de la betterave, 16, 42.
 Frais de culture des plançons, 188.
 Fructose, 365, 371.
 Fumure, 443.
 Fumure (Influence sur la teneur en cendres), 303.
 Fumure (Influence sur la récolte des semences) 191.

G

Galactanes, 396, 402, 404.
 Galactose, 402, 404.
 Gale de la betterave, 507.
 Galeruque, 476.
 Gardanne (betterave de), 25.
 Gélatine végétale, 427.
 Gelée (action sur les betteraves), 550.
 Gemmaire (variation), 143.
 Généalogique (procédé), 148, 157.
 Génération (Influence de la succession des), 145.
 Genres, 141.
 Germination, 95, 235.
 Germination (action des agents chimiques), 111.
 Germination (action de la chaleur), 98.
 Germination (action du froid), 98, 100.
 Germination (Influence de l'enfouissement), 106.
 Germination (Influence de l'électricité), 106.
 Germination (Influence de l'humidité), 98.
 Germination (Influence de l'oxygène), 105.
 Germination (Influence de la température), 105.
 Germination (Influence du trempage), 101.
 Germination (action des microorganismes), 122.
 Germination (Essais de), 129.
 Germination (phénomènes chimiques), 108.
 Germination (phénomènes physiques), 107.
 Germination (phénomènes morphologiques), 107.
 Glomérules, 64, 66.
 Glomérules (Dénombrement et poids), 128.
 Glucosanes, 396.
 Gluconique (acide), 403.
 Glucose-d., 365, 371.
 Glucoside confirylique, 414.
 Glutamine, 448.
 Glutamique (acide), 448.
 Glutarate de calcium, 355.
 Glutarique (acide), 355.

- Glycérine, 422.
 Glycérine (formation), 643.
 Glycérine (Influence mélassigène), 622.
 Glycérophosphate de calcium, 422.
 Glycogène, 644.
 Glycolate de calcium, 349.
 Glycolique (acide), 348.
 Glycoxylique (acide), 349.
 Glycoxylate de calcium, 349.
 Glyoxylique (acide), 349.
 Goitre de la betterave, 486, 518.
 Gomme de la betterave, 401.
 Graine de betterave (dans l'alimentation des bestiaux), 74.
 Graine de betterave (Anatomie), 67.
 Graine de betterave (Analyse), 124.
 Graine de betterave (Botanographie), 63.
 Graine de betterave (composition chimique), 70.
 Graine de betterave (et la composition des racines qu'elles donnent), 77.
 Graine de betterave (consommation), 57.
 Graine de betterave (constitution et caractères), 66.
 Graine de betterave (Diminution de la production française), 60.
 Graine de betterave (Etude botanique et chimique), 63.
 Graine de betterave (Elite), 152.
 Graine de betterave (faculté d'absorption pour l'eau), 103.
 Graine de betterave (enveloppes extérieures), 67.
 Graine de betterave (Importations, exportations), 60.
 Graine de betterave (Industrie), 154.
 Graine de betterave (Influence des parasites), 117.
 Graine de betterave (Localisation des substances constituantes), 94.
 Graine de betterave (Maturation), 66.
 Graine de betterave (Normes), 135.
 Graine de betterave (Physiologie), 84.
 Graine de betterave (Poids des glomérules et des graines), 78.
 Graine de betterave (Poids du litre), 67.
 Graine de betterave (Production), 57, 59, 140.
 Graine de betterave (Quotient de pureté), 132.
 Graine de betterave (Relation entre la composition et la grosseur), 77.
 Graine de betterave (Valeur culturale), 134.
 Graisses, 411.
 Greffe, 200, 219, 655.
 Greffe (valeur scientifique et résultats), 220.
 Greffe (variation par), 144.
 Gürtelschorf, 508.
- H**
- Hannetons, 437.
 Helminthes, 493.
 Hematogène, 292, 326.
 Hemicelluloses, 394, 404.
 Hesbaye (betterave de la), 38.
Heterodera radicum, 498.
Heteroda Schachtii, 493.
 Hexosanes, 396.
 Hexoses, 365.
Histiostoma Feroniarum, 486.
 Historique, 4, 633.
 Homogentisique (acide), 410.
 Homolactique (acide), 348.
 Humidité (dosage dans les graines), 127.
 Hybridation, 143, 151.
 Hydrates de carbone, 363.
 Hydrates de carbone (migration), 316.
 Hydrates de carbone (origine et formation), 363.
 Hydrates de carbone (production), 316, 317.
 Hydroquinonacétique (acide), 410.
 Hylémie, 483.
 Hyménoptères, 478.
- I**
- Impuretés (dosage dans les graines), 127.
 Impureté (quotients d'), 282.
 Incrustations, 597.
 Industrie de la graine de B., 154.
 Industries betteravières, naissance, 3, 4, 5.
 Inflorescence, 64.
 Isocholestérine, 412.
 Inversion en distillerie, 638.
 Invertase, 641.
- J**
- Jaunisse de la B., 121, 309, 312.

Jus, 267.

Jus de diffusion (composition), 570.

L

Laine vasculaire primaire, 237, 260.

Laricine, 414.

Lavage des racines, 553.

Lecithines, 292, 330, 351, 419, 437.

Légumineuses, 426, 427, 578.

Lepidoptères, 479.

Lévilane, 397.

Lévilose, 365.

Levure (composition), 643.

Leucamiq (acide), 416.

Leucine, 416.

Leuconostoc mesenteroides, 396, 569.

Ligneux (corps), 405.

Ligneux (tissu), 259.

Lignine, 405.

Limbes (proportion), 231.

Limbes (surface), 231.

Limonion, 3.

Lipases, 433.

Lithium, 327, 328.

Long blood red (betterave), 28.

M

Magnésium, 290, 324.

Maladies de la betterave, 565.

Maladie de la B. (Influence sur la teneur en cendres), 309.

Maladie de la pulpe, 372.

Malamate de calcium, 353.

Malates de calcium, 356.

Malique (acide), 353, 356.

Malonique (acide), 353.

Maltose, 390.

Mammoth (Betterave disette), 30.

Manganèse, 292, 326, 327.

Mannane, 397.

Marc, 267.

Matières aromatiques, 413.

Matières azotées (dans le jus de diffusion), 566.

Matières azotées (dosage), 434.

Matières dissoutes apparentes et réelles, 283.

Matières grasses, 411.

Matières minérales de la B., 287.

Matières minérales dans le jus de diffusion, 566.

Matières minérales dans le jus de diffusion (au chaulage), 576.

Matières minérales de la levure, 644.

Matières minérales (épuisement du sol en), 287.

Matière sèche (eau et), 278.

Mélasses (composition), 626.

Mélassigénie, 612.

Mélibiase, 646.

Mélolonthines, 437.

Membrane rhizogène, 237.

Métapectine, 398.

Métapectique (acide), 399, 402, 404.

Métabarane, 393.

Métabarine, 402.

Métabarique (acide), 402.

Méthylpentosanes, 395.

Méthylsuccinique (acide), 356.

Mildiou de la betterave, 515.

Mille pattes, 492.

Mineuses, 482.

Moissons des graines, 194.

Montée à graines, 149, 447.

Montée à graines (Influence sur la teneur en cendres), 305.

Morphologie de la B., 223.

Moscouade, 8.

Mort de la betterave, 521.

Mouche de la B., 482.

Mucique (acide), 402, 404.

Musca stabulans, 484.

Myriapodes, 492.

N

Nématodes, 493.

Nevroides, 3.

Nettoyage de la graine, 197.

Noctuelles, 479.

Normes pour les graines, 135.

Nucléines, 330, 351, 431.

Nucleo-albumines, 431.

O

OEdomyces leproides, 518.

Organates (dans le jus de diffusion), 568.

Orobanches, 502.

Otiobinques, 475.

Orthodioxibenzol, 414.

Orthoptères, 484.

- Oxacétique (acide), 348.
 Oxalate de calcium, 349, 354, 593.
 Oxalique (acide), 315, 322, 349.
 Oxy-carbaillique (acide), 361.
 Oxy-citrique (acide), 362.
 Oxyde caséux, 416.
 Oxygénation des moûts, 646.
 Oxyglycollique (acide), 349.
 Oxyphénique (acide), 414.
 Oxyphénol, 414.
- P**
- Pararabine, 402.
 Parapeptine, 398.
 Parapeptique (acide), 399, 404.
 Parasites de la graine, 117.
 Pectase, 399, 400.
 Pecteux (acide), 400.
 Pectinase, 401.
 Pectine, 398.
 Pectiques (matières), 397, 402, 558.
 Pectose, 398.
 Pectosique (acide), 399.
 Pegomies, 482.
 Pentosanes, 393, 395.
 Pentoses, 392.
 Pepsine, 433.
 Peptones, 429.
 Peptonisation en distillerie, 649.
 Peptonisation en sucrerie, 567.
 Perce-oreille, 484.
 Periderme, 259.
Peronospora Schachtlii, 421, 515, 527.
 Pertes dans les transporteurs et les la-
 voirs, 553.
 Pétioles (croissance), 374.
 Pétioles (maladie des), 528.
 Pétioles (proportion), 234.
 Phelloderme, 259.
Phoma betae, 422, 506, 528.
Phoma tabifica, 418, 422, 528.
 Phosphate de calcium, 422.
 Phosphate de calcium (solubilité), 578.
 Phosphore, 290, 292, 323, 329, 657.
 Phyllostica, 550.
 Phytostérine, 412.
 Pied chaud, pied noir, mal du pied, 565.
 Pieris, 479.
 Pivot (Etude du), 225.
 Planchon, 184.
 Planchon (culture), 184.
 Planchon (plantation), 192.
 Plantation des porte-graines, 192.
Plectroceslis tibialis, 477.
Pleospora putrefaciens, 527.
 Pluies (influence sur la teneur en cen-
 dres), 297, 362.
Plusia gamma, 481.
 Poids spécifique du jus (sélection d'a-
 près le), 167.
 Poids spécifique des racines (sélection
 d'après le), 167.
 Point de carbonatation, 584.
 Poirée, 1, 2.
 Pollen, 63.
 Polysaccharides, 392.
 Porte-graines, 63, 192.
 Porte-graines (composition), 92.
 Porte-graines (culture), 188.
 Porte-graines (épauement du sol par le),
 92.
 Porte-graines (nutrition), 84.
 Porte-graines (physiologie), 84.
 Potassium, 290, 309, 656.
 Pourriture du cœur, 422, 527, 529.
 Pourriture rouge, 521.
 Pourriture sèche, 501, 507.
 Pression osmotique, 383.
 Propeptones, 429.
 Prix de la betterave, 19, 21, 22, 53.
 Prix de revient des betteraves sélection-
 nées, 183.
 Prix de revient de la culture du plan-
 chon, 188.
 Prix de revient d'un hectare de graines,
 199.
 Production du sucre en Allemagne, 21.
 Prosenchyme, 262, 387.
 Protagon, 420.
 Protéiques (matières), 425, 436.
 Protéiques (matières à la diffusion), 566.
 Pailboreau (Betterave de), 31.
 Pulpes de sucrerie, 570.
 Pulpes de distillerie, 639.
 Pureté (quotients de), 282.
 Pyrocatechine, 414.
 Pyrocatechique (acide), 414.
 Pyromorintannique (acide), 414.
 Pyropectique (acide), 399.
 Pyrotartrique ou pyrotartreux (acide),
 355.
Pythium de Baryanum, 418, 596.

- Q**
- Quotient de pureté des graines, 132.
 Quotients de pureté et d'impureté, 282.
 Quotients réels et apparents, 283.
 Quotient salin, 298.
- R**
- Race (Influence sur la teneur en cendres), 294.
 Racine (Longueur de la racine de B.), 226.
 Racine (Répartition du sucre dans la), 176.
 Racine (Structure anatomique), 258, 385.
 Racinide, 521.
 Radicelles (Etude des), 225.
 Raffinose, 390.
 Raffinose fermentation, 645.
 Rayons médullaires, 240, 247, 260.
 Réception, 536.
 Rechauffage des jus de diffusion, 572.
 Réfrigération des silos, 550.
 Rendement de la betterave en poids, 53.
 Rendement de la betterave en sucre, 49, 54.
 Rendement en graines, 199.
 Répartition du sucre de la racine, 176.
 Résineux (acide), 412, 413.
 Rétrogradation de l'alcalinité, 594.
 Rhodogène, 408.
 Rhyncotes, 485.
 Rhizoctone violette, 418, 506, 521.
 Richesse sacch. de la B. (Relation avec la densité du jus), 276.
 Rouge de Betterave, 408, 409.
 Rouille de la B., 519.
 Rübenschorf, 507.
 Rubidium, 292, 328.
- S**
- Saccharogénie, 373.
 Saccharose, 372.
 Saccharose (genèse), 373.
 Saccharose (relations entre la richesse saccharine et la structure anatomique), 385.
 Saturation, 588.
 Saturation (action sur les non-sucres), 589.
Sclerotium semen, 520.
 Sectionnement, 165.
 Sélection, 157, 160.
 Sélection chimique, 166.
 Sélection (classement des betteraves par la), 181.
 Sélection d'après la densité des racines, 167.
 Sélection d'après la densité du jus, 167.
 Sélection d'après le dosage direct du sucre dans la racine, 169.
 Sélection d'après la pureté, 175.
 Sélection d'après la richesse saccharine du jus, 168.
 Sélection en masse avec formation d'étilite, 159.
 Sélection naturelle, 146.
 Sélection ordinaire en masse, 159.
 Sélection en poids, 165.
 Sélection physique, 160.
 Sélection (prix de revient), 183.
 Sélection (Résultats de la), 179.
 Sels de chaux, 591, 598.
 Sels de chaux (ordre de solubilité des), 599.
 Semis, 446.
 Short's pine-apple Beet, 28.
 Silésie (Betterave blanche de), 37.
 Silicium, 290, 333.
 Sillons saccharifères, 161.
 Silos, 545.
 Silphes, Silphides, 461.
 Sodium, 290, 318.
 Sol, 440.
 Sol (épuisement par le porte-graines), 92.
 Sol (Etude du), 439.
 Sol (infection), 506.
 Sol (Influence sur la teneur en cendres), 302.
 Sol (Préparation), 445.
 Solubilité (chiffre de), 349.
 Souche de la betterave (développement et constitution), 223, 244.
 Soufre, 290, 321.
Sphaerella tabifica, 528.
Sporidesmium putrefaciens, 527.
 Squelette de la betterave, 324, 396.
 Statistique, 47.
 Stomates, 252.
 Strasbourg (betterave pyriforme de), 25.
 Strontium, 292, 328.

Substances proteiques, 423.
 Succinate de calcium, 355.
 Succinique (acide), 354, 643.
 Sucrase, 641.
 Sucre, 372.
 Sucre (Historique de la fabrication du), 7.
 Sucre (destruction à la concentration), 592.
 Sucre inverti, 465.
 Sucre (Pertes à la diffusion), 566.
 Sucre (Pertes de la fabrication), 631.
 Sucres réducteurs, 365.
 Sucre-calciques (combinaisons), 575, 583.
 Sucre (relations avec la teneur en cendres), 295.
 Sulfate de calcium (solubilité), 577.
 Sulfitation, 605.
 Sulfitation (action sur le sucre), 605.
 Sulfitation (action sur les non-sucres), 606.
 Sulfitation barytique, 608.
 Sulfite de calcium (solubilité), 607.
 Surfaces cultivées en betteraves, 48.
 Sursaturation (coefficients), 624.
 Syntonine, 429

T

Tankard (Betterave-jaune), 36.
Tanymecus palliatus, 476.
 Tare, 536.
 Tartrate de calcium, 359.
 Tartrique (acide), 358.
 Taupins, 460.
 Température de la fermentation, 646.
 Tenthrède de feuilles de rave, 478.
 Terres à betteraves, 440.
 Terres rares, 327.
 Tetranyque tisserand, 486.
Thyphula variabilis, 520.
 Tiefschorf, 508.
 Tige de la betterave, 257.
 Tissu cortical, 259.
 Tissu ligneux, 259.
 Tissu parenchymateux, 263.

Titane, 328.
 Transport des betteraves à l'usine, 553.
 Triage des reproducteurs, 160.
 Tricarballate de calcium, 360.
 Tricarballique (acide), 339.
 Triméthylamine, 422, 424.
 Triméthylbétaine acétique, 422.
 Triméthylglycocolle, 422.
 Triple carbonatation, 629.
 Trisaccharides, 390.
 Tumeurs charbonneuses de la betterave, 518.
 Tylenchus, 501.
 Tyrosinase, 409.
 Tyrosine, 409, 419.

U

Ubiquité de la betterave, 318.
Uredo Betae, 519.
Uromyces Betae, 421, 519.

V

Valeur proportionnelle, 234.
 Valeur relative des races sucrières, 41.
 Vanadium, 292, 328.
 Vanilline, 413.
 Variation par bouture ou gemmaire, 143, 144.
 Variations par greffes, 144.
 Variétés (Amélioration des), 147.
 Variétés (cause du développement des), 146.
 Variétés (Genèse), 140.
 Variétés (formation), 143.
 Variétés (Production et conservation), 142.
 Vauriac (betterave jaune géante de), 37.
 Végétaux supérieurs parasites, 502.
 Ver gris, 480.
 Victoria beet, 28.
 Vinasses (composition), 635.
 Whyte (Betterave rouge foncée de), 25.

Z

Zinc, 329.
 Zymase, 641.

ERRATA

- Page 6, note 4 ; ajouter *de la révocation*, après *à la suite*.
Page 53, 2^e alinéa : ajouter *des* après *les courbes*.
Page 64, figure 35 (Légende), au lieu de *Portène*, lire *Portion*.
Page 67, dernière ligne, dernier renvoi, lire (3) au lieu de (1).
Page 68, 1^{er} alinéa, 2^e ligne, ajoutez *fig. 41*.
Page 94, 4^e alinéa, 3^e ligne, avant *externe* lisez : *l'enveloppe*.
Page 97, 2^e alinéa, 12^e ligne, après 8 lisez *sortes de*.
Page 113, 1^{er} alinéa, ajoutez : voyez *note (2) page 112*.
Page 132, au calcul des impuretés : au lieu de 4.852, lisez 1.932.
Page 133, au lieu de 23.960, lisez 23.963, et au lieu de 31.387, lisez 31.390.
Page 138, 9^e alinéa, au lieu de 76, lisez 70.
Page 171, 2^e alinéa, au lieu de : $1/4$ du poids normal, c'est-à-dire 4 gr. 10 ou 6 gr. 512, lire : $1/4$ du poids normal, c'est-à-dire 4 gr. 01 ou 6.43.
Page 189, 2^e alinéa, 3^e ligne : au lieu de 6 m. c. lisez 60 m. c.
Page 226, dernière ligne, au lieu de : elle, lisez *telle*.
Page 236, 3^e alinéa, avant espaces, ajouter *des*.
Page 235, 4^e alinéa, 1^{er} ligne, au lieu de 0,54, lire 0 mm. 51.
Page 263, fig. 92, légende : au lieu de graine, lire *gaine*.
Page 281, au lieu de : fig. 87, lisez *fig. 93*.
Page 298, au lieu de fig. 93, lisez *fig. 94*.
Page 334, 1^{er} alinéa, dernière ligne au lieu de : et à moins d'électivité, lire : *et a moins d'électivité*.
Page 335, 1^{er} alinéa, 3^e ligne : ajoutez *et* après *potasse*.
Page 337, 3^e alinéa, 2^e ligne, annuler *aussi*.
Page 344. Le renvoi (2) doit être placé dans la première ligne du 4^e alinéa, après Barral.
Page 346, 2^e ligne, au lieu de : en donnant l'amide, lisez *en donnant l'acide amidé*.
Page 347, 4^e alinéa, 3^e ligne : au lieu de *nutrifie*, lisez *nitrifié*.
Page 361, 6^e alinéa, 4^e ligne : au lieu de 0.18127, lisez 1 8127 ; 9^e alinéa, 2^e ligne au lieu de *a trouvé dans*, lisez *a trouvé à 17^e c. dans*.
Page 389, fig. 98, légende, au lieu de : *d* cellules de l'assise. Saccharifères, lisez *d* cellules de l'assise saccharifère.
Page 435, titre de l'art. 204, au lieu de : Amide, lisez *Amides*.
5^e ligne, après *alcalis*, ajoutez : *dans les conditions de l'expérience*.
Page 473 titre de l'art. 234, au lieu de : *octiorhinque*, lisez *Ottiorhinque*.
Page 549, 2^e alinéa, 7^e ligne, au lieu de Vallon, lisez *Ballon*.
Page 610, note (2), lisez 612 au lieu de 611.
Page 618, 4^e alinéa, 8^e ligne, au lieu de : il cristallise, lisez *le sel cristallise*.
-

LAVAL, -- IMPRIMERIE PARISIENNE, L. BAHNÉOUD & c^{ie}.
