

79849

TRAITÉ
DE LA
FABRICATION DE L'ALCOOL

PAR

D^r MAX. MAERCKER

Directeur du laboratoire de recherches et Professeur de l'Université
de Halle s. la Saale.

Traduit de la IV^e édition allemande

PAR

E. BOSKER
Ingenieur civil (I. I. N.)
Ancien Directeur de distillerie.

CH. WARNERY
Distillateur.

TOME I^{er}



LILLE,
IMPRIMERIE L. DANIEL.

1889



P R E F A C E .

Depuis longtemps déjà , toutes les personnes qui s'intéressent à la distillation des grains désiraient connaître le traité de Maercker qui jouit en Allemagne d'une réputation hautement méritée. Les éditions allemandes se succèdent rapidement et l'auteur, directeur du laboratoire de recherches et professeur à l'Université de Halle-sur-Saale , maintient ainsi l'enseignement qu'il donne au niveau des progrès constants de l'industrie.

On pourrait peut-être s'étonner qu'un traité original de la distillation, savant, technique et industriel , comme l'est l'ouvrage dont MM. Bosker et Warnery donnent la traduction, n'ait pas été encore édité en France. Certainement il existe en France des savants dont les travaux fondamentaux ont servi de base à l'industrie des fermentations, dont l'illustration est universelle ; il suffit de nommer Pasteur, Duclaux, Dubrunfaut. Mais dans un traité à la fois savant et industriel, l'application des théories scientifiques tient une place considérable, la plus grande peut-être.

Quand on considère l'ampleur du cadre d'un traité industriel complet, quand cet ouvrage, au lieu d'être une compilation plus ou moins heureuse des mémoires épars publiés sur les points de détail ;

est marqué de la note personnelle de son auteur, on est effrayé de la somme de travail et de connaissances profondes qu'il demande.

Une entreprise de ce genre, accomplie avec indépendance, sans autre préoccupation que la recherche et l'affirmation de la vérité, serait insuffisamment récompensée, onéreuse pour son auteur. Chaque procédé, chaque appareil a un inventeur, un constructeur ; de nombreux intérêts sont attachés à l'opinion qu'un auteur autorisé exprime dans un ouvrage spécial ; quelques-uns sont satisfaits, le grand nombre se considère comme insuffisamment recommandé. En outre, comment faire pour être soi-même sûr de son jugement, sûr de ne pas être inconsciemment injuste dans ses préférences.

Enfin, ce sont les résultats pratiques obtenus, sérieusement contrôlés, qui forment l'opinion de l'auteur d'un traité spécial ; il est bien difficile d'obtenir des industriels qui sont à la tête du progrès, la communication complète, sans réticences, des moyens qui ont assuré leur supériorité. Des raisons purement économiques ou commerciales s'opposent souvent aussi à ce qu'on fasse connaître ses avantages ou ses erreurs, surtout si on sait que le public en deviendra le confident. Nous nous rappelons un exemple assez caractéristique de la difficulté de s'instruire soi-même : nous avons obtenu fort obligeamment de visiter une magnifique usine, admirablement agencée et aussi bien conduite qu'organisée. Aucune partie de l'usine ne nous a été fermée, rien ne nous était en apparence caché ; chacun des appareils avait ses indicateurs de température, de pression, etc., etc. Il suffisait d'écrire ce qu'on voyait pour avoir l'histoire authentique, de visu, de toute la fabrication et de chacune des opérations en détail. Le travail était certainement excellent, il en avait absolument tous les caractères, et cependant il nous semblait qu'il ne pouvait être ce qu'il nous apparaissait, d'après les températures et pressions auxquelles on opérait ; elles n'étaient pas en conformité absolue avec les données théoriques généralement admises. Nous avons témoigné notre étonnement au fabricant qui nous accompagnait ; il nous a répondu que chacun de ses instruments de contrôle était faussé d'une

quantité connue de son directeur seul, qu'il se mettait ainsi à l'abri des indiscretions des visiteurs et même de ses propres ouvriers.

Voilà quelques-unes des raisons qui font qu'un traité technique consciencieux et complet, ne peut guère être l'œuvre que d'une collectivité ou d'un savant qui peut avoir à sa disposition les renseignements et les travaux d'une association.

Enfin, en France, l'industrie de la distillation par le malt est encore peu répandue, c'est la seule qui existe. pour ainsi dire, en Allemagne; il était donc naturel que la plus grande somme de travaux et d'études se fit dans ce pays.

En Allemagne les distillateurs forment une association puissante, des écoles techniques et pratiques ont été créées par le gouvernement.

L'enseignement professionnel est donné par des savants et des spécialistes éminents. On y centralise les renseignements, on y contrôle les procédés et appareils, on y poursuit toutes les études pouvant amener des perfectionnements. Le docteur Maercker est un savant de haute distinction, il professe à l'école de distillerie, il était donc en mesure de mener à bonne fin l'œuvre importante qu'il a entreprise. Les renseignements affluent à l'école, on peut les provoquer au besoin avec certitude d'être exactement renseigné. En Allemagne, la question de concurrence commerciale n'a pas d'importance; la lutte n'a pas lieu entre les diverses usines, mais toutes les usines réunies luttent ensemble contre le budget; les bénéfices dépendant uniquement de la valeur des primes et de la manière d'interpréter la loi.

La France n'ayant pas cette organisation puissante d'écoles professionnelles, ne présente pas toutes les conditions favorables qui se rencontrent en Allemagne. Un traité complet de distillation demanderait le travail d'un grand nombre d'années, des dépenses considérables, et lorsqu'il serait terminé plusieurs de ses parties seraient déjà surannées.

L'initiative de MM. Bosker et Warnery a été heureuse, ils auront été des vulgarisateurs utiles; leur compétence personnelle leur

a permis d'interpréter exactement la pensée de l'auteur ; la forme de l'ouvrage, la parfaite exécution des figures et du texte donnent au traité une facilité de lecture et de compréhension très appréciable.

Nous ne pensons pas qu'il soit bien utile de passer en revue les différentes parties de l'œuvre du Docteur Maercker puisque les lecteurs l'auront devant les yeux en même temps que cette courte préface. Nous ne pouvons pas cependant ne pas remarquer combien la partie scientifique, qui précède chaque exposé pratique, est éminemment traitée ; il nous semble même que certains faits, qui ont donné lieu à des études originales, nouvelles dans la pensée de leurs auteurs, étaient déjà connues par le docteur Maercker. Nous y trouvons la preuve de la nécessité des relations scientifiques internationales ; il serait bien profitable au pays de pouvoir créer une sorte d'organisation de traduction qui mettrait chaque nation en communauté de progrès avec les autres pays. En dehors des difficultés et des passions politiques, il pourrait exister une région plus élevée, plus sereine ; la marche du progrès pourrait être suivie, et interprétée plus qu'elle ne l'est aujourd'hui. Malheureusement c'est dans une autre direction que se meut l'industrie, on cherche son avantage bien plus dans l'amointrissement de ses concurrents que dans le progrès personnel.

Nous souhaitons plein succès à la traduction de MM. Bosker et Warnery et s'il nous était permis d'émettre un vœu, nous désirerions que la traduction de l'ouvrage de Maercker ne fût qu'un commencement. Il serait bon que des suppléments annuels parussent régulièrement pour nous tenir au courant des perfectionnements de l'industrie à l'étranger ; c'est aux fabricants à les encourager dans cette voie.

E. DURIN.

TOME PREMIER

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I.

	Pages
COMPOSITION ET TRANSFORMATION DES PRODUITS ORGANIQUES ENTRANT DANS LA FABRICATION DE L'ALCOOL	1
A. Corps pouvant produire de l'alcool	2
Amidon (2). Maltose (28). Dextrine (32). Dextrose (40). Lévulose (42) Sucre de canne (42). Inuline (44). Lichénine (44). Cellulose (45).	
B. De la diastase et de l'invertine	45
Diastase (45). Invertine (54)	
C. Produits de la fermentation.....	55
a. Produits principaux : Acide carbonique (55). Alcool (56).	
b. Produits secondaires : Alcool amylique (60). Aldéhyde acétique (61). Acide acétique (61). Acide butyrique (62). Acide succinique (62). Glycérine (63). Acide lactique (64). Mannite (65). Gommés (65). Divers.	

CHAPITRE II.

MATIÈRES PREMIÈRES EMPLOYÉES POUR LA FABRICATION DE L'ALCOOL :

A. Matières amylacées	65
1. POMMES DE TERRE : Historique, teneur en amidon (68). Fumure et culture (79). Composition : Matières azotées et non azotées (82). Acides (85). Matières insolubles et Matières minérales (86). Influ- ence de la gelée (90). Maladies (91) Conservation (94). Composi- tion des pommes-semences (97).	
2. GRAINS DIVERS : Froment (97). Seigle (99). Orge (104). Avoine (110). Maïs (112). Riz (118). Sarrasin (120). Dari (120).	

	Pages
B. Matières sucrées	121
1. BETTERAVES	121
2. MÉLASSE	122
C. Matières diverses : ..	
1. TOPINAMBOURS	124
2. MARRONS.....	126
3. BOIS	127
4. LICHENS.....	127
5. DIVERS : GARANCE ETC.....	128

CHAPITRE III.

MÉTHODES D'ANALYSE DES MATIÈRES PREMIÈRES ET DES PRODUITS DE LA FABRICATION DE L'ALCOOL :

A. Détermination de l'amidon et des sucres	129
B. Détermination de l'amidon dans les pommes de terre par les procédés chimiques	142
C. Détermination de l'amidon dans les pommes de terre d'après le poids spécifique	147
Table donnant la teneur en matières sèches des pommes de terre d'après les poids spécifiques	151
Table donnant la teneur en amidon d'après les poids spécifiques....	156
Table pour les balances Reimann et Hurtzig.....	168
I. Analyse chimique des pommes de terre	172
Matières insolubles, cendres, matières azotées, cellulose, humidité, matières sèches.....	173
II. Analyse chimique des grains	174
Amidon, matières azotées, matières albuminoïdes par le procédé de Stutzer, albumine assimilable, matières azotées solubles, matières grasses, cendres	176
PROCÉDÉ BALLING POUR LA DÉTERMINATION PRATIQUE DE LA RICHESSE EN AMIDON.....	176

	pages
III. <i>Analyse chimique des betteraves</i>	177
IV. <i>Analyse chimique des mélasses</i>	177
Table donnant la richesse en sucre d'après les degrés Balling et Beaumé	178
Détermination de la richesse en sucre par la fermentation	180
V. <i>Analyse du malt et des matières premières servant à sa préparation</i> :	
1. MATIÈRES PREMIÈRES : Humidité, impuretés, poids spécifique de l'orge, acidité, matières azotées de l'orge : Albumine et amides, pouvoir de germination.	187
2. DU MALT : Extrait, humidité, acidité, matières solubles dans l'alcool, pouvoir diastasique.	189
VI. <i>Analyse des moûts</i>	196
SACCHAROMÉTRIE : tables de Balling et de Brix	199
Table de Pohl	204
ANALYSE DES JUS SUCRÉS	208
Amidon insoluble (211), maltose et dextrine (212), dextrose (213), matières diverses (214).	
ANALYSE DE LA LEVURE	215
Acidité (215), pouvoir fermentescible (218), évaluation des cellules contenues dans un volume donné de levain (219), forme des cellules (221), teneur en azote (222), teneur en amidon (223)	
ANALYSE DES MOÛTS FERMENTÉS	223
Essai de la diastase (224), maltose et dextrine (224), degré saccharo- métrique (225), matières azotées (226), acidité (226), teneur en marc, table de Fischern (227), détermination de la richesse alcoolique (228).	
ANALYSE DE L'ALCOOL BRUT ET DE L'ALCOOL RECTIFIÉ	235
Procédé Roese (235), procédé Marbuardt (236), diaphanomètre Savalle (237), procédé à l'iode (238).	
ANALYSE DES DRÈCHES	239
ALCOOMÉTRIE	242

CHAPITRE IV.

PRÉPARATION DU MALT :

I. <i>Qualités de l'orge convenable pour la préparation du malt</i>	267
II. <i>De l'eau et de la trempé</i>	270

	pages
II. <i>De la germination</i>	281
ETUDE CHIMIQUE ET CONDITIONS GÉNÉRALES DE LA GERMINATION	287
Action de l'oxygène (287), aération des caves (288), température (290), action de la lumière et de l'électricité (292), influence des dissolutions salines (292).	
MODIFICATIONS CHIMIQUES QUI SE PRODUISENT PENDANT LA GERMINATION	294
Transformations des substances azotées (295), transformations des substances non azotées (298).	
ÉTUDE PRATIQUE DU MALTAGE	306
Composition des germes du malt (307), composition du malt vert et du malt sec (307), composition des cendres (308), teneur en eau (308), rendement de l'orge en malt (309), poids d'un hectolitre d'orge (310), dimensions des caves de malterie (311), quantité de malt nécessaire pour le travail de la distillerie (312 et 334), épaisseur des couches de malt (313), durée de la germination (313), table de Stenglein donnant les dimensions des caves de malterie (315), disposition des caves (317), maturité du malt (318), pouvoir diastasique des différents malts (319), conservation du malt (321), préparation du malt sec (322), désinfectants (325) maltage mécanique (328), résumé des conditions à remplir pour obtenir un bon malt (328), concassage du malt (337), broyeur de malt (338), préparateurs de lait de malt (344).	

CHAPITRE V.

DE LA SACCHARIFICATION ET DES APPAREILS QU'ELLE EXIGE AU POINT DE VUE SPÉCIAL DU TRAVAIL DES POMMES DE TERRE ET DES GRAINS	347
<i>Résumé des diverses opérations de la fabrication de l'alcool</i>	347
<i>Des lavours de pommes de terre</i>	349
<i>De la cuisson des matières premières amylacées :</i>	
1. ANCIENS APPAREILS	355
2. APPAREILS HOLLEFREUND	357
3. ANCIEN APPAREIL DE BOHM	363
4. APPAREIL HENZE	367
Appareil Paucksch (370), exhausteur (378), distributeurs de vapeur (381), dispositifs de vidange, broyeurs	384
Appareils divers : Ellenberger (389 à 393), Wery (395), Lwowski (395), Camin et Neumann (398), Paucksch (399), Hentschel (403),	

	pages.
Eckert (406), Fritze (407), Paulmann (408), Hampel (409), Pampe (411), Bechstein (413), Pluntsch (414), Schmidt (414), Rath (417), Retter (418), Pzillas (418), Leinhaas (419), Kyll (419).	
Broyeurs divers	423
Broyeur et Saccharificateur Bohm.....	424
Broyeur et Saccharificateur Paucksch.....	428
<i>Procédé de Wassmuss pour le traitement des pommes de terre par l'acide muriatique.....</i>	<i>431</i>
<i>Procédé de Trobach et Corda.....</i>	<i>432</i>
<i>Appareil Warein fils et Defrance.....</i>	<i>433</i>

CHAPITRE VI.

TRAVAIL DU MAÏS, DES GRAINS, ET AUTRES MATIÈRES CONTENANT DE L'AMIDON.

A. *Maïs* :

Travail du maïs par les anciens procédés.....	
Travail du maïs avec le cuiseur Henze.....	438
Travail du maïs par les acides sulfurique ou chlorhydrique.....	445
Travail du maïs malté	
Travail sous pression du maïs concassé (procédé Riebe).....	449
Travail simultané du maïs et des pommes de terre.....	450

B. *Grains et particulièrement le seigle* :

Travail par les anciens procédés, macérateur Lacambre.....	452
Travail par les cuiseurs	453
Rendement du seigle.....	456
Travail simultané du seigle et des pommes de terre.....	456
Travail des grains entiers à l'air libre (Procédé Schuster).....	457
Travail du seigle malté	458
Travail des grains par le procédé Porion	459

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME PREMIER

TRAITÉ

DE LA

FABRICATION DE L'ALCOOL

PAR

D^r MAX. MAERCKER

Directeur du laboratoire de recherches et professeur de l'Université
de Halle s. la Saale.

Traduit de la IV^me édition allemande

PAR

E. BOSKER
Ingénieur civil,
ancien directeur de distillerie.

CH. WARNERY
Distillateur.

CHAPITRE PREMIER.

COMPOSITION ET TRANSFORMATION DES PRODUITS ORGANIQUES ENTRANT DANS LA FABRICATION DE L'ALCOOL.

Le tableau ci-dessous contient la liste des principales substances organiques qui jouent un rôle dans la fabrication de l'alcool.

A. — *Produits directement ou indirectement fermentescibles :*

Amidon	C ⁶	H ¹⁰	O ⁵
Maltose	C ¹²	H ²²	O ¹¹
Dextrine	C ⁶	H ¹⁰	O ⁵

Dextrose.	C ⁶	H ¹²	O ⁶
Levuline.....	C ⁶	H ¹⁰	O ⁵
Levulose.	C ⁶	H ¹²	O ⁶
Sucre cristallisable..	C ¹²	H ²²	O ¹¹
Inuline.	C ⁶	H ¹⁰	O ⁵
Lichenine.....	C ⁶	H ¹⁰	O ⁵
Cellulose.....	C ⁶	H ¹⁰	O ⁵

B. — *Ferments inversifs* :

Diastase.
Invertine.
Ferments des bactéries.

C. — *Produits de la fermentation* :

1° Alcool éthylique ou esprit de vin,
Acide carbonique.

2° PRODUITS ACCESSOIRES :

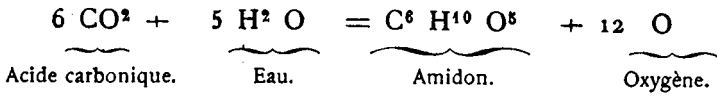
Alcool propylique.	Acide acétique.
Alcool isopropylique.	Acide butyrique.
Alcool butylique.	Acide lactique.
Alcool amylique.	Acide succinique.
Alcool isoamylique.	Glycérine.
Acétal.	Gommes.
Aldéhydes.	Mannite.

A. — CORPS POUVANT PRODUIRE
DE L'ALCOOL.

AMIDON. C⁶ H¹⁰ O⁵,

a. — *Origine et nature de l'amidon* :

L'amidon est un corps très répandu dans le règne végétal. Il se produit dans les parties vertes des plantes par la transformation de l'acide carbonique, en présence d'eau, sous l'influence de la lumière solaire.



Il n'est pas encore bien certain qu'il ne se produise pas, avant la forme définitive, des composés intermédiaires tels que l'acide oxalique ou d'autres acides végétaux.

L'amidon, ainsi formé dans les feuilles des plantes, subit diverses transformations et passe à l'état de sucres. Comme tous les sucres possèdent la propriété de traverser les membranes, en vertu des phénomènes de l'osmose, il en résulte que, de cellule en cellule, ces sucres suivent la sève et se trouvent ainsi accumulés en des endroits spéciaux, où ils subissent la transformation inverse et reforment de l'amidon qui se fixe. Les parties de la plante où se forment ces dépôts d'amidon sont principalement :

- La partie albumineuse de la semence,
- La moelle du tronc et des branches,
- Les oignons, tubercules, rhizomes et racines.

On n'en rencontre jamais beaucoup dans les parties vertes qui lui ont donné naissance en premier lieu.

Le but physiologique de ces accumulations d'amidon est de procurer à la plante, pour la végétation ultérieure, les aliments organiques dont elle a besoin.

Il s'en suit naturellement que la teneur en amidon des grains et des pommes de terre, pendant la germination, est plus faible qu'à l'état normal et que, par suite, la valeur de ces matières en distillerie est moins grande.

Voici la teneur en amidon de quelques matières premières employées pour la fabrication de l'alcool :

Seigle.....	67,4 %	Lentilles.....	49,2 %
Froment.....	66,4	Mais.....	62,1
Orge.....	63,9	Riz.....	75,4
Avoine.....	55,7	Sarrasin.....	56,7
Haricots.....	45,9	Pommes de terre.	20,0
Pois.....	52,5		

L'amidon s'extrait plus ou moins facilement des grains pulvérisés

ou des pommes de terre rapées. L'amidon extrait de ces dernières est désigné sous le nom de *fécule*.

Si on lave des pommes de terre rapées, sur un tamis très serré, en crin, l'amidon est entraîné par les eaux de lavage. En lavant à plusieurs reprises les grains d'amidon ainsi séparés, on obtient une masse d'un blanc éclatant qui, sous la pression des doigts, produit un grincement tout à fait caractéristique.

Il est beaucoup plus difficile d'extraire l'amidon pur des grains concassés ou de la farine, car les eaux de lavage entraînent toujours du gluten, qu'on ne peut enlever que par de très nombreuses lévigations ou par une fermentation putride.

L'amidon est formé de grains de structures excessivement variables.

Les fig. ci-dessous représentent les sortes les plus répandues; elles proviennent du livre de J. Wiesner (techn. microscopie).

GRAINS SIMPLES.

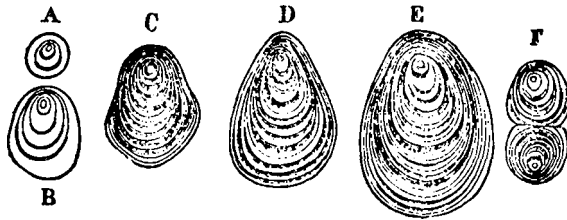


Fig. 1.

Amidon de pommes de terre agrandi 300 fois.

A. grain jeune non développé. — B-E grains développés.

F grain composé.

I. — *Les grains d'amidon de pommes de terre sont ovoïdes; la section transversale a la forme d'un cercle dont les contours sont souvent irréguliers. Le noyau est excentré et se trouve presque toujours du côté de la pointe.*

Les couches, également excentrées, qui entourent le noyau sont nombreuses et bien marquées; quelques unes ressortent toujours fortement.

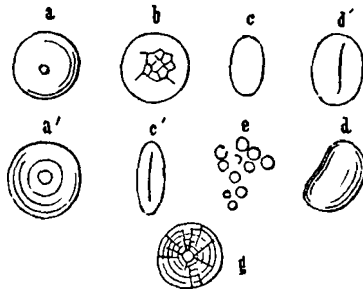


Fig. 2.

Amidon de froment agrandi 300 fois. — *a-d* gros grains, *e* petits; *a b* vue en plan, *c c'* vue de côté; *b* grain sur lequel on remarque des empreintes affectant la forme d'un filet et produites par les petits grains; *c' d'* grains présentant des fentes passant par le noyau.

II. — *Les grains d'amidon du seigle, du froment et de l'orge se ressemblent beaucoup. Il n'est possible de les distinguer qu'en ayant recours aux mesures microscopiques; mais ils présentent des empreintes particulières (fig. 2) qui permettent de les distinguer de toutes les autres sortes d'amidon.*

Les grains sont de deux grandeurs; on en rencontre de gros et de petits, sans toutefois en trouver de grandeur intermédiaire. Les gros grains ont la forme de lentilles, les petits sont sphériques et souvent polyédriques. Les gros grains ne présentent généralement pas de couches, ou seulement quelques-unes. Il est difficile de constater la présence du noyau, mais la place en est souvent indiquée par quelques fentes.

Les petits grains ne présentent jamais de couches et à la place du noyau se trouve ordinairement une cavité pleine d'air.

Wiesner recommande, pour distinguer ces trois sortes d'amidon, de les mettre dans l'eau. Dans ce cas, tous les petits grains de l'amidon d'orge prennent un mouvement de rotation, tandis qu'il n'y a que ceux inférieurs à 0,0022 m. m. pour le seigle et le froment qui prennent également ce mouvement.

De plus, on a remarqué que dans les amidons de froment et de seigle, il y a la même quantité de petits grains pour une quantité donnée de gros, tandis que dans l'amidon de l'orge la quantité de petits grains est relativement plus grande. Wiesner ne donne toutefois pas de chiffres.

III. — *Amidon des haricots, pois, lentilles, etc.. etc.* Les grains d'amidon de ces différents corps affectent la forme d'un ellipsoïde. Ils possèdent un noyau central et des couches concentriques. Généralement, le noyau est figuré par une cavité longue, déchirée, remplie d'air et qui a l'aspect d'un point noir.

Les grains jeunes sont ronds. Il n'est pas rare de rencontrer des irrégularités dans la forme, notamment des contours brisés (fig. 3).

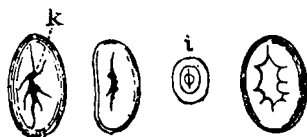


Fig. 3

Grains d'amidon des semences de haricots (*Phaseolus vulgaris*) agrandis 300 fois
i, grain non complètement formé, *k*, noyau.

GRAINS COMPOSÉS.

IV. — *L'amidon d'avoine* est formé, en partie, de grains composés de 20 à 70 grains partiels (d'après Naegeli, il y en aurait jusque 300). Ces grains composés affectent la forme d'ellipsoïdes. Les grains partiels qui les constituent ont la forme de polyèdres, généralement irréguliers, présentant de 3 à 6 angles. On rencontre dans l'amidon d'avoine, outre les grains composés, des grains simples. Ils se distinguent facilement des grains partiels, car ils ont une forme sphérique et on n'en rencontre pas qui soient polyédriques (fig. 4).

V. — *L'amidon de riz* est également formé de grains composés et de grains simples (fig. 5).

Les grains composés sont constitués par la réunion de 2 à 100 grains partiels. Les grains partiels présentent un contour polygonal ayant 3-5 ou 6 angles.

Le noyau est formé d'une grande cavité polygonale ayant souvent la forme d'une étoile.

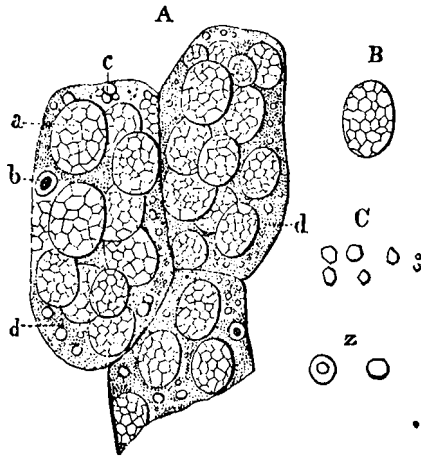


Fig. 4.

La figure est agrandie 300 fois. Cellules de l'albumine de la semence d'avoine dans lesquelles se trouve l'amidon, *a*, grain composé; *b*, *c*, grains simples; *d*, protoplasme. B grain composé. C grains partiels. Z grains simples. C et Z sont un peu plus agrandis.

Les grains simples de l'amidon de riz ne peuvent se distinguer des grains composés. Ils remplissent l'intervalle laissé entre ces derniers, et forment, par leur rupture, des grains brisés et irréguliers.

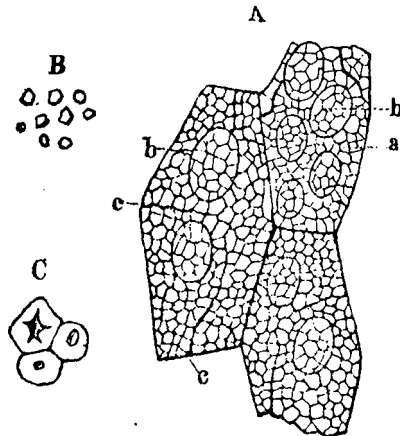


Fig. 5.

A et B agrandis 300 fois, C 800 fois. A cellule d'un grain de riz. *a* grains simples. *b* grains composés. *c* fente produite par la dessiccation du tissu. B grains simples de *a* et *b*. C les mêmes plus agrandis.

VI. — *L'amidon du maïs* est formé de grains simples, composés et brisés. Dans la partie extérieure et cornée du maïs, les grains d'amidon sont serrés les uns contre les autres et reliés par des grains irréguliers.

Les grains simples forment la partie intérieure et farineuse du grain; cependant on y rencontre aussi quelques grains composés, formés par la réunion de 2 à 7 grains partiels. Les grains simples sont arrondis et affectent la forme de sphères ou d'ellipsoïdes. Les grains brisés et composés ont la forme de polyèdres.

Presque tous les grains présentent un noyau; les grains secs sont sillonnés de fentes rayonnant du centre à la circonférence. Naegeli a rencontré quelquefois, dans le maïs naturel, des couches distinctes; mais Wiesner n'a jamais pu en trouver (fig. 6).

Voici les dimensions de quelques sortes d'amidon, d'après Wiesner :

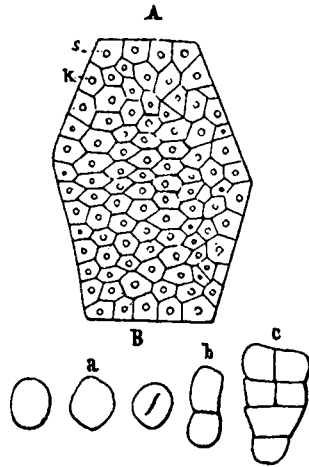


Fig. 6

Amidon de maïs agrandi 300 fois. A cellule où se trouve l'amidon dans la partie cornée du maïs. s grains simples. k noyau. B, a grains simples. b et c grains composés de la partie farineuse du maïs.

	PETITS GRAINS.		GROS GRAINS.	
	Limites.	Moyennes.	Limites.	Moyennes.
Orge.....	0,0016 ^{mm} — 0,0064	0,0046 ^{mm}	0,0108 — 0,0328 ^{mm}	0,0203 ^{mm}
Froment.....	0,0022 — 0,0082	0,0022 »	0,0111 — 0,0410 »	0,0282 »
Seigle.....	0,0022 — 0,0090	0,0063 »	0,0144 — 0,0475 »	0,0369 »
	GRAINS SIMPLES.		GRAINS COMPOSÉS.	
Pommes de terre.	0,0600 — 0,1000	0,0700 ^{mm}	—	—
Avoine.....	0,0030 — 0,0110	0,0080 »	0,0140 — 0,0540 ^{mm}	0,0310 ^{mm}
Riz.....	0,0030 — 0,0070	0,0050 »	0,0180 — 0,0360 »	0,0220 »
Maïs.....	0,0072 — 0,0325	0,0200 »	—	0,0470 »

	MAXIMUM.	MOYENNE.
Pois chiches.	0,030	0,030
Haricots.....	0,035	0,033
Lentilles.....	0,040	0,033
Fèves, fêveroles.....	0,040	0,039
Pois.....	0,065	0,057

Il ressort de ces tableaux que, de tous les grains d'amidon, ceux des pommes de terre sont les plus gros.

Nous ne pouvons pas nous étendre davantage sur la structure et la formation des grains d'amidon, et nous devons renvoyer le lecteur aux ouvrages spéciaux, parmi lesquels nous recommandons : « Les grains d'amidon » de Naegeli (Schulthess à Zurich 1858).

b. — Étude chimique de l'amidon.

Les grains d'amidon sont formés de trois substances possédant des propriétés chimiques différentes ; ce sont : la granulose, et deux amidons de solubilités différentes, se rapprochant beaucoup de la cellulose et que nous appellerons amidon-cellulose. Les grains sont formés de couches distinctes de granulose, d'après Naegeli. Les couches extérieures sont, en général, plus serrées que celles qui se trouvent près du noyau ; ces dernières renferment plus d'humidité.

L'amidon cellulose se trouve principalement localisé dans les couches extérieures des grains d'amidon, et souvent les constitue à lui seul. Les couches extérieures sont les plus anciennes, car les grains croissent de l'extérieur à l'intérieur, par Intussusception.

Voici, d'après Naegeli jeune, quelle est la composition de la cellulose formant les couches extérieures du grain :

$$\begin{aligned} \text{C} &= 44,42 \% \\ \text{H} &= 6,48 \text{ \textasciitilde} \\ \text{O} &= 49,10 \text{ \textasciitilde} \end{aligned}$$

Comme la cellulose proprement dite contient $\text{C} = 44,44$ et $\text{H} = 6,17$, on voit que sa composition est la même que celle du produit dont nous nous occupons. C'est à cause de la présence des couches de cellulose que les grains non déchirés sont laissés intacts par l'eau froide. Le grain d'amidon n'est même pas attaqué par l'eau chaude, quoique la granulose en absorbe une certaine quantité. Ce n'est que si les couches de cellulose ont été déchirées, par un

moyen mécanique quelconque, qu'une petite partie de la granulose se répand dans l'eau et s'y dissout.

En lavant à plusieurs reprises, à l'eau froide, les grains d'amidon déchirés, on sépare toute la granulose et il reste la cellulose sous forme de couches très minces.

On arrive plus facilement à ce but en employant des acides très étendus ou des ferments saccharificateurs (salive ou malt) qu'on laisse agir très peu de temps ; une action plus prolongée transformerait également tout l'amidon-cellulose en sucre.

L'amidon-cellulose se distingue de la granulose par son action sur la teinture d'iode. Il donne, en effet, en présence de ce réactif, une coloration jaune, tandis que la granulose donne une teinte bleue. On arrive facilement, au moyen des acides dilués et des ferments, à séparer les grains d'amidon en deux parties, dont l'une bleuit et l'autre jaunit en présence de l'iode.

L'amidon-cellulose et la cellulose proprement dite possèdent la propriété de bleuir en présence de l'iode, lorsqu'ils ont été traités au préalable par l'acide sulfurique ; mais ces deux corps diffèrent en ce que l'amidon cellulose devient soluble par l'action du malt, tandis que la véritable cellulose n'est pas attaquée.

D'après Naegeli jeune, on ne rencontre pas seulement, dans le grain d'amidon, les deux matières à réactions caractéristiques sur l'iode dont nous venons de parler ; on y trouve aussi plusieurs matières intermédiaires donnant des teintes violette, rouge, orange, etc., etc.

Il est intéressant de remarquer que toutes ces réactions sur l'iode se produisent également aux températures élevées auxquelles on opère par les nouveaux procédés de cuisson sous pression.

Ainsi, si on essaie un empois de pommes de terre, obtenu à la pression de 3 à 4 atmosphères, on trouve que le liquide clair, contenant la granulose en dissolution, donne avec l'iode une coloration bleue ; si la cuisson a été trop poussée, on obtient une teinte d'un ton bleu-violacé. La masse non dissoute ne donne plus avec l'iode la teinte bleue caractéristique de l'amidon naturel ou cuit sous la pression atmosphérique, mais une coloration rouge-violacé, ou même jaune pour certains grains cuits de cette manière.

Comme il a déjà été dit plus haut, il existe deux modifications de la cellulose dans le grain d'amidon ; en effet, si on traite des grains d'amidon par de l'eau bouillante, la plus grande partie de

la cellulose et toute la granulose se transforment en amidon soluble ; mais il reste toujours 2,5 à 5, 5 % du poids du grain, d'amidon-cellulose non transformé par l'eau bouillante.

Cet amidon-cellulose se dissout dans une solution de potasse et se transforme, par son action, à haute température, en amidon soluble.

Les deux celluloses et la granulose de l'amidon sont cependant des corps ayant une grande ressemblance, puisque, dans certaines conditions, ils se transforment tous trois en amidon soluble (Brown et Héron). A l'avenir nous ne ferons plus de distinction entre ces trois corps que nous appellerons *amidon*.

Nous avons déjà fait remarquer que la cellulose se trouvait dans les parties extérieures du grain ; néanmoins, on en rencontre aussi, mais en plus petite quantité, mélangée à la granulose dans toutes les parties.

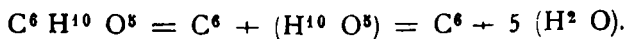
La formule de l'amidon est $C^6 H^{10} O^5$ ou un multiple de cette formule.

Les doutes qui existaient sur la formule de ce corps ont été levés par Salomon et Tollens, et il est certain que la formule $C^6 H^{10} O^5$ est plus exacte que celle donnée par Naegeli $C^{36} H^{62} O^{31}$.

La formule $C^6 H^{10} O^5$ correspond à

$$\begin{array}{r} C = 44,44 \\ H = 6,17 \\ O = 49,39 \\ \hline 100,00 \end{array}$$

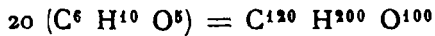
L'amidon appartient au groupe des hydrates de carbone, corps ainsi nommés parce qu'il entre dans leur composition de l'hydrogène et de l'oxygène dans le rapport qui correspond à l'eau. Ainsi, pour l'amidon, on a :



On pourrait croire que l'amidon n'est qu'une combinaison du carbone avec de l'eau ; il n'en est rien cependant, et le groupement moléculaire est beaucoup plus compliqué.

Il est de plus certain, d'après toutes les combinaisons de l'amidon, que sa formule doit être, en réalité, un multiple de $C^6 H^{10} O^5$, probablement 3 ou 4 ($C^6 H^{10} O^5$).

Brown et Héron prétendent même qu'on doit adopter la formule



Ils déduisent cette formule de la transformation de l'amidon par la diastase du malt.

D'après Payen, le poids spécifique de l'amidon séché à l'air est 1,505 à 19°,7 C. ; à l'état complètement sec 1,600.

Il est probable que les diverses sortes d'amidon ont des poids spécifiques différents.

Le poids spécifique de l'amidon en dissolution ou à l'état d'empois est 1,66 (Brown et Héron).

Pour trouver le poids d'amidon renfermé dans un hectolitre de liquide dont on connaît le poids spécifique, on emploie la formule suivante :

$$P = D \times \frac{d}{d-1}$$

P poids d'amidon par hectolitre.

D degré du densimètre.

d densité de l'amidon (1,66).

Soit un liquide renfermant de l'amidon en dissolution dont la densité = 1008,95, on aura

$$P = 0^{\circ}895 \times \frac{1,66}{1,66 - 1} = 2^{\text{k}},251$$

Brown et Héron ont trouvé qu'en divisant le poids spécifique moins mille par le coefficient 3,976 on obtient également la quantité d'amidon dissous par hectolitre.

En effet, dans l'exemple précédent, nous avons pour poids spécifique 1008,95 donc

$$\frac{1008,95 - 1000}{3,976} = \frac{8,950}{3,976} = 2^{\text{k}},251$$

Résultat égal à celui qu'on avait obtenu ci-dessus.

Cette façon de procéder peut servir à déterminer quelle est la teneur en amidon pur d'un amidon humide et impur.

Il suffit pour cela de dissoudre une quantité donnée de cet amidon

dans l'eau bouillante et de prendre ensuite le poids spécifique du liquide obtenu, ramené à un volume déterminé, un litre, par exemple.

La composition des diverses sortes d'amidon varie.

Voici les résultats trouvés par l'auteur pour l'amidon de froment et celui de pommes de terre.

	Froment.	Pommes de terre.
Amidon pur	97,65	98,88
Matières minérales	0,28	0,40
Albumine.....	0,38	0,28
Cellules d'amidon.....	1,69	0,34
	100,00	100,00

L'amidon est un corps hygroscopique. L'amidon sec, exposé à l'air humide, absorbe de l'eau en quantité plus ou moins grande suivant l'état hygrométrique de l'air.

Voici quelques chiffres donnés, à ce sujet, par Nossiau .

Quantité d'eau absorbée avec de l'air dont le degré de saturation est :

	73 %	et	100 %
Amidon de froment.	6,94		18,92
d° de seigle.....	10,01		19,36
d° de pommes de terre.....	10,33		20,92
d° de maïs.....	10,53		19,55
d° de sarrasin.....	10,85		20,02
d° de riz.....	10,89		19,84
d° de gland.....	11,96		22,98

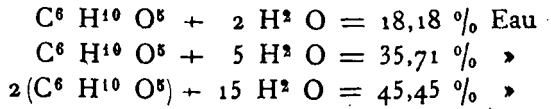
Il est intéressant de remarquer, d'après le tableau ci-dessus, la différence qui existe entre le pouvoir hygroscopique de l'amidon de froment et celui de l'amidon de pommes de terre.

L'auteur a trouvé que les quantités d'eau absorbée par les amidons du commerce provenant du froment et des pommes de terre étaient respectivement de 18 et 21 %.

L'amidon humide, desséché à l'air libre, contient toujours au moins 35 % d'eau (Wagner, fabrication de l'amidon, page 17); on arrive à réduire l'humidité à 18 % en séchant l'amidon dans des étuves.

L'humidité normale de l'amidon du commerce est de 18 %.

D'après Payen, il y aurait trois combinaisons de l'amidon avec l'eau :



L'alcool à fort degré absorbe rapidement la plus grande partie de l'eau de l'amidon.

Scheibler a basé sur cette propriété de l'alcool un procédé permettant de doser l'humidité de l'amidon. Ce procédé consiste à laver un poids donné d'amidon avec une quantité déterminée d'alcool dont on connaît le poids spécifique. Après absorption de l'humidité de l'amidon, le poids spécifique de l'alcool aura augmenté et permettra de calculer quelle a été la quantité d'eau absorbée.

L'amidon desséché mis en présence d'eau l'absorbe avec grande énergie et toute la masse s'échauffe.

L'amidon chauffé à des températures supérieures à 160° passe à l'état d'amidon soluble (Maschke) dans l'eau chaude ; puis, sans perte de poids, se transforme en dextrine (Vauquelin).

Ce n'est qu'à des températures encore plus élevées que l'amidon se détruit ; on obtient alors des produits caramélisés.

Il s'ensuit que l'emploi des appareils à cuire sous pression, pour le travail de l'amidon, ne peut avoir aucun inconvénient et ne présente pas de danger.

On reprochait, en effet, aux nouveaux procédés de caraméliser une partie de l'amidon ; mais, comme la température de 160° correspond à une pression de 6 atmosphères, et que dans les nouveaux appareils on ne dépasse pas 4 atmosphères, correspondant à 145°,4 C. on voit que les reproches ne sont pas fondés.

Par contre, certaines dissolutions de dextrine et de sucre (Maltose) se détruisent à des températures beaucoup plus basses ; il est donc important de cuire avec précaution, lorsque ces corps se trouvent déjà formés dans les matières premières, ou lorsqu'ils prennent naissance pendant la cuisson.

C'est le cas lorsqu'on cuit en présence d'acides ou de malt, comme dans le procédé Riebe.

La présence de chlorure de sodium ou de chlorure de magnésium dans l'eau de cuisson favorise également la caramélisation.

Il sera donc prudent, dans certains cas, de ne pas cuire à trop haute pression, et, par suite, à trop haute température.

La distillation sèche de l'amidon donne les produits suivants : acides carbonique et acétique, carbures d'hydrogène, huiles empyreumatiques et eau. Il reste, comme résidu, un charbon boursoufflé.

L'amidon est insoluble dans l'alcool, l'éther, les huiles fluides, et, en général, dans tous les dissolvants ordinaires ; en présence de l'eau il se comporte d'une façon toute spéciale.

Les grains entiers restent intacts ; en effet, l'iode ne produit aucune réaction sur l'eau filtrée qui a été mise en contact avec ces grains.

Nous avons déjà expliqué pourquoi il en était ainsi : la cellulose des couches extérieures empêche la sortie de la granulose qui gonfle en présence de l'eau et même s'y dissout en petite quantité.

D'après Knop, en frottant les grains d'amidon les uns contre les autres en présence d'eau, il se produit une dissolution d'amidon reconnaissable à la réaction de la liqueur filtrée sur l'iode. Knop prétend que l'échauffement qui résulte du frottement des grains est cause de cette dissolution.

Naegeli jeune a démontré que l'amidon est insoluble dans l'eau, mais qu'il devient soluble lorsqu'il y a eu absorption d'eau au préalable.

Même à la température ordinaire, lorsqu'on broie des grains sous l'eau, il se dissout une partie de l'amidon lorsque les grains ont été trempés, c'est-à-dire lorsqu'ils ont préalablement absorbé de l'eau, et la solubilité est d'autant plus grande que le trempage a été plus complet.

L'amidon traité par de l'eau bouillante donne de l'*empois*.

E. Lippmann a déterminé les différentes températures auxquelles les diverses sortes d'amidon donnent un *empois* (*Chem. Centralblatt*, 1861, page 859).

Cet observateur a échauffé graduellement le mélange d'eau et

d'amidon et a observé au microscope, pour chaque élévation de température de 1° à 2°,5 C., l'aspect de l'amidon.

Dans le tableau suivant :

- A représente absorption d'eau importante.
 B » commencement de la formation d'empois.
 C » formation complète d'empois.

	A	B	C
Amidon de seigle.....	45,0° C.	50,0° C.	55,0° C
» maïs.....	50,0	55,0	62,5
» chataignes.....	52,5	58,75	62,5
» marrons d'Inde.....	52,5	56,25	58,75
» orge.....	37,5	57,5	62,5
» pommes de terre.....	46,25	58,75	62,5
» riz.....	53,75	58,75	61,25
Arrow-root (A. maculatum)....	50,0	58,75	62,5
Radix hermodactyli.....	»	61,25	65,0
Tapioca.....	»	62,5	68,75
Gouet (plante de la famille des aroïdées)	45,0	63,75	68,75
Amidon de froment.....	50,0	65,0	67,5
Arrow-root (mar. arundin).....	66,25	66,25	70,0
Sagou.....	»	66,25	70,0
Amidon des glands de chêne.....	57,5	77,5	87,5
Sarrasin.....	55,0	68,75	71,25

Les grains d'amidon, au début de la formation d'empois, commencent par se déchirer dans la région du noyau, puis ils se dilatent dans le sens des couches les plus minces. A 54° C., quelques grains éclatent; à 59 à 60° C., il en éclate davantage; à 61°, un bon nombre se déchirent; à 62°, la rupture est presque générale, et à 64° elle est complète.

A partir de 60° C., l'eau filtrée donne, avec l'iode, la coloration bleue caractéristique; mais ce n'est que vers 72° C., que se produit véritablement l'empois. Avant la formation complète d'empois, les grains d'amidon se gonflent considérablement et atteignent des dimensions trente fois supérieures à celles des grains naturels.

D'après Svoboda, les parties les plus jeunes, c'est-à-dire les noyaux, se modifient tout d'abord lors de la formation d'empois; en même temps, tout le grain se gonfle, perd son aspect primitif, et ressemble à un sac qui serait plein d'empois.

Lorsque la masse sort des grains qui éclatent, ceux-ci affectent la forme d'outres affaissées ; cet amidon gonflé se dissout en partie dans l'eau ; mais, par refroidissement, une partie se dépose sur les enveloppes, d'où il résulte un épaissement de l'empois.

On voit donc que plus la température est élevée, plus l'empois est fluide, et cette observation présente de l'intérêt pour les appareils Hollefreund et Bohm. En effet, à de basses températures, il est complètement impossible de faire marcher l'agitateur de ces appareils ; par contre, à de hautes températures, il est facile de le mettre en mouvement.

Stumpf et Delbrück ont fait les remarques suivantes sur la formation d'empois à hautes températures (*Zeitschrift für Spiritus Industrie*, 1878, page 259).

Il suffit, lorsque la proportion d'amidon est à celle de l'eau comme 1 à 4, de maintenir pendant 4 heures à 130° C., un empois très épais pour le transformer en un liquide très fluide ; toutefois, par refroidissement, la plus grande partie de l'amidon dissous se sépare à nouveau. (Si on laisse la masse se refroidir sans la remuer, elle reste souvent longtemps fluide, puis s'épaissit subitement. (Maercker).

Il suffit même de maintenir pendant 3 heures, à 125° C., seulement, un mélange très épais de une partie d'amidon pour deux parties d'eau pour le rendre très fluide. Dans les mêmes conditions, avec un mélange de une partie d'amidon pour une partie d'eau, on peut aussi obtenir une masse très fluide (Maercker).

Il résulte de ce fait que l'amidon, en présence d'eau et à haute pression, se fluidifie complètement, que la transformation de l'amidon est plus complète et la saccharification beaucoup plus rapide avec les nouveaux appareils de cuisson sous pression. Nous reviendrons sur ce point lorsque nous parlerons des cuiseurs.

D'après des expériences anciennes de Stumpf et Delbrück, on croyait que l'attaque de l'amidon par l'eau, sous pression, produisait la saccharification d'une notable partie de l'amidon ; il n'en est rien cependant, et des expériences récentes de Soxhlet ont démontré que cette saccharification était produite par des traces d'acide fixé sur l'amidon soumis aux essais. *L'amidon pur, cuit à haute pression en présence d'eau, ne donne jamais de sucre.*

Cette observation est très importante, puisqu'elle montre qu'on

ne peut pas obtenir la saccharification de l'amidon sous pression sans l'aide d'acides ou de malt.

L'amidon dévie à droite la lumière polarisée ; à l'état d'empois son pouvoir rotatoire égale 219,5.

L'amidon de pommes de terre donne avec l'eau un empois presque limpide ; au contraire, l'amidon de froment donne un liquide trouble et opaque.

L'empois résulte-t-il de la dissolution des grains d'amidon, ou seulement de leur gonflement ?

Le fait qu'un empois très fluide se laisse filtrer facilement sur le papier porterait à croire que c'est une dissolution ; mais l'empois ne pouvant traverser les membranes et n'obéissant pas aux lois de l'osmose, on arrive à une conclusion contraire.

L'empois n'est donc pas une véritable dissolution, c'est-à-dire la combinaison de la matière dissoute avec le dissolvant ; mais on peut le comparer aux dissolutions de dextrine, d'albumine, de gomme, etc., etc., qui ne possèdent pas non plus la propriété de traverser les membranes.

L'empois ne représente même pas une combinaison aussi intime de l'amidon avec l'eau que les dissolutions de dextrine, gomme, etc., etc., qui peuvent être absorbées par les corps poreux. Ces derniers corps, d'ailleurs, après avoir été précipités de leur dissolution, possèdent la propriété de se redissoudre dans l'eau froide. (La dextrine peut être précipitée par de l'alcool).

Les corps poreux n'absorbent, au contraire, que l'eau de l'empois et l'amidon reste sous forme de peau sur le corps poreux ; toutefois, on n'a pas encore déterminé si quelque partie de l'amidon, la granulose, n'était pas absorbée et si la partie déposée n'était pas seulement la cellulose.

Nous ferons remarquer, en passant, que l'empesage du linge est basé sur cette propriété. En effet, le linge absorbe l'eau de l'empois et l'amidon reste à la surface. En passant ensuite le fer sur le linge, la haute température transforme l'amidon en dextrine qui rend ainsi la surface luisante.

Par congélation de l'empois, l'amidon se sépare et ne peut plus se redissoudre dans l'eau froide. Il faut échauffer la masse à la température à laquelle l'empois peut se former pour obtenir la dissolution.

On ne doit donc pas considérer l'amidon comme une matière soluble proprement dite.

Brown et Héron, se basant sur l'augmentation de densité de l'amidon dissous, prétendent qu'il y a combinaison, et, par suite, véritable dissolution de la granulose dans l'eau. La cellulose, au contraire, ne serait que gonflée et motiverait les propriétés particulières de l'empois.

Le lecteur doit se rappeler que l'amidon dissous a une densité de 1,66, tandis que la densité de l'amidon complètement sec n'est que de 1,513.

Les observations de B. et H. sur l'empois obtenu dans diverses circonstances sont très intéressantes.

Si l'on dessèche de l'amidon humide à 100° C. pendant 24 heures, (I) d'une part; puis si l'on dessèche le même amidon, d'abord par le vide, puis également pendant 24 heures à 100° C. (II), et, enfin, si l'on dessèche toujours le même amidon, d'abord par le vide, puis sans dépasser la température de 30° C. (III), les amidons secs ainsi obtenus donnent des empois dont la viscosité peut être représentée par :

I.	=	1,000
II.	=	2,306
III.	=	3,288

On voit donc que la dessiccation lente de l'amidon a une très grande influence sur la viscosité de l'empois, et, si la valeur d'un amidon est proportionnelle à l'épaisseur de l'empois qu'il donne, les expériences de B. et H. pourront rendre de très grands services aux fabricants d'amidon.

On connaît une sorte d'amidon soluble dans l'eau à basse température.

Les acides dilués bouillants, ou les acides concentrés froids, transforment l'amidon en une matière soluble dans l'eau à la température ordinaire; cette matière bleuit la teinture d'iode et est précipitée par l'alcool.

La même transformation se produit en chauffant l'amidon en présence d'acide acétique cristallisable ou de chlorure de zinc.

Cet amidon soluble s'obtient facilement en triturant ensemble trois parties d'amidon et deux parties d'acide sulfurique concentré.

On obtient de la sorte une masse blanche et transparente qui, lavée pendant une demi-heure avec de l'alcool, donne l'amidon soluble sous forme d'une poudre blanche.

D'après Zulkowski, on obtient encore plus facilement l'amidon soluble en chauffant l'amidon avec vingt fois son poids de glycérine jusqu'à 170 à 190° C. On le purifie en le dissolvant à plusieurs reprises dans l'eau et le précipitant par l'alcool.

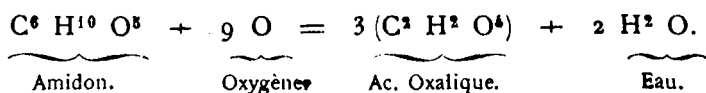
Dans les dissolutions concentrées d'amidon soluble, il se produit une rétrogradation et une partie de l'amidon soluble revient à l'état d'amidon insoluble ; il en est de même pendant la dessiccation.

L'amidon soluble se dissout facilement dans l'eau et très difficilement dans l'alcool ; il est complètement insoluble dans l'éther et donne avec l'iode une coloration bleue, comme il est dit plus haut.

L'amidon soluble est un des nombreux composés intermédiaires entre l'amidon et la maltose.

L'empois d'amidon abandonné à l'air ne tarde pas à subir la fermentation lactique. Il est probable que les ferments putrides transforment d'abord l'amidon en maltose ou en dextrose, car on trouve toujours dans l'empois fermenté des substances réduisant la liqueur de Fehling.

Sous l'influence de puissants agents d'oxydation, l'amidon se transforme en acide oxalique :



L'oxygène et même l'air atmosphérique produisent l'oxydation de l'amidon humide avec dégagement d'acide carbonique.

Voici le nombre de calories développées par la combustion de l'amidon et de quelques autres hydrates de carbone (Rechenberg) :

1 kilogr. Amidon	dégage	4479	Calories
1 » Inuline	»	4398	»
1 » Dextrine	»	4325	»
1 » Maltose sèche	»	4163	»
1 » Sucre de Canne	»	4173	»
1 » Dextrose sèche	»	3939	»

Il existe peu de combinaisons caractéristiques de l'amidon avec d'autres corps.

L'amidon traité par les alcalis donne une masse gélatineuse transparente. Si l'on traite cette gelée par de l'éther ou de l'alcool, il se forme un précipité composé de quatre à cinq parties d'amidon pour une partie d'alcali (Tollens). Le pouvoir rotatoire de ce corps est de 172 (Brown et Héron).

La baryte et la chaux donnent des combinaisons analogues, de même que les oxydes de cuivre et de plomb.

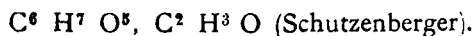
D'après A. Müller, l'amidon dissous dans les solutions alcalines se conserve pendant des années, et c'est sous cette forme qu'il donne avec l'iode la réaction la plus caractéristique. Toutefois, il faut acidifier la liqueur avant de l'employer.

L'acide nitrique donne plusieurs combinaisons avec l'amidon :



Ces deux combinaisons existent à l'état soluble et à l'état insoluble. Traitées par le chlorure de fer, elles donnent de l'amidon soluble avec dégagement de vapeurs nitreuses.

Il existe aussi une combinaison de l'amidon avec l'acide acétique :



L'acide tannique précipite l'amidon de l'empois ou de ses dissolutions; mais on ne connaît pas la composition du précipité.

En résumé, il n'existe pas de combinaisons définies desquelles on puisse déduire le groupement moléculaire de l'amidon.

La réaction de l'amidon sur l'iode est tout à fait caractéristique et l'iode est le réactif le plus sensible de l'amidon.

La granulose et l'amidon soluble donnent avec lui une couleur indigo très intense.

L'amidon-cellulose soumis à l'action de la salive, du malt ou des acides étendus donne une coloration jaune; toutefois, on peut obtenir, selon les circonstances, des colorations violette, orange ou rouge.

L'iode ne forme pas avec l'amidon une combinaison déterminée; les analyses de l'amidon traité par l'iode ont montré que la quantité

d'iode absorbé était variable ; elle est généralement de 3 à 7 % du poids de l'amidon.

Lassaingne prétend toutefois avoir obtenu un corps composé de 41,8 d'iode et de 58,2 d'amidon.

D'après Naegeli, les teintes produites par l'iode en présence de l'amidon tiennent à l'absorption de l'iode par l'amidon ; on remarque, d'ailleurs, que l'iodure d'amidon ne présente aucune teinte que l'iode ne puisse également présenter.

C'est ainsi que l'on trouve de petits cristaux d'iode qui, examinés au microscope, ont une teinte bleu-indigo ; les petits grains d'iode présentent aussi une grande ressemblance avec l'iodure d'amidon bleu-indigo.

Les vapeurs d'iode, de même que la dissolution d'iode dans le chloroforme, sont d'un violet caractéristique. La dissolution d'iode dans l'acide iodhydrique, ou dans l'iodure de potassium, a une teinte orange ; étendue, elle est jaune, etc., etc., etc.

En résumé, l'action de l'iode sur l'amidon doit être considérée comme une absorption de ce réactif par l'amidon et non comme une combinaison

A l'appui de ce fait, on peut citer l'action des dissolvants de l'iode qui modifient considérablement la teinte de l'iodure d'amidon. C'est le cas, par exemple, d'après Naegeli, pour l'iodure de potassium et l'acide iodhydrique. La teinte bleu-indigo de l'iodure d'amidon est transformée en teinte variant du violet au rouge par les deux dissolvants ci-dessus.

L'alcool en excès décolore complètement l'iodure d'amidon.

Plus la température du liquide dans lequel on fait agir l'iode sur l'amidon est basse, plus la coloration est intense.

D'après Frésenius, avec $\frac{1}{528000}$ d'iode, à 0°, on obtient encore une coloration appréciable avec des empois très fluides, tandis qu'à 13°, 20° et 30°, il ne se produit rien.

Pour obtenir une coloration à 13°, il a fallu employer une dissolution contenant $\frac{1}{300.000}$ d'iode, à 20° la richesse de la dissolution a dû être augmentée jusqu'à $\frac{1}{198000}$ et à 30° jusqu'à $\frac{1}{99000}$.

Lorsqu'on chauffe une dissolution d'iode d'amidon, la coloration bleue disparaît et la liqueur prend une teinte jaune; par refroidissement la coloration bleue reparaît, pourvu, toutefois, qu'on n'ait pas chauffé trop longtemps et que l'iode ne se soit pas volatilisé.

Pohl explique ce fait par la différence de solubilité de l'iode aux différentes températures.

A de hautes températures, la solubilité de l'iode augmentant, l'amidon n'a plus le pouvoir de le retenir et il passe dans la dissolution en la colorant en jaune.

Par le refroidissement, la solubilité diminue et le pouvoir absorbant redevient plus fort; l'iode se sépare donc de la dissolution pour se reporter sur l'amidon et la teinte bleue reparaît.

C'est pour la même raison qu'à basse température la teinte est plus intense qu'à haute température.

L'iode d'amidon à coloration bleue est le composé qui se forme le plus souvent. Si, par exemple, dans une dissolution renfermant plusieurs modifications d'amidon, on introduit un peu d'iode, la teinte bleue se produit seule et il ne se forme que de l'iode d'amidon. Si on augmente la dose d'iode, les autres teintes, allant du violet au rouge, apparaîtront. En chauffant cette dissolution, c'est la teinte bleue qui disparaît la dernière, et, par refroidissement, c'est encore la teinte bleue qui reparaît tout d'abord.

D'après les observations de Pickering, lorsqu'on laisse tomber goutte à goutte une dissolution d'iode dans une dissolution d'amidon, la couleur bleue apparaît aussitôt lorsque l'amidon est pur; si la dissolution contient de la dextrine, les premières gouttes ne produisent aucun effet.

Dans une dissolution de dextrine et d'amidon, l'addition d'iode produit d'abord la teinte bleue; ce n'est qu'ensuite que se développent les teintes violettes ou rouges provenant de la dextrine. Il est donc facile de constater des traces d'amidon dans une dissolution de dextrine.

Puisque la teinte bleue est la plus fixe, on pourra facilement, en chauffant une dissolution d'amidon et de dextrine colorée en violet

ou rouge, faire disparaître ces dernières teintes et obtenir la coloration bleue caractéristique.

De même, en laissant évaporer la dissolution, l'iode fixé sur la dextrine se dégagera en premier lieu et l'on verra apparaître la teinte bleue, même en présence de très petites quantités d'amidon.

L'amidon peut absorber l'iode fixé par d'autres substances qui, comme lui, retiennent de l'iode en se colorant; par exemple l'albumine. Dans une dissolution de ces substances et d'amidon, l'iode ne se portera sur elles que lorsque l'amidon sera saturé; il importe donc, dans ces cas, d'employer un excès de réactif.

Certains corps, qui ont une grande affinité pour l'iode, empêchent, ou du moins modifient, les teintes qu'il donne avec l'amidon. Voici les principaux :

- Les alcalis caustiques ou carbonatés ;
- Les métaux alcalino-terreux (chaux et baryte)
- L'acide sulfhydrique ;
- L'acide sulfureux.

Les sels métalliques modifient aussi souvent la réaction et donnent des teintes violettes.

L'acide tannique détruit également l'iodure d'amidon; probablement (*Sachsse, chimie des hydrates de carbone*) parce qu'il se forme de l'acide iodhydrique, ou bien parce que l'acide tannique se combine à l'amidon et que le composé qui en résulte n'a pas le pouvoir d'absorber l'iode.

L'extrait de malt et la levure de bière agissent d'une façon analogue sur l'iode. L'auteur a souvent remarqué que dans les moûts contenant encore de l'amidon, l'addition de quelques gouttes d'une dissolution étendue d'iode produisait la coloration bleue; toutefois, cette dernière disparaissait lorsqu'on agitait le liquide, parce que l'iode était absorbé par d'autres corps. Ce n'est qu'après avoir ajouté une quantité notable d'iode que la teinte bleue se maintenait.

Donc, si l'on veut faire agir de l'iode sur l'amidon d'un moût, on doit employer un excès de ce réactif.

Il sera parlé plus tard des précautions à prendre lors de l'emploi de la solution d'iode pour les recherches de l'amidon dans les

opérations de la fabrication de l'alcool. Ce réactif est excellent lorsqu'il est employé avec soin ; mal utilisé, il donne des indications absolument fausses.

L'action de l'acide sulfurique sur l'amidon a été beaucoup étudiée.

Les premières études ont été faites par Kirchoff (1811), qui découvrit que l'acide sulfurique transformait l'amidon en maltose ; les recherches ont été continuées principalement par Guérin-Varry, Dubrunfaut, Payen et Musculus.

En chauffant de l'amidon avec de l'acide sulfurique étendu, on provoque d'abord la séparation de la granulose et de la cellulose. Il en résulte la formation d'amidon soluble qui donne encore avec l'iode la coloration bleue.

En continuant à chauffer, la masse prend, après 30 minutes, une teinte violette (Béchamp, Gmelin's organ. Chemie VII, 543) ; après 45 minutes, elle devient violet-rouge ; après 57 minutes, rouge foncé ; après 105 minutes, rouge-brun et après 135 à 145 minutes, jaune brun-pâle. Au début de l'attaque, l'alcool donne un très fort précipité qui diminue au fur et à mesure que l'attaque se prolonge (dextrine). Le pouvoir rotatoire diminue également, et, de + 216, arrive graduellement à + 73,7 et reste alors constant.

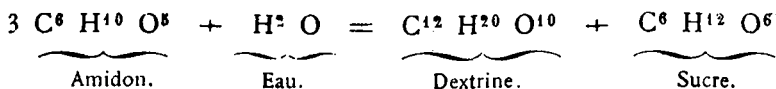
Le pouvoir rotatoire est donc supérieur à celui de la dextrose qui est + 53,1.

D'ailleurs, ces chiffres varient probablement suivant la concentration de l'acide employé.

Les premiers produits qui prennent naissance par l'action de l'acide sulfurique sont des modifications de l'amidon ; tout d'abord (Naegeli) il se forme de l'amylo-dextrine, qui donne avec l'iode une teinte violette ; puis (Brücke) l'érythro-dextrine, ensuite l'achroo-dextrine qui ne se colore plus par l'iode, la malto-dextrine (Herzfeld) et finalement la maltose.

La maltose se transforme enfin en dextrose (sucre de raisin).

D'après Musculus, au début de la saccharification il se produirait la même réaction que par la diastase :



Ces résultats sont pourtant douteux. Avant la complète trans-

formation en dextrose, il se forme certainement un produit intermédiaire qui est probablement analogue à la maltose obtenue par le malt. On peut citer, à l'appui de ce fait, les observations de Dubrunfaut et celles de Béchamp. Ce dernier, en effet, a trouvé que le pouvoir rotatoire d'une dissolution d'amidon, saccharifié par l'acide sulfurique, était toujours supérieur à celui de la dextrose ; comme le pouvoir rotatoire de la maltose = + 149,5, celui de la dextrose + 53,1 on comprend très bien que le mélange de ces deux corps donne un pouvoir rotatoire supérieur à celui de la dextrose seule.

La présence de maltose est aussi confirmée par les expériences de Philipp (*Zeitschrift fur analyt. Chemie* VI. 471) dont voici les résultats.

N ^{os}	Amidon employé	Acide sulfurique anglais employé.	Acide sulfurique % d'amidon humide.	DURÉE de la cuisson		Sucre sec %	Rendement de l'amidon sec en sucre.	100 d'amidon = 111,1 de sucre la différence est donc	
				jusqu'à disparition d'amidon ; pas de coloration avec l'iode.	jusqu'à disparition de dextrine ; plus de précipité avec l'alcool.				
1	40 = 32,9 gr. amidon pur.	1,2	3	h. m. 2 45	—	20,08	66,8	50,3	
2	»	»	»	»	7 30	26,7	80,9	30,2	
3	»	2,4	6	1 15	»	15,7	44,7	66,4	Il restait encore de l'amidon.
4	»	»	»	»	3 »	30,87	93,9	17,2	
5	»	4,0	10	1 10	»	29,20	88,8	22,3	
6	»	»	»	»	2 35	30,90	93,9	17,2	
7	»	»	»	»	»	25,60	77,8	33,3	D ^o
8	»	»	»	»	2 40	31,50	95,7	15,4	

Dans ces essais, Philipp détermina le sucre par la liqueur Fehling et ne put jamais arriver à réduire la quantité de liqueur cuivrique

correspondant à la quantité théorique de dextrose qu'il aurait dû y avoir, puisque l'alcool n'indiquait plus aucune trace de dextrine.

Comme le pouvoir réducteur de la maltose est plus faible que celui de la dextrose ($\frac{2}{3}$), il est donc probable qu'il se forme toujours de la maltose comme produit intermédiaire entre l'amidon et la dextrose.

Le tableau précédent montre aussi la grande difficulté qu'il y a à saccharifier complètement l'amidon par l'acide sulfurique.

Une cuisson de plusieurs heures avec 10 % d'acide sulfurique n'a pas suffi pour atteindre ce but.

La saccharification complète ne présente pas de difficulté lorsqu'on opère en vase clos à des températures supérieures à 100°. Ainsi, en maintenant pendant 5 à 6 heures à 115° C, de l'amidon dans une dissolution à 1 %, ou même moins, d'acide sulfurique, on obtient une saccharification complète.

D'après Allihn, la saccharification de l'amidon par l'acide sulfurique est d'autant plus rapide et plus complète que la température est plus élevée et l'acide plus concentré.

La quantité d'amidon transformé est proportionnelle à la durée de la cuisson, jusqu'à la saccharification de 40 à 50 % de l'amidon traité; au-delà, la transformation devient beaucoup plus lente, et cela tient à la résistance variable des différentes sortes de dextrine.

L'acide muriatique saccharifie beaucoup plus facilement que l'acide sulfurique (Sachsse). C'est pourquoi on emploie l'acide muriatique pour l'analyse quantitative de l'amidon par transformation en dextrose.

Il suffit, pour faire cette analyse, de chauffer, au bain-marie à l'eau, l'amidon avec de l'eau contenant 10 % d'acide muriatique du commerce. Une cuisson de 3 heures suffit. Nous donnons des renseignements plus détaillés sur cette opération au 3^e chapitre : *Procédés d'analyse.*

Voici l'ordre et le nom des différents corps connus qui se produisent par l'action des acides sur l'amidon :

	RÉACTION AVEC	
	L'eau	L'alcool
Amidon.	Bleu	Précipité
Amidon soluble.....	»	»
Amylodextrine I.....	Violet	»
Amylodextrine II.....	Rouge	»
Erythro-dextrine.....	»	»
Achroodextrine.....	Rien	»
Maltodextrine.....	»	Rien
Maltose.....	»	»
Dextrose.....	»	»

Il est à remarquer, cependant, que la dextrine se produit avant que tout l'amidon soit passé à l'état d'amidon soluble; on peut même, après une cuisson très courte, reconnaître déjà la présence de maltose et dextrose, quoiqu'il y ait encore de l'amidon.

L'effet produit par la diastase sur l'amidon sera traité dans un chapitre spécial : « Étude chimique de la formation du sucre ».

D'après Méring et Musculus, la salive, en agissant sur l'amidon, ne produit pas un sucre spécial, Ptyalose (Masse); mais elle forme, indépendamment de la dextrine, de la maltose.

Les ferments agissant sur les glucosides donnent de la maltose et de la dextrine.

MALTOSE, C¹² H²² O¹¹.

Le sucre qui prend naissance par l'action de la diastase sur l'amidon est la maltose. *Jamais il ne se forme de dextrose ou sucre de raisin.* Cependant, presque tous les livres scientifiques traitant de la distillation prétendent que le sucre qui se produit par la diastase est identique au sucre de raisin.

La formule et les réactions de la maltose et de la dextrose sont très différentes.

La maltose a été produite dès 1819 par de Saussure; toutefois, ce dernier n'en a étudié que les propriétés cristallines.

Le même corps fut obtenu à nouveau par Dubrunfaut (1847), et, par ses propriétés optiques, il fut classé parmi les sucres. Les observations de Dubrunfaut furent abandonnées et ce n'est qu'en 1874 que O'Sullivan et E. Schulze les reprirent.

On obtient très facilement la maltose en faisant agir la diastase à 60° C. sur un empois d'amidon. La dextrine qui se produit également est séparée par l'alcool que l'on fait agir à plusieurs reprises,

en évaporant l'alcool de la dissolution filtrée avant de faire une nouvelle addition. Par l'évaporation de l'alcool, la maltose se sépare sous forme de sirop qui se transforme graduellement en une masse cristalline que l'on redissout dans de l'alcool à 80 % et qu'on laisse cristalliser à nouveau.

Herzfeld recommande les précautions suivantes pour la préparation de la maltose : On prépare, d'une part, une dissolution de 1 k^o d'amidon de pommes de terre dans 10 litres d'eau ; d'autre part, un extrait de malt en laissant digérer, à 30° à 40° C, 200 grammes de malt sec dans 1 litre d'eau. On filtre l'extrait de malt, puis on le verse dans l'empois. On laisse la saccharification se produire pendant une heure à la température de 57° à 60° C. Alors on filtre et on évapore le liquide jusqu'à ce qu'il n'en reste que 2 à 3 litres auxquels on ajoute de l'alcool à fort degré, de manière à obtenir un liquide contenant 50 à 60 % d'alcool. On agite et on laisse reposer 12 heures. Par ce repos, la plus grande partie de la dextrine se dépose et on recueille la dissolution alcoolique de maltose que l'on évapore jusqu'à consistance sirupeuse. On y ajoute alors 2 litres d'alcool à 80 % et on laisse reposer pendant 24 heures durant lesquelles il se dépose à nouveau de la dextrine. Un repos de 24 heures est, dans ce cas, absolument indispensable pour séparer la dextrine qui empêcherait la cristallisation de la maltose.

La dissolution alcoolique de maltose est concentrée à nouveau, jusqu'à consistance de sirop, puis étendue en couches minces dans des assiettes où elle cristallise.

La cristallisation ne commence qu'après quelques jours ; mais on peut l'activer en ajoutant au sirop quelques cristaux de maltose préparée précédemment.

Après 8 jours, le sirop a pris la consistance d'un gâteau ferme que l'on mélange avec de l'alcool méthylique. On en fait une pâte dont on exprime l'alcool et l'eau.

La matière pressée est traitée encore une fois de la même façon, puis on la fait cristalliser d'après le procédé Soxhlet (*Journal für prakt. Chemie Bd. 129, page 277*).

Pour cela, on dissout 100 grammes de la matière pressée dans 30 c.c. d'eau et on y ajoute 260 c.c. d'alcool à 90 % ; on agite alors pendant quelque temps ce liquide filtré, auquel on a ajouté quelques cristaux de maltose.

Au bout de quelques heures, toute la maltose se prend en une

masse cristalline qu'on lave avec de l'alcool absolu pour en chasser les eaux-mères.

En ajoutant aux eaux-mères 1 litre d'alcool absolu et 250 cc. d'éther, on obtient une nouvelle cristallisation de maltose. Cette masse cristalline est lavée avec de l'alcool méthylique, puis mise à cristalliser à nouveau avec de l'alcool éthylique.

On traite encore les eaux-mères avec un mélange d'alcool et d'éther, jusqu'à ce que l'alcool méthylique donne un sirop complètement incolore.

Pour arriver à ce but, il est nécessaire de traiter 4 fois les eaux-mères avec l'alcool et l'éther. Herzfeld obtient, en procédant ainsi, 1,250 kg. de maltose pure de 8 kg. d'amidon. Tous ces détails ont été tirés du *IV Bericht des Landw. Instituts der Univ. Halle*.

La maltose pure et cristallisée se présente sous forme d'aiguilles, de croûtes solides, ou encore de petits globules reliés les uns aux autres de la même façon que la levure. — Les cristaux affectent cette dernière forme lorsque la concentration du sirop a été menée très lentement.

La maltose est soluble dans l'eau et sa solubilité est plus grande dans l'eau chaude que dans l'eau froide. L'auteur croit que sa solubilité est moindre que celle de la dextrose.

Elle se dissout difficilement dans l'alcool absolu et plus facilement dans l'alcool étendu.

La maltose n'agit pas sur l'iode. La saveur sucrée de la maltose est faible. Son pouvoir rotatoire est trois fois aussi fort que celui de la dextrose. Il est de 150. Le poids spécifique de la maltose est, d'après Brown et Héron, un peu plus élevé que celui des sucres analogues. La maltose réduit la liqueur de Fehling; mais son pouvoir réducteur n'est que les $\frac{2}{3}$ de celui de la dextrose. En effet, 100 parties de maltose sèche réduisent 147 parties d'oxyde de cuivre, tandis que 100 parties de dextrose en réduisent 220 parties.

Brown et Héron prétendent même que le pouvoir réducteur de la maltose n'est que les $\frac{61,9}{100}$ de celui de la dextrose; Herzfeld a trouvé 67,5 % et Musculus 66 %. Ces différences proviennent des procédés d'analyse employés, procédés sur lesquels nous reviendrons.

La maltose, chauffée avec de l'acide sulfurique, se transforme

finalement en un sucre ayant le même pouvoir réducteur que la dextrose et qui est identique à la dextrose du miel, etc., etc.

Cuisinier a continué les essais de Dubrunfaut concernant l'action de la chaux sur la maltose. On obtient, par cette réaction, un corps composé de chaux et de malto-saccharose $C^8 H^{10} O^8$ qui peut être considéré comme l'anhydride de la maltose.

La maltose diffère de la dextrose par son action sur le réactif Barfoed, composé d'une dissolution de 13 gr. 3 d'acétate neutre de cuivre dans 200^{cc.} d'eau acidulée par 5^{cc.} d'acide acétique à 35 %. Les plus petites traces de dextrose précipitent l'oxyde de cuivre de ce réactif, tandis que la maltose ne produit aucun précipité. Ce réactif permet de constater l'absence de dextrose dans l'amidon saccharifié par la diastase.

La diastase transforme très difficilement la maltose en dextrose, et on peut dire que la maltose est le produit final de l'action de la diastase sur l'amidon. (Sachsse doute de ce fait, *Hydrates de carbone*, 241).

Récemment, Brown et Héron, de même que Mering, ont constaté l'exactitude du fait observé depuis longtemps par l'auteur, à savoir que la maltose était le produit final de l'action du malt sur l'amidon. Ce n'est que par une action très prolongée, et en présence d'un excès de malt, qu'une petite partie de la maltose se transforme en dextrose.

La maltose est directement et complètement fermentescible; il est donc probable qu'elle ne se transforme pas d'abord en glucose sous l'action de la levure. (Comparaison des essais de l'auteur et de F. A. Pagel, *Landw. Jahrbücher*. Complément 1876, page 288),

Suivant la température et la quantité de malt employé, il se produit des quantités plus ou moins grandes de maltose. Nous reviendrons sur cette question au chapitre : « *Étude chimique de la formation du Sucre.* »

D'après Herzfeld (*Berichte des Landw. Instituts à Halle*, volume IV), la maltose ne forme pas de sels doubles; par contre, elle donne des sels basiques avec les métaux alcalino-terreux; avec la soude, un sel dont la formule est $C^{12} H^{24} O^{11} Na$.

Depuis longtemps, l'auteur a remarqué qu'une dissolution de

maltose, traitée par la liqueur de Fehling, puis soumise à l'action des acides, était capable de réduire à nouveau une quantité de liqueur de Fehling égale au $\frac{1}{3}$ de celle qu'elle avait réduite tout d'abord. Herzfeld explique ce fait par la présence d'une espèce de glucoside acide qui donnerait du sucre par le traitement à l'acide, de la même façon que le sucre de lait; il s'ensuivrait que le poids moléculaire de la maltose est supérieur à celui qui correspond à la formule $C^{12} H^{22} O^{11}$.

Un courant de chlore, ou de brome, donne, dans une solution de maltose, de l'acide gluconique $C^6 H^{12} O^7$ et de l'acide saccharique.

D'après toutes les données, la maltose est un sucre intermédiaire entre la dextrine et la dextrose. Schultze et O' Sullivan lui donne la formule $C^{12} H^{22} O^{11} + H^2 O$ qui est identique à celle du sucre de canne.

Il a déjà été dit plus haut que, d'après Dubrunfaut, la maltose prend aussi naissance, comme produit intermédiaire, pendant la saccharification de l'amidon par les acides.

C'est aussi le produit final de la transformation à l'air de l'empois d'amidon, sans tenir compte, toutefois, de l'acide lactique.

DEXTRINE, $C^6 H^{10} O^5$.

La saccharification de l'amidon par le malt donne de la maltose et de la dextrine. Les moûts employés dans la fabrication de l'alcool contiennent donc toujours de la dextrine.

Il existe une série de dextrines qui se produisent successivement pendant l'action des acides ou du malt sur l'amidon

Les premières espèces sont très voisines de l'amidon; c'est pourquoi Naegeli jeune, qui le premier les a produites, les a appelées « *Amylodextrine*. » Ces corps ont été obtenus par Naegeli jeune, à l'état cristallisé et ils ont les formes représentées ci-contre : (Fig. 7).

Fig. 7.

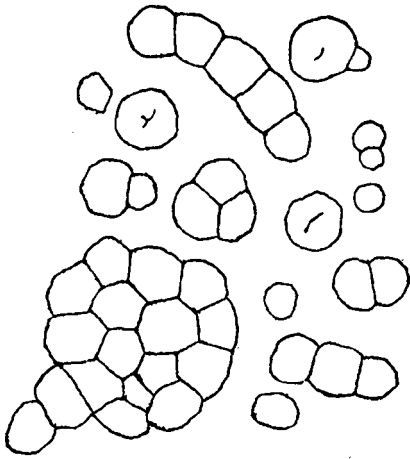


Fig. 1a.

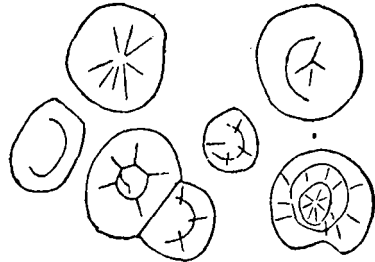


Fig. 11b.

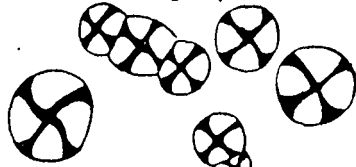


Fig. 111d

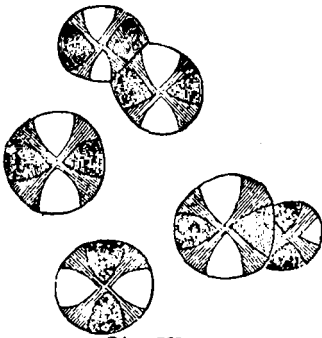


Fig. 111y.

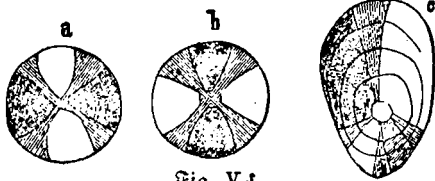


Fig. 111j.



Fig. 111psi.

Voici les significations des figures ci-dessus :

- Fig. I. Petits disques d'amyloextrine séparés de la dissolution par congélation.
- Fig. II. Les mêmes, avec des couches et des stries.
- Fig. III. Les mêmes, vus au microscope-polarisateur.
- Fig. IV. Les mêmes, vus au même appareil avec une feuille de gypse.
- Fig. V. a et b, disques semblables, vus des deux faces; c, grain d'amidon, de pommes de terre.
- Fig. VI. Amyloextrine cristallisée sous forme d'aiguilles et obtenue par précipitation à l'alcool.

Les deux amyloextrines découvertes par Naegeli diffèrent de la dextrine par les deux propriétés suivantes : elles se séparent de leurs dissolutions par congélation et l'alcool les précipite à l'état cristallisé, tandis que la véritable dextrine n'a jamais pu être obtenue à l'état cristallisé.

Naegeli produisit l'amyloextrine par l'action de l'acide sulfurique étendu sur l'amidon, à froid. Les cristaux (fig. VI) séparés par l'alcool se dissolvent seuls dans l'eau froide; les disques (fig. I-II) sont très peu solubles dans l'eau froide, mais leur solubilité devient un peu plus grande lorsqu'on les écrase et ils sont tout-à-fait solubles dans l'eau chaude.

Le pouvoir rotatoire de l'amyloextrine est de + 171.

L'amyloextrine n'est pas précipitée par l'acide tannique, l'acétate de plomb et l'azotate de mercure; l'eau de baryte produit un trouble dans la dissolution. L'amidon soluble, au contraire, est précipité par l'acide tannique.

L'amyloextrine I donne avec l'iode une coloration violette et l'amyloextrine II une teinte rouge.

Musculus a indiqué une modification insoluble de la dextrine qui est probablement l'amyloextrine de Naegeli; il en est sans doute de même de deux substances que O. Sullivan a trouvées dans l'orge, et qu'il a appelées α et β , amyloextrine. Ces deux corps, traités par l'acide sulfurique à chaud, donnent de la dextrose.

L'amyloextrine ne doit jamais exister dans les moûts employés pour la fabrication de l'alcool; mais on y rencontre l'érythroextrine et l'achrooextrine de Brücke.

Cette dernière combinaison s'y trouve même d'une façon normale, tandis que l'érythroextrine ne s'y rencontre que lorsque le travail a été défectueux.

L'érythroextrine donne avec l'eau froide des solutions limpides et n'est pas précipitée par la congélation. L'iode la colore en rouge.

L'alcool la précipite à l'état amorphe; des dissolutions étendues, à l'état de sirop, et des dissolutions concentrées sous forme de flocons.

L'érythroextrine se forme avant l'achrooextrine. Son pouvoir rotatoire est plus faible que celui de l'amidon; si on prend pour ce dernier 216, celui de l'érythroextrine est de 202.

La présence d'érythro-dextrine dans les moûts indique une mauvaise saccharification.

L'auteur ne put jamais en rencontrer que dans les moûts où le pouvoir saccharificateur de la diastase avait été détruit, soit par des températures trop élevées, soit par la présence d'acide lactique, etc., etc.

Dans ces cas, la proportion de la dextrine, par rapport à la maltose, était trop grande, et, comme le pouvoir saccharificateur de la diastase était détruit, la fermentation était mauvaise, la dextrine n'étant pas directement fermentescible et ayant besoin d'être d'abord transformée en maltose pour se décomposer ensuite en alcool et acide carbonique sous l'influence de la levure de bière.

La teinte rouge qui se produirait en versant de l'iode dans un moût contenant de l'érythro-dextrine serait donc l'indice d'un mauvais rendement alcoolique et prouverait que la saccharification a été mal faite.

F. Musculus et Arthur Meyer (*Zeitschrift für physiolog. Chemie*, 1880, page 451) nient l'existence de l'érythro-dextrine, parce qu'ils sont arrivés à transformer la teinte jaune-brun, donnée par des dextrines voisines de la maltose, en une teinte rouge, semblable à celle que donne l'érythro-dextrine, par l'addition de $\frac{1}{2}$ % d'amidon soluble. Ils prétendent qu'il n'existe pas de dextrines donnant des réactions variables avec l'iode. On peut, de la même façon, expliquer la teinte violette de l'amylodextrine. Quoiqu'il en soit, dans la pratique, la teinte rouge que donne l'iode dans un moût est l'indice d'une mauvaise saccharification et de la destruction du pouvoir saccharificateur de la diastase.

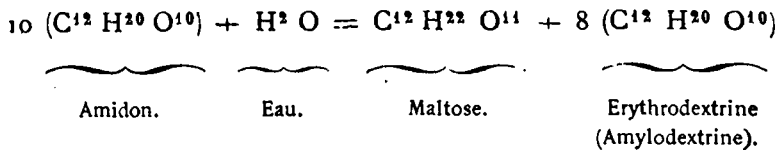
Achroodextrine. — On la prépare en précipitant par l'alcool les dissolutions d'amidon obtenues par l'action des acides étendus ou de la diastase et en lavant à chaud, avec de l'alcool, le précipité ainsi produit. De nombreux lavages sont nécessaires. L'achroodextrine ainsi obtenue contient presque toujours de la maltose qu'on ne peut enlever complètement, même par 10 à 15 lavages, à chaud, par l'alcool.

Son pouvoir rotatoire est plus faible que celui de l'érythro-dextrine ;

ce pouvoir, qui est dextrogyre, varie entre 160 et 180, à cause de la difficulté qu'on éprouve à préparer l'achroodextrine pure.

Il est probable qu'il existe plusieurs sortes d'achroodextrine. Brown et Héron expliquent de la manière suivante le phénomène de la saccharification. Il se sépare de la molécule d'amidon, qui a un poids moléculaire élevé, 1 molécule $C^{12} H^{20} O^{10}$ qui, par absorption d'eau, se transforme en maltose; le restant constitue de la dextrine, dont le poids moléculaire est également élevé. A nouveau, il se sépare 1 molécule $C^{12} H^{20} O^{10}$ qui, absorbant de l'eau, donne encore de la maltose, et il reste une nouvelle sorte de dextrine d'un poids moléculaire moins élevé, et ainsi de suite, jusqu'à complète transformation en maltose.

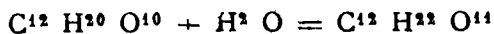
Comme Brown et Héron représentent la molécule d'amidon par $10 (C^{12} H^{20} O^{10})$, voici les formules expliquant les diverses transformations :



puis



et ainsi de suite jusqu'à



Voici un tableau représentant la variation des pouvoirs rotatoires déterminés par B. et H. :

	Pouvoir rotatoire.	Dextrose calculée d'après CuO réduit.	Dextrines.
Amidon soluble	216,0	00,0	—
1	209,0	6,4	Érythrodextrine α
2	202,2	12,7	» β
3	195,4	18,9	Achroodextrine α
4	188,7	25,2	» β
5	182,1	31,3	» γ
6	175,6	37,3	» δ
7	169,0	43,3	» ϵ
8	162,6	49,3	» ζ
9	156,3	55,1	» η
Maltose	150,0	61,0	—

On voit, d'après ceci, qu'il y aurait 7 achroodextrines.

Beaucoup d'autres observations confirment ce résultat. Ainsi, Musculus et Gruber distinguent trois sortes d'achroodextrine dont les pouvoirs rotatoires sont 210, 190 et 150. Il y a aussi la maltodextrine, de Herzfeld, qui correspond à l'achroodextrine β de Brown et Héron.

Comme la maltodextrine est directement fermentescible, on voit qu'il existe un grand nombre de dextrines voisines de la maltose et qui sont directement fermentescibles.

Nous reviendrons sur ce sujet au chapitre « *Étude chimique de la formation du Sucre* ».

On peut cependant dire que, jusqu'à présent, il n'a pas été possible d'isoler à l'état de pureté toutes les sortes de dextrine.

Il y a aussi beaucoup d'opinions contradictoires sur les réactions de ces différentes sortes de dextrine.

1) *L'Achroodextrine est-elle directement fermentescible ?*

Barfoed prétend que oui ; cependant, l'auteur, se basant sur les recherches de Delbruck, croit le contraire (Recherches sur les réactions chimiques de la fabrication de l'alcool par Maercker. *Landw Jahrbücher. Complément 1877, page 303*). Les recherches de Barfoed ne sont pas rigoureuses, en ce sens qu'il n'a pas prouvé qu'il ne se trouvait aucune trace de maltose dans la dextrine essayée. En effet,

Barfoed vérifia la dextrine avec de l'acétate de cuivre et n'obtint pas de réduction ; mais, comme la maltose ne donne pas non plus de réduction, il se peut que la fermentation obtenue au moyen des dextrines essayées soit due seulement à la maltose qui s'y trouvait.

Quoiqu'on ne doive pas non plus conclure des essais de Delbrück que la dextrine soit complètement non-fermentescible, il en résulte, cependant, que les quantités qui entrent en fermentation sont si petites que, pour la pratique, on peut dire que la dextrine ne fermente pas.

Toutefois, comme on arrive dans l'industrie, à faire fermenter complètement des moûts renfermant de la dextrine, il faut admettre que la diastase produit la transformation de cette dextrine en maltose pendant la fermentation des moûts.

Il est donc de la plus haute importance de conserver à la diastase ses propriétés de saccharification, pour obtenir des fermentations normales. Nous reviendrons sur cette question.

D'après Herzfeld, des circonstances particulières produisent, pendant la saccharification, de la maltodextrine directement fermentescible. Ce fait motive probablement aussi des divergences sur la question de la fermentescibilité de la dextrine. Dans tous les cas, l'achroodextrine, obtenue à des températures normales de saccharification, n'est pas directement fermentescible et se transforme d'abord en maltose.

2) *La dextrine réduit-elle la liqueur de Fehling ?*

L'auteur pensait autrefois que la dextrine ne réduisait pas la liqueur de Fehling ; mais les essais de Herzfeld, Brown et Héron ont modifié sa manière de voir.

La maltodextrine réduit la liqueur cuivrique et son pouvoir réducteur égale les $\frac{25}{100}$ de celui de la dextrose. Il n'y a donc aucune raison pour que les dextrines voisines de la maltodextrine ne réduisent pas aussi la liqueur cuivrique, tout en ayant un pouvoir réducteur plus faible que cette dernière.

Brown et Héron admettent que leur première achroodextrine a un pouvoir réducteur égal à 18,9 % de celui de la dextrose.

Ce pouvoir réducteur doit être trop élevé, car Herzfeld ne put obtenir, avec une achroodextrine, que des traces de réduction; aussi admet-il que ces substances ne réduisent pas la liqueur de Fehling. Il se peut, toutefois, que la dextrine que Herzfeld a essayée soit très voisine de l'amidon soluble, et il est probable, si la saccharification est conforme aux explications que B. et H. en donnent, qu'il existe plusieurs dextrines à pouvoir réducteur entre la maltose et les premières dextrines voisines de l'amidon.

Naegeli jeune trouve que le nom d'achroodextrine n'est pas caractéristique pour les dextrines ainsi nommées, parce qu'elles absorbent l'iode quoiqu'elles ne donnent pas de coloration caractéristique. L'achroodextrine possède la même solubilité que l'érythro-dextrine; l'alcool la précipite. Elle se combine aux alcalis et aux acides; mais les corps qui résultent de ces combinaisons ont été très peu étudiés jusqu'à ce jour. Les acides étendus transforment l'achroodextrine en dextrose, en passant par la maltose; la réaction est si complète, en vase clos, qu'on emploie ce procédé pour le dosage de la dextrine.

Musculus prétend que la diastase n'agit pas sur la dextrine; mais Payen est d'un avis contraire. D'après les essais de Delbruck, on peut affirmer que la diastase agit sur la dextrine et que le produit final est de la maltose. Cependant, la transformation complète ne se produit pas; on ne doit pas, d'ailleurs, s'en étonner, puisque la diastase, en agissant sur l'amidon, produit toujours de la maltose et de la dextrine dans une certaine proportion. Il est donc probable que la diastase, agissant sur de la dextrine, produit une quantité de maltose telle que la proportion de ce dernier corps est à celle de la dextrine non transformée dans le même rapport que celui qu'on obtient par l'action de la diastase sur l'amidon.

L'action de la diastase sur la dextrine est indiscutable, puisqu'on arrive à faire fermenter complètement les moûts qui en contiennent et que la dextrine n'est pas directement fermentescible. De plus, Delbruck a démontré que la dextrine des moûts ne fermentait pas lorsqu'il n'existait pas de diastase dans ces derniers.

Ces opinions si diverses, relativement à l'action de la diastase sur la dextrine, peuvent s'expliquer par le grand nombre de variétés de dextrines que l'on rencontre.

D'après Musculus et Grüber, l'amidon soluble et l'érythro-dextrine sont facilement transformés par la diastase; l'achroodextrine α l'est difficilement, et les achroodextrines β à γ ne sont pas attaquées. D'après Brown et Héron, les premières dextrines sont attaquées par la diastase et les dernières achroodextrines ne sont pas modifiées.

Il est intéressant de remarquer ici que le chauffage de l'amidon produit les mêmes modifications de dextrines que les acides ou la diastase.

Les produits commerciaux tels que le leiogomme, la gommeline, la pyrodextrine renferment les corps dont nous venons de parler et des sucres (maltose ?).

Musculus et Meyer obtinrent, en faisant agir l'acide sulfurique concentré sur de la dextrose, un corps identique à l'achroodextrine.

La cellulose, chauffée avec les acides, donnerait aussi une sorte de dextrine.

DEXTROSE (SUCRE DE RAISIN), $C^6 H^{12} O^6 + H^2 O$.

On croyait précédemment que la dextrose se produisait par l'action de la diastase sur l'amidon; mais il a été dit plus haut qu'il n'en était pas ainsi. On ne rencontre la dextrose que dans les moûts obtenus par la saccharification des matières premières (Riz, Maïs, Dari, etc., etc.) par les acides, et dans les moûts de mélasse dont le sucre cristallisable a été interverti par les acides. Nous ne nous étendrons pas sur les propriétés de ce sucre. On extrait facilement la dextrose, appelée aussi *glucose*, du jus de raisin, du miel ou de l'amidon et de la dextrine saccharifiés par l'acide, en les traitant par de l'alcool bouillant. Dans ce cas, la dextrose cristallise. Sa séparation s'effectue encore mieux, suivant la méthode de Soxhlet, avec de l'alcool méthylique.

La dextrose est très répandue dans le règne végétal; mais, dans ce cas, elle est toujours unie à une quantité égale de lévulose, comme dans le jus du raisin et d'autres fruits. Dans le miel, on trouve également, pour une partie de dextrose, une partie de lévulose.

Cependant, par l'action des acides sur l'amidon, on n'obtient que de la dextrose. La dextrose est plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Une partie de dextrose est dissoute à froid par 50 parties d'alcool absolu et à chaud par 4,6 parties.

La dextrose cristallise de ses dissolutions aqueuses avec 1 équivalent d'eau ; de ses dissolutions dans l'alcool absolu, on obtient des cristaux anhydres qui ne fondent qu'à 196° C.

L'eau de cristallisation est éliminée à 60° C.

La dextrose se comporte d'une façon spéciale au saccharimètre. Les solutions fraîches ont un pouvoir rotatoire = + 104 ; après quelques heures, le pouvoir rotatoire diminue et reste ensuite constant à + 56 (Birotaion).

En solutions étendues, son pouvoir rotatoire est de + 53 ; en solutions concentrées, il est de + 57,8 (Tollens). On compte ordinairement, pour une dissolution renfermant 100 % de dextrose, un pouvoir rotatoire de 58,7.

La réaction caractéristique de la dextrose est celle qu'elle exerce sur les sels dont la base est un peroxyde. Mise en présence de ces sels, elle absorbe l'oxygène de la base et précipite celle-ci. Il en est ainsi, notamment, avec les sels de peroxyde de fer, de mercure, d'argent, et surtout de peroxyde de cuivre ; ces derniers sels donnent avec la dextrose un précipité caractéristique de sous-oxyde de cuivre.

La méthode d'analyse quantitative de la dextrose repose sur la réaction précédente (chapitre III : « Méthodes d'analyses ») ; 100 parties de dextrose précipitent 220 parties de sous-oxyde de cuivre.

La réduction n'est cependant pas toujours constante ; elle varie suivant la concentration, etc., etc. Ceci est important pour l'analyse quantitative.

La dextrose est très sensible au réactif de Barfoed, tandis que la maltose n'est pas modifiée ; même à froid, la dextrose précipite du sous-oxyde de cuivre de la dissolution, légèrement acidifiée par l'acide acétique, d'acétate de peroxyde de cuivre neutre.

La dextrose résiste bien aux acides, mais les alcalis la détruisent et le liquide se colore en brun ; il se produit d'abord de l'acide glucique et des produits analogues, puis de l'acide humique et des matières analogues au terreau.

La dextrose calcinée donne d'abord des produits caramélisés, puis des produits identiques à ceux que donne la distillation sèche de l'amidon, et, finalement, un résidu de charbon.

La dextrose est directement fermentescible et la levure la transforme facilement et complètement.

L'iode ne donne aucune réaction avec la dextrose.

La dextrose se combine aux acides en donnant des acides conjugués et aux bases (potasse, soude, baryte, oxyde de plomb).

Elle se combine aussi aux sels, notamment au chlorure de sodium

LEVULOSE, $C^6 H^{12} O^6$.

Jusque dans ces derniers temps, on a cru que la lévulose était incristallisable; mais Jungfleisch et Lefranc l'ont obtenue à l'état de fines aiguilles cristallisées, analogue à la mannite, en faisant cristalliser dans l'alcool la lévulose extraite de l'inuline ou du sucre interverti. Son pouvoir rotatoire lévogyre = -106 (à $14^\circ C$). Elle se trouve unie à la dextrose dans le miel et dans beaucoup d'autres fruits et se produit par l'action des acides ou des ferments de la levure sur le sucre de canne.

L'inversion de l'inuline ne donne que de la lévulose, de même que la saccharification de l'amidon ne donne que de la dextrose.

Elle agit de la même manière que la dextrose sur les liqueurs cuivriques et sur le réactif de Barfoed; elle a aussi les mêmes propriétés fermentescibles.

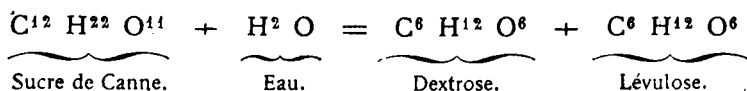
SUCRE DE CANNE. $C^{12} H^{22} O^{11}$,

Le sucre de canne ou sucre cristallisable, nous intéresse, puisqu'il constitue la matière fermentescible des betteraves et de la mélasse. Le sucre renfermé dans la mélasse ne peut cristalliser à cause des impuretés qui l'accompagnent. Au contraire, il cristallise facilement de ses solutions pures, lorsqu'on les évapore lentement, et les cristaux appartiennent au système rhomboédrique. Quelquefois les cristaux sont hémédriques. Les petits cristaux obtenus par des cristallisations confuses présentent les mêmes formes.

Une partie de sucre de canne se dissout dans $\frac{1}{3}$ d'eau froide; l'eau chaude en dissout des quantités presque illimitées. Le sucre de canne est complètement insoluble dans l'éther et à froid dans l'alcool absolu; à chaud, l'alcool absolu en dissout 1,25 % de son poids.

Dans les dissolutions étendues de sucre de canne, le pouvoir rotatoire de ce corps égale + 66,6 (Tollens).

Le sucre de canne n'est pas directement fermentescible; mais les acides étendus et les ferments contenus dans la levure de bière le transforment, même à la température ordinaire, en sucres fermentescibles. Dans cette transformation, il se produit de la dextrose et de la lévulose.



D'après Brown et Héron, la diastase produirait également l'inversion du sucre de canne (?). En prolongeant l'action d'un extrait de malt pendant 16 heures, ces opérateurs intervertirent, sur 100 parties de sucre de canne, 20,4 parties.

Le mélange de dextrose et de lévulose s'appelle « Sucre interverti ». La présence de dextrose et de lévulose dans les jus des fruits provient probablement de l'action d'un ferment qui intervertit le sucre cristallisable qui existait tout d'abord dans ces fruits.

Les propriétés du sucre de canne, nommé aussi *saccharose*, en présence des acides et des bases, sont contraires à celles de la dextrose. En effet, les acides le transforment rapidement, tandis qu'il résiste bien aux bases; les jus de sucrerie sont, en effet, toujours alcalins.

La saccharose ne réduit pas la liqueur cuivrique.

La distillation sèche donne des produits analogues à ceux que donnent la dextrose et l'amidon dans les mêmes conditions.

Les combinaisons les plus étudiées de la saccharose sont celles qu'elle forme avec la chaux. On emploie notamment la combinaison obtenue par l'action de la chaux vive sur la saccharose pour extraire le sucre des mélasses (Procédés de Scheibler-Seyfferth).

La strontiane peut remplacer la chaux (Scheibler). La saccharose donne aussi des combinaisons avec les sels et les acides.

INULINE, $C^6 H^{10} O^5$.

L'inuline est un hydrate de carbone qui se rencontre dans les tubercules de dahlia et dans les topinambours qui servent quelquefois pour la fabrication de l'alcool.

L'inuline est un corps cristallisable, insoluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau chaude.

D'après Prantl, 100 parties d'eau froide, à $0^\circ C^0$. dissolvent seulement 0,01 partie d'inuline, tandis qu'à 100° elles peuvent en dissoudre 36,50 parties. Par refroidissement, la plus grande partie de l'inuline se sépare en cristaux sphériques. L'alcool la précipite de ses dissolutions aqueuses. Dans les jus de plantes, elle se rencontre toujours en dissolution. L'inuline, chauffée à l'ébullition pendant assez longtemps, se transforme en lévulose; les acides étendus et bouillants produisent le même effet, mais plus rapidement. La transformation par l'eau se fait aussi plus vite en chauffant en vase clos au-dessus de 100° .

L'inuline dévie à gauche le plan de polarisation. Son pouvoir rotatoire égale $[\alpha] = -26,1$.

Elle n'est pas directement fermentescible et ne réduit pas la liqueur cuivrique.

LICHENINE, $C^6 H^{10} O^5$.

Elle se rencontre dans plusieurs espèces de mousses, notamment dans celles d'Islande, et dans certains lichens qui sont utilisés en Suède pour produire de l'alcool.

Elle est insoluble dans l'eau froide, gonfle en présence d'eau tiède et se dissout dans l'eau bouillante.

Les acides la transforment facilement en un sucre fermentescible.

La lichenine n'est pas directement fermentescible.

CELLULOSE, $C^6 H^{10} O^5$.

La cellulose n'a pas encore été utilisée pour la fabrication de l'alcool.

Le liquide résultant de l'attaque du bois par les acides étendus, liquide qui contient divers sucres, a souvent été proposé pour la fabrication de l'alcool; mais il n'a pas encore été pratiquement employé dans ce but.

La cellulose est, d'ailleurs, l'hydrate de carbone qui résiste le mieux à l'attaque des acides, et il n'a pas encore été possible de le transformer complètement en produits fermentescibles.

Toutefois, de petites quantités de sucre se produisent assez facilement (jusqu'à 10 %); comme produit intermédiaire, il paraît se former une espèce de dextrine.

B. — DE LA DIASTASE ET DE L'INVERTINE.

DE LA DIASTASE.

Le ferment qui transforme l'amidon en dextrine et maltose est la *diastase*. C'est un corps qui, comme tous les ferments, contient des matières azotées se rapprochant de l'albumine.

La diastase existe déjà, d'après de Wittich, dans les grains non germés; mais elle se développe considérablement par la germination.

On sait que l'orge est le grain qui donne le plus de diastase par la germination; c'est pour cela que son emploi, pour la préparation du malt, est devenu général. Il va sans dire que beaucoup d'autres grains donnent des quantités importantes de diastase, notamment le seigle et l'avoine qui, dans certaines conditions, sont préférés à l'orge. On est aussi arrivé à saccharifier le maïs germé sans addition de malt d'orge.

Les ferments diastasiques sont très répandus dans le règne végétal et le règne animal.

D'après Adolphe Mayer (die Lehre von den chemischen fermenten 1882) on rencontre la diastase dans les grains non germés de

l'orge, du maïs et d'autres grains, dans le lin et le chanvre, dans les pois, les vesces, les chataignes, les citrouilles et les mirabilis jalappa.

On en rencontre également dans les graines des plantes les plus variables, même lorsqu'elles ne contiennent pas d'amidon.

On n'en trouve pas dans certaines graines, notamment dans celles du lupin et dans les amandes.

On a constaté aussi la présence de la diastase dans les céréales non germées, et, en plus grande quantité, dans les grains germés, dans les germes des haricots (*Phaseolus multiflorus* et *vicia faba*), dans le sarrasin germé, et, naturellement, dans les germes des graines citées plus haut.

Plus tard, on découvrit aussi la présence de la diastase dans les germes des marrons d'Inde et des pois.

La salive, les sucs pancréatiques et intestinaux renferment des ferments diastasiques, tels que la ptyaline, la pancréatine, etc., etc, qui sont probablement identiques à la diastase proprement dite, puisque la salive, par exemple, transforme l'amidon en dextrine et maltose, de même que le malt. (Musculus et Grüber).

La diastase n'est pas également répartie dans le grain germé; d'après Payen, la plus grande partie est contenue dans le grain proprement dit (Albumine); il s'en trouve cependant en quantité assez notable dans les radicules, tandis que la plumule en est complètement dépourvue.

La proportion de diastase atteint son maximum, dans les grains germés, lorsque le germe a sensiblement la longueur du grain; il faut alors arrêter la germination, car le développement ultérieur des radicules entraînerait une perte pour le distillateur.

C'est après 3 à 7 jours de germination que, pour l'orge, la quantité de diastase est la plus considérable; à ce moment, la quantité initiale a triplé, d'après *Kjeldahl*.

Ce sont les matières albuminoïdes du grain qui, en se modifiant, donnent la diastase.

L'opinion qui consiste à admettre que la diastase se forme par l'oxydation des matières albuminoïdes est très répandue et concorde bien avec les phénomènes chimiques de la germination (Hüfner).

Fleck prétend même qu'en traitant l'orge non germée par l'acide azotique, on lui donne la propriété de saccharifier l'amidon (?)

Il a été impossible, jusqu'à présent, de produire la diastase par la synthèse de ses divers éléments. Sa formation exige le concours des organismes végétaux ou animaux, de sorte qu'il est probable qu'on n'arrivera jamais à la reproduire d'une façon artificielle.

La séparation de la diastase de l'orge germée se fait en traitant cette dernière, préalablement broyée, par de l'eau qui dissout la diastase. Le liquide filtré est ensuite chauffé à 70°, pour coaguler les matières albuminoïdes autres que la diastase, puis filtré à nouveau. On ajoute alors de l'alcool en petite quantité pour précipiter la diastase. On purifie celle-ci en la redissolvant dans l'eau et en la précipitant par l'alcool à plusieurs reprises. Il est douteux, cependant, (Brown et Héron) que l'on obtienne ainsi de la diastase normale et active, car à 45° C. il se produit déjà une coagulation partielle de ce corps.

La diastase, desséchée lentement et avec précaution à 40 à 50° C, constitue une poudre blanche, sans odeur ni saveur, sans action sur le tournesol et soluble dans l'eau; l'alcool la précipite de ses dissolutions, mais plusieurs précipitations par l'alcool lui enlèvent une partie de son activité.

Tous les précipités entraînent la diastase de ses dissolutions et d'autant mieux qu'ils sont plus divisés (Adolphe Mayer).

La méthode suivante de préparation est basée sur ce principe. Les eaux ayant agi sur du malt sont filtrées, puis traitées par de l'acide phosphorique étendu, et enfin neutralisées par de l'eau de chaux. Le phosphate de chaux insoluble qui se forme entraîne avec lui les matières albuminoïdes et la diastase; ce dernier corps est ensuite facilement entraîné par des lavages avec de l'eau légèrement acidulée par de l'acide phosphorique. On précipite alors la diastase par une addition d'alcool.

On n'est pas encore arrivé à obtenir la diastase pure et on ne peut déterminer son degré de pureté que par son plus ou moins grand pouvoir saccharificateur. C'est pour cela que les opinions diffèrent beaucoup sur sa composition.

En voici quelques analyses :

Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Soufre.	Cendres	Expérimentateurs
%	%	%	%	%	
45,7	6,9	4,6	—	6,1	Krauch.
55,9	8,2	6,1	—	4,5	
—	—	7,8	—	—	Dubrunfaut.

Beaucoup de raisons portent à croire que la diastase a une composition analogue à celle de l'albumine; toutefois, toutes les analyses ont indiqué une teneur en azote plus faible.

Payen et Persoz prétendent que la diastase est d'autant plus pure qu'elle contient moins d'azote; mais ceci est douteux.

Les opinions varient également beaucoup sur le pouvoir saccharificateur de la diastase.

D'après Dubrunfaut, la diastase précipitée d'un extrait de malt préalablement chauffé à 75° C. (?) pour coaguler les matières albuminoïdes est la plus active, et elle peut fluidifier 20000 fois son poids d'amidon et en saccharifier 10000 fois son poids. (La précipitation se fait par l'addition de 2 à 3 volumes d'alcool vinique). La quantité d'amidon que la diastase peut saccharifier est probablement supérieure, car, d'après l'expérience que l'on a des ferments, on peut dire qu'une quantité de ferment, susceptible de produire une première transformation de 200000 fois son poids d'un corps, pourra, dans des conditions favorables, et notamment en agissant plus longtemps, pousser plus loin la transformation.

Il est donc probable que dans les essais de Dubrunfaut, l'action de la diastase, comme agent saccharificateur, a été limitée.

Voici les résultats de quelques essais de Kjeldahl, sur les quantités de diastase employée et les quantités de sucre formé.

Extrait de malt employé.	Sucre formé.
2 cc.	0,313gr.
4 »	0,596 »
6 »	0,864 »
8 »	1,070 »
10 »	1,190 »
12 »	1,300 »

On voit que les quantités de sucre formé sont presque proportionnelles aux quantités de diastase employée.

Dans les éditions précédentes de ce livre, l'auteur avait admis que la diastase employée à la saccharification devenait inactive et se trouvait modifiée; depuis, les essais de Adolphe Mayer sur l'invertine, ferment analogue, ont démontré que ce ferment, après avoir rempli son rôle, demeurait intact et encore actif. Ces essais n'ont pas été répétés pour la diastase; mais il est probable qu'elle se comporte comme l'invertine.

D'ailleurs, il reste toujours dans les moûts des quantités notables de diastase active, et c'est grâce à elle qu'on obtient des fermentations complémentaires pendant lesquelles les dextrines, après avoir donné de la maltose, se transforment en alcool et acide carbonique.

Il semble donc démontré que la diastase qui a produit la saccharification n'a pas perdu son activité.

La température la plus favorable à l'action de la diastase est de 50° à 60° C. A des températures supérieures à 65°C. elle n'est pas complètement détruite; mais elle perd beaucoup de sa puissance saccharificatrice.

En effet, tandis que la proportion de maltose est ordinairement à celle de la dextrine comme 3 est à 1, lorsque la température de saccharification est supérieure à 65°, ce rapport devient 1 : 1. Dans ce dernier cas, c'est surtout de l'érythro-dextrine qui se forme; elle est reconnaissable à la teinte rouge qu'elle donne avec l'iode.

L'action de la diastase est plus lente aux basses températures, de sorte que, pour produire le même effet, il faut plus de temps, quoique son activité soit encore assez grande, même à 0°.

La diastase agit très bien dans les dissolutions concentrées, et il n'est pas difficile d'opérer sur des moûts contenant 25 % de maltose et dextrine; on pourrait même aller plus loin.

Cependant, l'action paraît un peu plus énergique dans les dissolutions étendues.

Au-dessus de 75° C. la diastase est coagulée; mais elle perd déjà une partie de son énergie à des températures beaucoup plus basses. Voici un tableau résumant des essais faits par Brown et Héron sur 100 centimètres cubes d'extrait de malt (100 gr. malt dans 250 c. c. d'eau).

Température. °C.	Matières coagulées. Gr.	Quantités de matières coagulées sur 100 parties de matières albuminoïdes dissoutes.
50	0,044	17,1 ‰
60	0,123	53,5 »
66	0,155	67,4 »
76	0,186	80,8 »
100	0,230	100,0 »

Chaque augmentation des matières coagulées correspond à une diminution du pouvoir saccharificateur du malt, et, réciproquement, on ne constate jamais une diminution du pouvoir saccharificateur sans constater en même temps une coagulation partielle des matières albuminoïdes. Il s'en suit donc que le pouvoir saccharificateur est fonction des matières albuminoïdes coagulables.

On peut supposer que la diastase est formée par la réunion de plusieurs ferments dont les uns, les plus actifs, ne résistent pas aux hautes températures, tandis que les autres, les moins actifs, peuvent la supporter. Cette hypothèse est admissible.

On peut aussi admettre qu'aux hautes températures les ferments se divisent et que, par suite de la précipitation partielle des matières albuminoïdes, les ferments actifs restants sont moins abondants.

La diastase surchauffée, puis refroidie, n'agit pas mieux que lorsqu'on maintient, pendant l'action, la température maxima qu'elle avait atteinte. Il s'en suit que les caractères de la diastase surchauffée subsistent malgré le refroidissement.

A l'état sec, la diastase supporte des températures très élevées ; ainsi, dans la dessiccation du malt, on diminue bien un peu le pouvoir saccharificateur, mais sans détruire la diastase. On doit naturellement commencer la dessiccation du malt vert à basse température, à cause de la présence de l'eau ; mais, ensuite, on peut augmenter la température sans nuire à la qualité du produit. Krauch prétend même qu'on ne tue pas la diastase sèche à 120 ou 125° C.

Les températures basses, et même la congélation des dissolutions n'ont aucune influence nuisible sur la diastase.

Les acides détruisent la diastase en la coagulant, c'est-à-dire en la rendant insoluble (les acides oxalique, lactique, acétique, muriatique, nitrique, sulfurique et autres). Lorsqu'on neutralise les acides, la diastase reprend ses propriétés.

Kjeldahl indique, comme substances particulièrement nuisibles à la diastase, les sels métalliques, l'alun, l'acide arsénieux, l'arséniat de soude, l'acide salicylique ; le phénol est moins nuisible et l'éther éthylique est inoffensif.

La présence d'autres ferments ne nuit pas à la diastase, à condition toutefois qu'ils n'engendrent pas des produits pouvant détruire les propriétés de la diastase. C'est le cas de l'acide lactique qui se trouve toujours dans les vins sans porter préjudice aux propriétés de la diastase.

L'action des acides sur la diastase présente un grand intérêt car on rencontre toujours dans les moûts, soit de l'acide lactique provenant du levain, soit d'autres acides provenant de la malpropreté des récipients, etc., etc. Si la proportion de ces acides devient trop forte, ils détruisent la diastase en la coagulant et empêchent, par suite, la fermentation complémentaire de la dextrine.

Nous donnerons plus de détails sur l'influence de l'acide lactique sur la diastase dans le chapitre : « Etude chimique de la formation du sucre. »

Les sels métalliques, les alcalis caustiques et carbonatés empêchent toute action de la diastase.

Les sels neutres exercent une action très variable sur l'intensité du pouvoir saccharificateur de la diastase (O. Nasse Pflüger's Archiv für Physiologie 1875, XI, page 156).

Voici quelques chiffres à ce sujet : on a fait agir la diastase dans un liquide renfermant 4 % de sels, puis on a dosé le sucre par la liqueur de Fehling.

La diastase pure, sans sels, ayant transformé 100 parties d'amidon, on a trouvé que la transformation était, en présence des sels suivants, de :

Avec le chlorure de sodium.....	53 parties.
» azotate de soude.....	71 »
» sulfate de soude.....	81 »
» chlorure de potassium.....	15 »
» sulfate de potasse.....	93 »
» azotate de potasse.....	77 »
» chlorhydrate d'ammoniac....	102 »
» nitrate d'ammoniac.....	97 »
» sulfate d'ammoniac.....	104 »

On voit que les sels ammoniacaux et les sulfates n'exercent qu'une faible action, les nitrates détruisent une partie de la diastase, et le chlorure de potassium la détruit presque complètement.

Ces données ne sont exactes que si les dissolutions sont concentrées; si les dissolutions sont très étendues, certains sels exercent une influence utile, notamment, d'après Nasse, le chlorure de sodium, et d'après Adolphe Mayer, le chlorure de potassium.

Baswitz a démontré que l'acide carbonique exerce une influence favorable sur la diastase; la saccharification est beaucoup plus active et plus complète en sa présence.

100 parties d'amidon donnent en maltose :

Durée de l'action.	En présence d'acide carbonique.	Sans acide carbonique.
1/2 heure	22,05 %	5,13 %
1 »	30,80 »	12,55 »
2 1/4 »	49,11 »	15,61 »
4 »	58,67 »	13,59 »
7 »	56,77 »	13,29 »

La diastase se comporte donc d'une façon analogue à l'invertine et à la salive, et il semble que ces trois ferments sont identiques. (Baswitz).

Cependant, Baswitz fait remarquer que ces résultats ne sont obtenus qu'avec de l'amidon pur, et que l'acide carbonique n'augmente pas toujours l'activité de la diastase lorsqu'elle agit sur l'amidon du commerce ou sur les matières premières de la distillerie, telles que le seigle et les pommes de terre. Baswitz en conclut que ces derniers corps doivent renfermer une matière agissant comme l'acide carbonique. Ainsi, Baswitz ne réussit pas à saccharifier l'amidon du maïs et du riz sans acide carbonique; par contre, l'amidon de froment se saccharifia très bien, par la diastase, sans le concours de l'acide carbonique.

Cependant, Soxhlet conteste les résultats de Baswitz, et prétend que l'amidon du maïs et du riz ne se saccharifie pas par la diastase parce qu'il est toujours alcalin, à cause de l'emploi des alcalis pour sa préparation. Nous savons que les alcalis détruisent le pouvoir saccharificateur de la diastase. L'amidon de froment, au contraire, est toujours acide.

L'acide carbonique, en présence d'amidon de riz ou de maïs,

forme avec les alcalis des bicarbonates et l'excès d'acide carbonique donne au liquide une légère réaction acide, favorable à l'action de la diastase.

Bachet et Savalle prétendent aussi que l'acide carbonique à haute pression favorise l'action de la diastase. Ces Messieurs ont pris un brevet basé sur ce principe; mais leur procédé n'a pas encore été appliqué.

Tous les acides, en général, mais en très petites quantités, favorisent l'action de la diastase. Ce fait a d'abord été étudié par Leysner pour l'acide sulfurique, puis par Kjeldahl (Medelelser fra Carlsberg Laboratoriet K 2 II p. 148), sur un grand nombre d'autres acides organiques et inorganiques. Des doses un peu fortes d'acides diminuent l'action de la diastase.

Centimètres cubes de solution acide à 1/40.	Augmentation du sucre avec :		
	Ac. sulfurique.	Ac. muriatique.	Ac. lactique.
	gr.	gr.	gr.
0	0,44	0,44	0,44
1	0,47	0,47	0,47
2	0,49	0,49	0,49
2 1/2	0,48	—	0,48
3	0,43	0,45	0,47
3 1/2	0,27	0,37	—
4	0,13	0,23	0,44
6	0,02	0,05	0,30
10	0,01	0,01	0,12

L'acide tannique précipite la diastase et donne probablement une combinaison analogue à celle qu'on obtient avec les matières albuminoïdes.

Dubrunfaut pensant que le précipité conservait son pouvoir saccharificateur recommandait ce procédé pour la préparation et la conservation de la diastase. Griessmayr (d. bayer. Bierbrauer, 1871 N° 4-6), a vérifié celle-ci, mais n'a pas constaté de pouvoir saccharificateur. La diastase de Dubrunfaut donne néanmoins quelques traces de saccharification, mais elle est tout à fait insuffisante pour la pratique.

Cette diastase, appelée *Maltine*, est donc sans aucune utilité pratique (Chem. Centralblat 1871 p. 639).

Quand on ajoute simultanément de l'acide tannique et de la diastase à un empois, il ne se produit aucune saccharification, parce que

l'acide tannique donne avec l'amidon un composé tout à fait insoluble (voyez amidon) et difficile à décomposer.

DE L'INVERTINE.

Lorsqu'on traite la levure par de l'alcool, on tue les ferments alcooliques et il reste un ferment soluble dans l'eau. On le précipite de sa dissolution par de l'alcool et on le purifie en le traitant alternativement par l'eau et l'alcool. Ce ferment, appelé *Invertine*, possède la propriété de transformer le sucre de canne en deux autres sucres : la *dextrose* et la *lévulose*, formant ce qu'on appelle « *le sucre interverti*. »

Le sucre de canne n'est pas directement fermentescible, il doit se transformer d'abord en sucre interverti, avant de se décomposer en alcool et acide carbonique.

Cependant, comme la levure normale renferme de l'invertine qui opère cette transformation, il n'est pas indispensable de la réaliser avant la mise en fermentation du sucre cristallisable ; nous reparlerons de ce phénomène au chapitre : « distillation des mélasses. »

L'invertine est une poudre blanche, soluble dans l'eau et renfermant de l'azote ; la chaleur et les acides la coagulent et lui enlèvent ses propriétés. La présence d'acide carbonique favorise son action. Adolphe Mayer l'a étudiée et nous renvoyons le lecteur, pour de plus amples détails, à son livre : « Etude des ferments. »

LES FERMENTS DIASTASIQUES DES BACTÉRIES.

J. Wortmann a découvert, dans les bactéries, des ferments saccharificateurs ; on les extrait en traitant les bactéries par l'eau, puis en précipitant la dissolution par l'alcool.

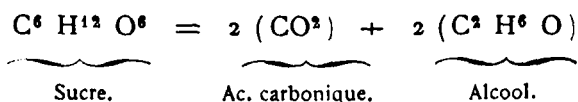
Cependant, ces ferments saccharificateurs ne se séparent des bactéries que lorsqu'ils ne trouvent pas, pour leur développement, d'autres matières organiques que l'amidon. C'est l'amidon des pommes de terre qui résiste le mieux à l'attaque de ces ferments. Ceux-ci ne présentent aucun intérêt pratique pour la fabrication de l'alcool.

C. — PRODUITS DE LA FERMENTATION.

a) Produits principaux

1 — ACIDE CARBONIQUE, CO².

L'acide carbonique se produit en grande quantité pendant la fermentation ; un tiers du carbone du sucre mis en fermentation se transforme en acide carbonique, d'après la formule :



Le gaz qui se dégage pendant toute la durée de la fermentation est exclusivement de l'acide carbonique.

100 parties de sucre donnent en poids 48,9 parties d'acide carbonique, d'après la formule précédente.

Pendant la germination de l'orge et la préparation du malt, il se produit aussi de l'acide carbonique par oxydation de l'amidon :



Les propriétés de l'acide carbonique sont bien connues. C'est un gaz incolore, presque sans odeur, d'une saveur légèrement acide.

Il est plus lourd que l'air. A 0° et sous la pression de 760^{mm}, sa densité égale 1,529 ; 1 litre d'acide carbonique pèse donc 1,967 gr. Il est facile, en raison de cette densité élevée, de verser l'acide carbonique d'un réservoir dans un autre ; c'est pour la même raison qu'il s'amasse toujours dans le bas des ateliers de fermentation.

L'acide carbonique n'est pas un gaz toxique, comme, par exemple, l'oxyde de carbone. Il peut s'en trouver des quantités notables dans

l'air, sans que les animaux ou les végétaux en soient incommodés. Toutefois, il ne peut entretenir la respiration, ni la combustion ; c'est pourquoi il éteint les corps en combustion et asphyxie les animaux, quand il est seul ou en quantité par trop grande dans un local.

Comme la germination n'est qu'un phénomène de combustion, il s'en suit que les caves devant servir de germoirs, doivent être ventilées et munies de dispositions permettant l'écoulement de l'acide carbonique.

L'acide carbonique a une réaction légèrement acide ; il rougit le tournesol et est chassé de ses combinaisons par les acides forts.

Il se liquéfie à 0° et sous la pression de 36 atmosphères ; ce liquide, par sa propre évaporation, se solidifie.

A la température ordinaire, 1 volume d'eau dissout un volume d'acide carbonique ; à des températures plus basses, la solubilité augmente ; à 4° C, par ex. 1 volume d'eau dissout 1,5 volume de ce gaz. L'alcool en dissout davantage ; ainsi, 1 volume d'alcool à 0° et à la pression de 760^{mm} dissout 4,33 volumes d'acide carbonique.

Les vins, c'est-à-dire les moûts fermentés, dissolvent par conséquent plus d'acide carbonique que l'eau pure.

Les alcalis et les bases alcalino-terreuses absorbent l'acide carbonique et donnent des carbonates. Les carbonates alcalins sont solubles, et les autres sont insolubles ; il s'en suit que l'eau de chaux ou de baryte est le réactif le plus sensible de l'acide carbonique. Il se forme un précipité blanc quand on fait passer de l'air chargé d'acide carbonique dans ces dissolutions de baryte ou de chaux (par ex.) l'air de la salle de fermentation ou des caves à malt). On peut absorber l'acide carbonique d'une salle en y plaçant de la chaux éteinte ; mais il est préférable d'établir une ventilation. Ce dernier moyen est plus sûr et plus économique.

2 — ALCOOL ÉTHYLIQUE, $\text{C}^2 \text{H}^6 \text{O}$.

L'alcool éthylique est, avec l'acide carbonique, le produit principal de la fermentation des divers sucres : maltose, dextrose et lévulose, sous l'influence des ferments — *Saccharomyces cerevisiæ* — de la levure de bière.

Voici la formule expliquant la réaction :



100 parties de dextrose donnent donc :

51,11 parties d'alcool et 48,89 parties d'acide carbonique. — D'après Pasteur, 4 à 5 % de la dextrose ne concourent pas à la formation de l'alcool, mais donnent des produits accessoires, de sorte que 100 parties de dextrose ne donnent, en réalité, que 48,0 à 48,5 parties d'alcool.

La mannite, la glycérine, l'alizarine, peuvent aussi donner de l'alcool par fermentation.

On peut aussi produire l'alcool par l'union de l'éthylène et de l'eau, non pas directement, mais par l'intermédiaire de l'acide sulfurique.



Toutefois, on n'a pas encore appliqué cette réaction dans l'industrie, par suite de la difficulté et du coût élevé de cette préparation.

L'alcool absolu pur contient :

Carbone.....	52,2
Hydrogène.....	13,0
Oxygène.....	34,8
	100,0

L'alcool est un liquide mobile, fortement réfringent; son odeur est faible, sa saveur est brûlante et il peut être mélangé à l'eau en toutes proportions.

L'alcool absolu a une grande affinité pour l'eau; il absorbe rapidement l'humidité de l'air et s'y combine avec avidité. C'est à cette dernière propriété qu'il doit sa saveur brûlante, car il absorbe l'eau des muqueuses de la cavité buccale. Mélangé avec de l'eau, il s'échauffe et on a un volume final plus faible que la somme des volumes d'eau et d'alcool mélangés; ainsi, 50 parties d'eau et 50 parties d'alcool ne donnent qu'environ 97 parties.

Il se produit donc une contraction.

On trouvera des renseignements plus complets sur cette réaction dans les tables alcoométriques.

Le poids spécifique de l'alcool est, à 4° C, 0,8095 ; à 15° C, 0,795 ; son point d'ébullition est à 78°4 C. Les mélanges d'eau et d'alcool ont des poids spécifiques plus élevés que celui de l'alcool, et, pour un mélange donné, le poids spécifique est constant. On peut donc déterminer facilement la teneur en alcool d'un mélange d'eau et d'alcool d'après le poids spécifique (alcoométrie).

Les mélanges d'eau et d'alcool possèdent un point d'ébullition supérieur à celui de l'alcool pur, et cette propriété peut également servir pour déterminer la teneur en alcool d'un mélange.

Par suite de la propriété que possède l'alcool de se vaporiser à des températures plus basses que le point d'ébullition de l'eau, on peut extraire l'alcool de ses solutions étendues par distillation. Si on refroidit un mélange de vapeurs d'alcool et d'eau, les vapeurs d'eau se condensent et les vapeurs non condensées sont plus riches en alcool ; la rectification est basée sur ce principe.

Un essai très simple en donne la preuve :

Si on soumet à la distillation, dans un ballon muni d'un long tube, un liquide contenant très peu d'alcool—de la bière, du vin, — les vapeurs qui se dégagent du ballon se refroidissent pendant le passage dans le tube, la vapeur d'eau se condense et les vapeurs non condensées s'enflamment et brûlent parfaitement à la sortie du tube avec une flamme bleue caractéristique.

Pampe (voir le chapitre : « distillation ») donne toutefois une autre explication de ce phénomène.

Par plusieurs rectifications, on produit de l'alcool très concentré, mais on ne peut arriver à obtenir de l'alcool absolu. Il reste toujours environ 5 % d'eau qu'on ne peut enlever que par l'action de corps très avides d'eau, tels que la chaux vive, le chlorure de calcium fondu, le sulfate de cuivre sec, etc.

Il n'a pas encore été possible de solidifier l'alcool, même à —90° C ; mais, à cette température, il devient visqueux. C'est pourquoi on emploie les thermomètres à alcool pour les températures basses auxquelles le mercure se congèlerait.

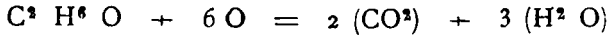
L'alcool est un dissolvant très employé ; il dissout facilement les

résines, telles que la colophane, les laques, etc., etc., les huiles volatiles, les éthers et les acides gras; il dissout plus difficilement les graisses.

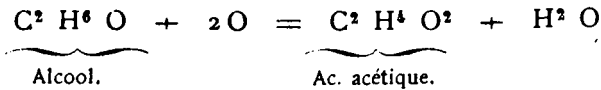
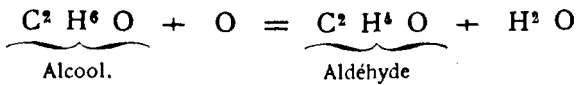
Il dissout aussi un grand nombre de sels; toutefois, les carbonates et les sulfates y sont insolubles ou du moins très peu solubles.

La teinture d'iode n'est aussi qu'une dissolution d'iode dans l'alcool; cependant, il est préférable d'employer, comme réactif de l'amidon, une dissolution d'iode dans de l'eau à laquelle on a ajouté de l'iodure de potassium.

L'alcool brûle en développant beaucoup de chaleur; la flamme est bleue et les produits de la combustion sont de l'eau et de l'acide carbonique.



En brûlant lentement et incomplètement de l'alcool, en présence de mousse de platine et d'oxygène, on forme de l'aldéhyde et de l'acide acétique d'après les formules :



Les deux réactions précédentes peuvent aussi se produire pendant la fabrication de l'alcool.

L'alcool absolu est un poison énergique; l'alcool étendu, absorbé en petite quantité, excite et rafraîchit.

L'alcool empêche la putréfaction et la fermentation; grâce à sa propriété d'absorber l'eau, il rend insoluble, dans l'eau certains corps solubles, par exemple les matières albuminoïdes. C'est pourquoi il sert pour la conservation des fruits, etc., etc.

Pour les mêmes raisons, la fermentation d'un moût sucré s'arrête quand la proportion d'alcool y devient trop forte (12 à 15 % environ).

L'alcool se combine avec différents sels et remplace alors l'eau de

cristallisation ; il en est ainsi avec le chlorure de potassium et l'azotate de magnésie. On appelle ces combinaisons des alcoolates.

La potasse et la soude se dissolvent dans l'alcool absolu avec dégagement d'hydrogène ; il se forme des éthylates.

L'alcool donne avec les acides des éthers.

De plus amples détails sortiraient du cadre de ce livre.

b) Produits secondaires.

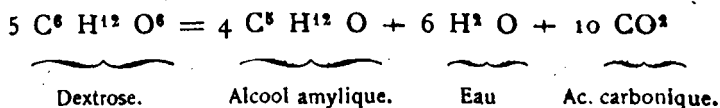
1 — ALCOOL AMYLIQUE, C⁵ H¹² O.

L'alcool amylique se produit toujours pendant la fermentation alcoolique.

On connaît peu de chose sur sa formation ; mais on sait qu'il se produit en plus grande quantité dans les moûts de grains que dans les moûts de pommes de terre.

Cette observation semblerait indiquer qu'il y a une corrélation entre la présence des matières albuminoïdes et des matières grasses dans les grains avec la production d'alcool amylique.

On ne sait pas non plus si la fermentation transforme directement le sucre en alcool amylique ; dans tous les cas, cela ne paraît pas impossible, d'après la formule suivante :



L'alcool amylique est fluide et incolore ; son poids spécifique égale 0,825. Il se rapproche beaucoup de celui de l'alcool éthylique à 93°. Il cristallise à — 23° C ; son point d'ébullition est à 132° C. (Observations de 130 à 134° C).

Son odeur et sa saveur désagréables déprécient l'alcool éthylique qui en contient ; on le sépare de ce dernier au moyen de dispositions spéciales (déflegmateur) dans les appareils à distiller.

Les oxydants transforment l'alcool amylique en aldéhyde acétique et acide acétique, aldéhyde valérique et acide valérique.

L'alcool amylique brûle avec une flamme éclairante; mais son odeur désagréable empêche de l'employer pour l'éclairage.

L'alcool amylique dissout mieux les huiles et les graisses que l'alcool éthylique; il sert pour le dégraissage et le lavage des laines d'après le procédé Richter.

2 — ALDÉHYDE ACÉTIQUE, $C^2 H^4 O$.

Ce corps se produit par l'oxydation de l'alcool éthylique, lorsque la température de la fermentation s'élève; il est reconnaissable à son odeur piquante caractéristique. C'est un liquide mobile, très réfringent; son poids spécifique égale 0,801. Son point d'ébullition est à $21^{\circ} C.$, il s'évapore donc au début de la rectification et se trouve dans les mauvais goûts de tête.

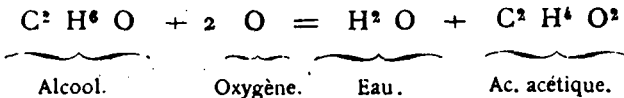
C'est un produit désoxydant; il absorbe facilement l'oxygène en donnant de l'acide acétique. Il réduit les corps riches en oxygène et décompose, par exemple, les sels de peroxyde en donnant un précipité de sous-oxyde ou de métal.

La propriété de réduire les solutions alcalines de cuivre que possèdent les sucres tient à ce que le groupe $C^2 H^4 O$ fait partie de leur constitution.

3 — ACIDE ACÉTIQUE, $C^2 H^4 O^2$.

L'acide acétique, de même que l'aldéhyde, n'est pas un produit direct de la fermentation, mais une transformation de l'alcool formé. Il en résulte que la présence de l'acide acétique indique une perte d'alcool.

Voici la formule qui explique cette réaction :



On n'est pas encore bien fixé sur la façon dont se forme l'acide

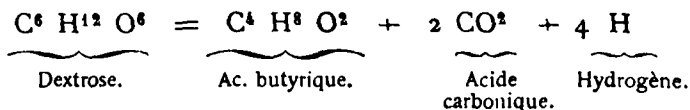
acétique. J. de Liebig prétend que l'oxydation de l'alcool se fait par une absorption d'oxygène; mais Pasteur croit que la transformation a lieu sous l'influence d'un ferment particulier.

L'acide acétique est un liquide incolore, d'un goût très acide et d'une odeur piquante.

L'acide acétique anhydre, étendu sur la main, attaque la peau (par suite de l'absorption d'eau). Il cristallise à 0° et les cristaux ne fondent qu'à + 16° C. Son poids spécifique est de 1,063 à 18° C. Il bout à 119°. L'acide acétique absorbe l'eau et son poids spécifique augmente; il égale 1,079 pour l'acide correspondant à la formule $C^2 H^4 O^2 + H^2 O$ et c'est son poids spécifique maximum. On ne peut donc pas déterminer la richesse d'un liquide en acide acétique d'après sa densité.

4 — ACIDE BUTYRIQUE, $C^4 H^8 O^2$.

Ce produit se forme par l'action d'un ferment spécial sur le sucre :



Le ferment butyrique ne se rencontre dans les distilleries que lorsqu'il y a putréfaction et que la propreté n'est pas suffisante.

L'acide butyrique est un liquide incolore, très acide, qui répand une odeur de sueur très pénétrante

Son poids spécifique est de 0,974 à 15° C.

Il bout à 127° C. On le rencontre quelquefois dans les mélasses de betterave et c'est à lui qu'on doit attribuer, dans certain cas, la non fermentescibilité des mélasses (Neale et Maercker). Il empêche la fermentation alcoolique, de même que les acides valérique, formique et caproïque.

5 — ACIDE SUCCINIQUE, $C^4 H^6 O^4$.

L'acide succinique est considéré par Pasteur comme un produit

normal de la fermentation (de même que la glycérine). Il se produit effectivement, en petite quantité, il est vrai, mais il ne fait jamais défaut.

On en a trouvé dans différents vins les quantités suivantes :

Bordeaux vieux	1,5 g. par litre.
Bordeaux ordinaire.	1,4 »
Bourgogne vieux.	1,5 »
Bourgogne ordinaire.	0,9 »

L'acide succinique cristallise en cristaux transparents, sans odeur, inaltérables à l'air et qui fondent à 180°. Une partie de ce corps se dissout dans 5 parties d'eau à 16°, et dans 2,2 parties d'eau bouillante ; il est peu soluble dans l'alcool et insoluble dans l'éther.

6 — GLYCÉRINE, C³ H⁸ O³.

La glycérine se produit d'une façon normale et régulière pendant la fermentation et en quantité plus grande que l'acide succinique.

Voici les quantités de ce corps que Pasteur a trouvées dans les vins cités plus haut :

Bordeaux vieux.	7,4 g. par litre.
Bordeaux ordinaire	6,9 »
Bourgogne vieux	7,3 »
Bourgogne ordinaire.	4,3 »

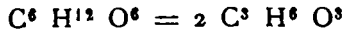
Le rapport de l'acide succinique et de la glycérine est donc à peu près constant et égal à $\frac{1}{8}$.

La glycérine est un sirop incolore, inodore, d'une saveur très sucrée et d'un poids spécifique égal à 1,27, à 10° C. C'est un corps hygroscopique qui attire l'humidité de l'air avec une grande énergie. C'est à cause de cette propriété qu'on l'emploie pour préserver la surface de corps qui tendraient à se dessécher, de manière à les conserver humides et souples (peaux gercées). La glycérine se dissout dans l'eau et dans l'alcool en toute proportion ; mais elle est insoluble dans l'éther. Elle distille dans le vide à 200° C. ; en présence de l'air, elle se décompose à cette température.

7. — ACIDE LACTIQUE, $C^3 H^6 O^3$.

L'acide lactique est produit en partie avec intention ; mais il se développe quelquefois outre mesure pendant la fermentation et nuit alors considérablement au rendement alcoolique.

Le sucre se décompose en acide lactique d'après la formule :



Ce corps a été découvert par Scheele en 1780.

L'acide lactique se rencontre dans le lait aigri, dans les sucs de l'estomac (avec de l'acide muriatique), dans les eaux-mères des amidonniers et dans tous les jus fermentés de glucose ou de sucre de canne.

On en rencontre aussi dans le liquide qui imprègne la chair musculaire, dans les larmes, etc., etc.; toutefois, ce dernier diffère de celui des fermentations et on a appelé acide sarcolactique celui qu'on rencontre dans l'économie animale.

Dans la fabrication de l'alcool, on laisse l'acide lactique se développer dans le moût qui doit servir à la préparation du levain. Pour cela, on laisse ce moût se refroidir très lentement à l'air ; lorsqu'il atteint la température de 30 à 40° C., température la plus favorable au développement du ferment lactique, celui-ci, qui se trouve répandu dans l'air de l'atelier, rencontre la maltose du moût et la transforme en acide lactique. On ne s'explique pas bien le but de cette acidification ; il est probable que l'acide sert à dissoudre les matières azotées insolubles qui peuvent alors servir de nourriture à la levure de bière, en même temps qu'il donne au levain une légère acidité, favorable au développement de la levure de bière.

Quand la température s'élève trop pendant la fermentation, ou quand il y a malpropreté, le ferment lactique se développe en grande quantité dans les moûts ; il en résulte la destruction de la

diastase, qui, ne pouvant plus saccharifier la dextrine, cause de mauvais rendements alcooliques.

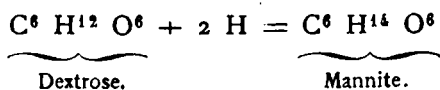
Évaporé dans le vide, l'acide lactique est un sirop incolore et inodore. Son poids spécifique est de 1,315 à 20°,5 C. Sa saveur est acide; il est soluble en toute proportion dans l'eau, l'alcool et l'éther.

Tous les sels qu'il donne sont solubles dans l'eau. Les lactates de chaux et de zinc donnent surtout de beaux cristaux caractéristiques.

Les lactates subissent, dans certaines conditions, la fermentation butyrique, avec dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique.

8. MANNITE, $C^6 H^{14} O^6$ et 9. GOMMES.

Ces deux corps ne se produisent jamais dans les fermentations normales; mais ils prennent naissance dans les fermentations visqueuses dues aux bactéries. Il se forme, dans ces fermentations, de l'hydrogène, qui se combine au sucre pour former de la mannite.



La mannite est un sucre cristallisable, très sucré et sans action sur la lumière polarisée; une partie de mannite se dissout dans six parties d'eau; elle est fermentescible et peut donner naissance à de l'alcool, de l'acide lactique, de l'acide butyrique, etc., etc.

Pendant sa fermentation, il se dégage de l'hydrogène.

La gomme est probablement identique à l'acide gummique des gommes des plantes.

PRODUITS ACCESSOIRES.

On a remarqué que, par la rectification des alcools bruts, on

obtenait divers produits qu'on doit considérer comme des produits accessoires de la fermentation.

Ce sont :

	POINT D'ÉBULLITION.
Les alcools isopropylique.....	85° C.
» propylique.....	97°
» butylique.....	107°
» isoamylique.....	120°
» l'acétal.....	103-105°

Pour plus de détails sur ces divers corps, nous devons renvoyer le lecteur aux livres spéciaux.

CHAPITRE II.

MATIÈRES PREMIÈRES EMPLOYÉES POUR LA FABRICATION DE L'ALCOOL.

A. — MATIÈRES AMYLACÉES.

1. — POMMES DE TERRE.

LES POMMES DE TERRE s'appellent, en latin, *Solanum tuberosum* ou *esculentum*; — en allemand, *kartoffel*; — en anglais, *potato*; — en italien, *patate*; — en espagnol, *patata*; — en suédois, *potaeter*, *jordpaeron*; — en danois, *kartoffel*; — en polonais, *Ziemniak*; — en turc, *jer elmaszi*; — en portugais, *mazda*, *tubara da terra*, *batata*; — en bohémien, *brambor*, *zemce*; — en hongrois, *krumpli*, *kolompér burgonya*, *pityoka*.

On raconte ce qui suit sur l'origine des pommes de terre. Elles proviennent du Chili et du Mexique, où elles ont le nom de *papes*. Vers le milieu du XVI^e siècle, un négrier, John Hawkins, en transporta comme provision de navire de Santa-fé, en Irlande; en 1584, Walter Raleigh en apporta également de la Virginie en Irlande, et enfin, en 1585, Franz Drake les introduisit en Angleterre. Sur les recommandations de ce dernier, les pommes de terre furent plantées de tous côtés en Angleterre, et de là se répandirent dans les Pays-Bas, en France et enfin en Allemagne. Cependant, on ne les cultivait alors que dans les jardins, et, en 1616, elles figuraient encore comme rareté à la table royale, à Paris. En 1625, elles furent introduites dans le duché de Bade. Clusius, en 1628, les importa en Autriche, où elles furent appelées *Grübling*; en 1647, elles furent introduites dans le Voigtland par Hans Rogler, et, en 1650, en

Hesse. Après la guerre de trente ans, elles se répandirent dans toute l'Allemagne et furent cultivées, en 1708, dans le Mecklenbourg, en 1710, dans le Wurtemberg, en 1720, en Prusse. Du nord de l'Allemagne, elles furent importées en Suède, en Finlande et en Danemark; du sud de l'Allemagne elles se répandirent en Suisse. Ce n'est que vers la fin du XVIII^e siècle qu'elles devinrent un objet de consommation générale et elles ne furent employées pour la fabrication de l'alcool qu'au XIX^e siècle.

La matière utile de la pomme de terre est l'amidon et il s'en trouve des quantités variables suivant l'espèce, le mode de culture, la fumure et le climat. Une preuve de la composition variable de la pomme de terre a été fournie par l'exposition d'Altenburg, en 1876. Voici les résultats trouvés par Oehmichen sur 2644 analyses :

Au-dessus de :				Au-dessus de :			
»	—	% d'amidon	26 échantill ^s	17	—	17 1/2 % d'amidon	198 échantill ^s
24	— 25	»	19	16 1/2 — 17	»	165	»
23	— 24	»	49	16 — 16 1/2	»	197	»
22	— 23	»	82	15 1/2 — 16	»	207	»
21	— 22	»	145	15 — 15 1/2	»	157	»
20 1/2	— 21	»	81	14 1/2 — 15	»	111	»
20	— 20 1/2	»	106	14 — 14 1/2	»	115	»
19 1/2	— 20	»	149	13 — 14	»	98	»
19	— 19 1/2	»	93	12 — 13	»	48	»
18 1/2	— 19	»	252	11 — 12	»	42	»
18	— 18 1/2	»	135	10 — 11	»	4	»
17 1/2	— 18	»	162	9 — 10	»	3	»

On voit donc que 1351 échantillons, soit plus de moitié, possédaient une teneur en amidon de 16 à 20 %, de sorte qu'on peut compter en général sur une richesse de 18 %.

La table ci-dessus est tirée du rapport officiel de la Commission de l'exposition de pommes de terre à Altenburg (1876, chez Wiegandt, Hempel et Parey à Berlin). Pour de plus amples détails, nous renvoyons le lecteur à ce rapport.

Voici de nombreux résultats d'analyses de pommes de terre faites par F. Heine, d'Emersleben depuis 1877. Ces essais présentent un très haut intérêt, car ils permettent de reconnaître l'influence du temps sur la composition et sur les quantités de pommes de terre récoltées.

ESSAIS DE 1877.

Numéros des essais.	ESPÈCE DE POMMES DE TERRE.	AMIDON %	RÉCOLTE PAR HECTARE	
			Pommes de terre.	Amidon
			KILOS	
1	Farinosa	16,19	15 162	2 454,62
2	Nouvelle Lippesche	16,35	16 518	2 693,50
3	Dalmaoy	16,95	16 247	2 752,48
4	Eyane.....	17,52	16 008	2 803,33
5	N° 50 de 1874 de Paulsen	15,54	18 210	2 828,80
6	Rose de Lippe	16,81	18 007	2 930,65
7	Rose Jaune.....	17,52	18 108	3 171,62
8	N° 56 de 1874 de Paulsen.....	17,60	18 720	3 328,34
9	Alcool violette.....	17,67	18 923	3 342,05
10	Fürstenwalaer.....	19,49	17 231	3 357,72
11	Blanka.....	17,83	19 260	3 433,12
12	Rio frio.....	17,60	19 699	3 367,43
13	N° 13 de 1874 de Paulsen.....	13,66	29 620	4 045,33
14	Trophime.....	20,93	20 173	4 221,65
15	N° 9 de 1874.....	14,73	28 993	4 270,62
16	Prima donna	15,88	27 389	4 348,98
17	Santé.....	19,77	22 747	4 495,98
18	Aurore.....	20,61	23 018	4 546,84
19	N° 65 ^a de 1874	16,19	27 081	4 384,24
20	N° 42 ^a de 1874.....	19,41	25 521	4 952,35

ESSAIS DE 1878.

1	Paulsen N° 42.....	22,45	25 937	5 803,30
2	Rose bleue tardive de Haage et Schmidt.....	15,68	34 717	5 443,98
3	Rose neigeuse de Richter.....	17,41	30 098	5 242,36
4	Alcool.....	21,08	23 680	4 972,80
5	Rose de Lippe	18,31	26 799	4 906,90
6	Aurore.....	20,06	23 974	4 809,22
7	(N° 15 de Paulsen; pomme d'Achille	19,26	24 965	4 810,28
8	Gleason (Seed)	19, »	25 122	4 773,57
9	Santé.....	19,10	24 797	4 736,23
10	Late Goodrich	16,96	27 273	4 625,20
11	N° 13 de Paulsen	17,19	26 180	4 500,68
12	Prima donna	16,58	27 045	4 484,19
13	Daber.....	19,79	22 610	4 474,38
14	Pomme de terre pour semence d'Emerslebener	18,76	23 480	4 404,93
15	Trophime.....	21,36	20 361	4 349,68
16	Euphyllon N° 9 de Paulsen	16, »	26 799	4 287,86
17	Griesenhaeger.....	20,86	20 530	4 283,04
18	Prolifique de Bresee (Rose blanche de Kopsel)...	17,59	24 115	4 241,88
19	Alcool violette.....	18,56	22 836	4 238,37
20	Blan Ra.....	20,60	20 487	4 220,37
21	Siebenhaeuser	20,32	20 698	4 205,99
22	N° 23 de Paulsen. Thusnelda.....	19,54	21 474	4 196,11
23	Chardon.....	16,75	25 026	4 191,88

N ^o des essais.	ESPÈCE DE POMMES DE TERRE.	AMIDON %	RÉCOLTE PAR HECTARE	
			Pommes de terre.	Amidon.
			KILOS.	
24	Chili Garnet.	18,76	22 195	4 163,87
25	Late paragon de Thornburn.	16,75	24 763	4 147,92
26	The farmer's blush.	17,41	23 378	4 070,23
27	N ^o 6 de Paulsen.	15,20	26 446	4 019,86
28	Early Goodrich.	16,58	24 040	3 985,98
29	Alpha.	16,75	23 780	3 983,19
30	Urban.	16,38	23 956	3 924,09
31	Nouvelle de Lippe.	20,60	18 935	3 900,76
32	La quarantaine Zwickauer.	18,56	20 688	3 841,69
33	Furstenwalder.	18,31	20 935	3 833,35
34	Excelsior.	15,85	24 040	3 810,47
35	Rouge de Schiebler.	16,96	22 320	3 785,61
36	Luckenburger.	18,56	20 342	3 775,52
37	Redskin flourball de Sutton.	16,58	22 575	3 743,02
38	Excelsior de Tuttle.	16,18	23 061	3 731,35
39	N ^o 31 de Paulsen.	17,59	21 121	3 715,34
40	(N ^o 65 de Paulsen). Ceres.	17,59	21 061	3 704,66
41	Extra early Vermont.	17,76	32 527	3 699,33
42	Dalmahoy.	16,90	21 766	3 678,53
43	Farinosa.	17,41	21 123	3 667,66
44	N ^o 56 de Paulsen.	20,06	19 631	3 536,78
45	Impérator de Richter.	17,82	19 676	3 506,30
46	Early rose.	16,75	20 853	3 492,98
47	Bleue précoce.	18,56	18 675	3 467,09
48	Durée tardive.	16,96	20 355	3 452,36
49	King of the earlies.	16, »	21 474	3 434,36
50	Eyane.	18,31	18 751	3 433,40
51	Berlinoise.	18,07	18 759	3 389,81
52	Rose jaune.	17,19	19 499	3 352,02
53	Magnifique de Richter.	16,38	20 416	3 344,25
54	Snowflake.	16,96	19 664	3 335,08
55	Polygonos.	16,96	19 658	3 334,10
56	N ^o 50 de Paulsen.	19,26	16 970	3 268,57
57	Sucre précoce.	14,41	18 483	3 218,11
58	Mr. Bresee.	17,19	18 573	3 192,74
59	Blanche de Schiebler.	15,50	20 451	3 170,05
60	Elégante de Richter.	15,20	19 572	2 974,97
61	Œufs d'alouette.	16,96	16 968	2 877,92
62	Bleue tardive de Gladow.	16,75	14 799	2 480,68
63	Pflückmaus.	17,19	13 381	2 300,35
64	I de sol humide.	20,06	11 344	2 275,71
65	La Circassienne.	16,96	13 399	2 272,48
66	Challenge de Robson.	17,19	11 914	2 048,13
67	Early emperor.	16, »	13 694	2 031,09
68	Eureka.	17,82	10 882	1 939,21
69	Alouette.	16,96	7 969	1 351,57

ESSAIS DE 1879.

1	(N ^o 42 de Paulsen) Eos.	22,77	28 062	6 389,86
2	Aurore.	21,74	29 102	6 326,96
3	Alcool.	20,06	27 537	5 483,96

Numéros des essais.	ESPÈCE DE POMMES DE TERRE.	AMIDON %	RÉCOLTE PAR HECTARE	
			Pommes de terre.	Amidon.
			KILOS.	
4	Rose neigreuse de Richter	18,07	30 196	5 466,42
5	Trophime	20,86	29 825	6 179,97
6	(N° 15 de Paulsen) pomme d'Achille	22,88	21 852	4 999,88
7	The farmer's blush	17,33	37 794	6 512,06
8	Rose de Lippe	20,48	20 502	6 042,12
9	Santé	21,96	20 759	4 558,70
10	N° 13 de Paulsen	18,31	28 942	5 299,23
11	(N° 9 de Paulsen) Euphyllon	16,16	31 199	5 041,76
12	Prima donna	19,15	23 541	4 597,61
13	Blanka	22,29	25 521	5 690,81
14	(N° 23 de Paulsen) Thusnelda	21, »	25 323	5 318,03
15	(N° 65 de Paulsen) Ceres	22,61	24 507	5 541,05
16	Alcool violette	20,70	25 198	5 216,11
17	Gleason (Seed)	19,63	22 377	4 392,72
18	Siebenhäuser	21,08	22 561	4 756,02
19	Imperator de Richter	20,35	34 709	7 063,54
20	Early Goodrich	16,46	29 267	4 817,41
21	N° 8 de Paulsen	14,94	31 735	4 741,32
22	Late Goodrich	17,41	23 265	4 050,44
23	Emerslebener	19,79	21 307	4 216,47
24	Fürstenwalder	21,41	21 298	4 559,96
25	Nouvelle de Lippe	21,74	24 957	5 425,80
26	N° 31 de Paulsen	18,36	28 061	5 317,39
27	Rouge de Schiebler	18,51	25 931	4 799,88
28	Rose bleue tardive de Haage et Schmidt	18,02	20 293	3 556,84
29	Daber	20,90	19 323	4 038,63
30	Chardon	18,36	23 541	4 322,18
31	Griesenhaeger	22,72	17 779	4 039,59
32	Urban	19,06	23 801	4 536,63
33	Rose jaune	20,70	26 411	5 456,57
34	Garnet Chili	20,96	20 095	4 212, »
35	Prolifique de Bresee (Rose blanche de Kopsel).	17,06	23 133	4 482,93
36	N° 39 de Paulsen	16,14	27 396	4 421,81
37	Eyane	20,43	26 201	5 352,98
38	Extra early Vermont	15,21	29 255	4 449,79
39	N° 56 de Paulsen	21,08	19 740	4 161,36
40	Rose précoce	15,50	29 293	4 540,70
41	La quarantaine Zwickauer	18,31	21 878	4 005,88
42	Excelsior de Tuttle	15,03	27 811	4 079,13
43	Excelsior	16,42	24 170	3 958,63
44	N° 50 de Paulsen	22,07	19 194	4 236,14
45	Elegante de Richter	16,67	27 992	4 666,29
46	Late paragone de Thornburn	16,58	17 134	2 820,90
47	Luckenburger	16,58	23 321	3 860,77
48	Berlinoise	17,59	24 320	4 278,46
49	Farinosa	18,71	21 106	3 948,99
50	Mr. Bresee	17,23	26 139	4 503,74
51	Dunbar Regent	20,76	19 366	4 020,51
53	Dalmahoy	17,19	15 436	2 653,61
53	Alpha	16,46	14 576	2 399,36
54	Redskin flourball de Sutton	18,07	15 867	2 867,32

Numéros des essais.	ESPÈCE DE POMMES DE TERRE.	AMIDON %	RÉCOLTE PAR HECTARE	
			Pommes de terre.	Amidon.
			KILOS.	
55	Bleue précocce	17,78	21 458	3 815,38
56	Polygonos.....	20,96	19 106	4 004,64
57	Durée tardive.....	19,53	16 005	3 125,78
58	Roi des précoces.....	14,33	24 355	3 504,57
59	Sucre précocce.....	16,26	23 278	3 785,14
60	Snowflake.....	15,77	22 234	3 506,39
61	Magnifique de Richter.....	19,58	11 987	2 347,46
62	Blanche de Schiebler.....	16,30	20 632	3 363,05
63	Œufs d'alouette.....	15,58	16 819	2 620,55
64	Challenge de Robson.....	16,42	20 963	3 442,15
65	Eureka.....	17,01	15 084	2 568,39
66	La Circassienne.....	16,92	13 417	2 270,18
67	Pflückmaus.....	14,97	11 448	1 713,83
68	Early emperor.....	16,07	13 963	2 243,97
67	Alouette.....	15,21	4 410	675,48

ESSAIS DE 1880.

1	Eos.....	21, »	18 342	3 872,82
2	Aurore.....	20,20	18 688	3 775,15
3	Alcool.....	19,72	18 802	3 727,17
4	Rose neigeuse de Richter.....	16,89	20 487	3 460,30
5	Achille.....	21,52	18 759	4 037,02
6	Santé.....	20,01	20 557	4 113,60
7	The farmer's blush.....	16,94	21 298	3 607,93
8	Blanca.....	19,79	19 253	3 810,17
9	N° 13 de Paulsen.....	16,27	19 852	3 230, »
10	Prima donna.....	17,19	19 394	3 333,80
11	Impérator de Richter.....	19,54	23 026	4 499,30
12	Trophime.....	19,61	16 114	3 160,10
13	Rose de Lippe.....	17,27	16 890	2 916,90
14	Ceres.....	17,49	17 774	3 042,72
15	Thusnelda.....	18,56	15 903	2 951,62
16	N° 39 de Paulsen.....	15,56	23 204	3 622,58
17	Euphyllis.....	15,67	20 099	3 149,56
18	Alcool violette.....	19,32	14 880	2 889,80
19	N° 8 Paulsen.....	15,50	20 310	3 249,20
20	Nouvelle de Lippe.....	17,32	17 384	3 358,63
21	Rose jaune.....	18,94	20 240	3 833,53
22	N° 31 de Paulsen.....	16,84	18 653	3 141,25
23	Furstenwalder.....	20,91	14 845	3 104,15
24	Daber.....	20,49	14 754	3 186,14
25	Sieberhæuser.....	18,96	12 482	2 366,72
26	Rouge de Schiebler.....	15,92	18 230	2 902,29
27	Urban.....	16, »	17 525	2 804,03
28	Chardon.....	15,07	18 477	2 784,72
29	Early Goodrich.....	15,93	16 349	2 604,53
30	Late Goodrich.....	15,67	16 855	2 641,22
31	Excelsior de Tuttle.....	15,87	20 608	3 171,39
32	Prolifique de Bresee.....	16,03	16 961	2 718,85
33	Emerslebener.....	16,05	14 564	2 424,77

Numéros des essais.	ESPÈCE DE POMMES DE TERRE.	AMIDON %	RÉCOLTE PAR HECTARE	
			Pommes de terre.	Amidon.
			KILOS.	
34	Rose précoce	16,59	18 536	3 073,12
35	Garnet Chili ...	20,27	13 364	2 708,94
36	Seed (Gleason).....	15,67	9 802	1 534,11
37	Griesehæger.....	19,95	10 578	2 130,43
38	N° 56 de Paulsen	19,19	15 209	2 918,80
39	Kent-Victoria	19,19	14 140	2 713,47
40	Rose bleue tardive	16,63	12 764	1 994,95
41	La Quarantaine Zwickauer.....	17,55	15 152	2 722,93
42	Extra early Vermont.....	16,40	15 762	2 594,44
43	Elégante de Richter	16,76	16 714	2 801,30
44	Polygonos.....	19,16	16 467	2 751,14
45	Redskin flourball de Sutton	17,41	16 855	2 939,50
46	Excelsior.....	16,54	15 867	2 624,55
47	Mr. Bresee	15,82	17 137	2 711,11
48	N° 50 de Paulsen.....	17,36	12 341	2 142,52
49	Berlinoise	18,66	12 961	2 390,68
50	Eyane.....	18,86	13 892	2 619,96
51	Luckenburger.....	18,71	12 235	2 289,34
52	Farinosa	16,84	12 694	2 137,71
53	Dunbar-Regent.....	19,59	11 918	2 334,85
54	Late paragone de Thornburn.....	16,46	10 860	1 787,66
55	Bleu précoce	18,98	12 447	2 362,53
56	Dalmahoy	17,36	10 578	1 830,44
57	Alpha.....	16,54	10 014	1 656,37
58	Sucre précoce.....	17,19	10 896	1 873,01
59	Kent-Regent	16,96	8 533	1 427,20
60	Yorkshire-Fluke	17,27	4 336	749,04

ESSAIS DE 1881.

Numéros des essais.	ESPÈCE DE POMMES DE TERRE.	MATURITÉ.	AMIDON %	RÉCOLTE PAR HECTARE	
				Pommes de terre.	Amidon.
				KILOS	
1	Eos	Tard.....	22,61	27 574	6 235,50
2	Alcool.....	Assez tôt.....	23,05	29 768	6 860,42
3	Aurore.....	Tard.....	20,61	28 474	5 869,10
4	Champion	Tard.....	21,08	28 117	5 927,93
5	Rose neigeuse de Richter.....	Assez tard.....	20,95	27 719	5 806,47
6	The farmer's blush.....	Assez tôt.....	20,62	29 262	6 021,96
7	Prima donna.....	Assez tôt.....	21,08	32 695	6 891,70
8	Imperator de Richter.....	Tard.....	19,53	33 212	6 486,25
9	Euphyllis	Assez tôt.....	19,58	35 734	6 997,14
10	Rose de Lippe.....	Tard.....	21,35	41 652	8 891,00
11	N° 13 de Paulsen de 1874.....	Assez tard.....	19,79	29 151	5 769,25
12	Trophime.....	Tard.....	20,61	23 568	4 858,32

Numéros des essais.	ESPÈCE DE POMMES DE TERRE.	MATURITÉ.	AMIDON % ₀	RÉCOLTE PAR HECTARE	
				Pommes de terre.	Amidon.
				KILOS	
13	Achille	Tard.	23, »	21 313	4 540,96
14	N° 29 de Paulsen	Assez tôt..	18,56	34 217	6 351,08
15	Santé	Assez tard	20,95	18 255	3 823,96
16	N° 16 de Paulsen de 1875.....	Très tard.	20,33	24 573	4 995,45
17	N° 3 de Paulsen de 1877	Assez tôt	20,06	28 417	5 700,69
18	Blanca	Très tard.	20,53	19 296	3 923,87
19	Rose jaune.....	Assez tôt.	21,63	30 963	6 691,82
20	Thusnelda	Tard.	21,35	27 561	5 884,83
21	Andersen	Tard.	20,26	22 734	4 615,60
22	N° 31 de Paulsen	Assez tard	21,74	29 988	6 515,63
23	Précoce de sol humide.....	Tôt.	21,08	35 336	7 428,52
24	Hertha	Tard.	16,56	24 432	3 997,35
25	Furstenwalder.....	Assez tôt.	24,44	26 421	6 455,86
26	Daber	Assez tôt.	23,27	26 626	6 196,31
27	Immanquable	Très tard.	16,40	23 758	3 910,16
28	Ceres.....	Tard.	19,01	25 088	4 770,16
29	N° 1 de Paulsen de 1876	Très tard.	18,09	19 384	3 490,94
30	N° 8 de Paulsen.....	Tôt.	16,71	32 660	5 457,77
31	Alpha-Saemling	Assez tôt..	20,06	25 572	5 130,62
32	N° 22 de Paulsen de 1876.....	Très tard.	17,59	18 804	3 306,80
33	Nouvelle de Lippe	Tard.	18,31	23 850	4 366,61
34	Garnet-Chili	Assez tôt..	22,94	25 772	5 912,26
35	Rose précoce.....	Très tôt..	19,90	28 985	5 767,30
36	Prolifique Bresee.....	Assez tôt.	20,01	28 131	5 628,20
37	Kent-Victoria	Assez tard	20,05	28 977	5 810,40
38	Quarantaine Zwickauer	Assez tôt..	20,86	28 505	5 945,56
39	Chardon	Assez tard	17,19	26 385	4 535,08
40	Pfluckmaus Saemling	Assez tôt.	21,90	21 762	4 766,25
41	N° 56 de Paulsen	Tard.	22,01	22 665	4 987,61
42	Excelsior de Tuttle.....	Assez tôt.	18,07	24 834	4 488,06
43	Early Goodrich	Tôt.	16,26	15 497	2 519,27
44	Redskin flourball de Sutton.....	Assez tard	22,72	24 101	5 475,40
45	Extra early Vermont.....	Très tôt..	18,31	27 183	4 977,82
46	Dunbar-Regent.....	Tard.	22,31	26 062	5 814,31
47	Excelsior	Assez tôt.	19,63	25 715	5 269,93
48	Polygonos	Assez tôt	21,35	21 852	4 666,34
49	Elégante de Richter.....	Tôt.	17,83	23 316	4 156,99
50	Bleue précoce.....	Tôt.	20,70	25 380	5 254,04
51	Kent-Regent	Assez tard	21,63	23 024	5 199,18
52	Sucre précoce	Tôt.	20,06	25 441	5 103,19

On trouve, dans le tableau suivant, un classement des diverses sortes de pommes de terre d'après leur teneur en amidon. Toutes les analyses ont été faites par Behrend, Maercker et Morgen (1872-1878) à la station d'analyses de Halle, dans le but de déterminer la relation qu'il peut y avoir entre la teneur en amidon et le poids spécifique des pommes de terre.

Il est bon de faire remarquer que la teneur en amidon a été obtenue par le dosage direct de ce corps.

	Amidon.		Amidon.
	‰		‰
Peerless de Grœhling.....	14,1	Farinosa.....	18,4
Beauty de Brownell.....	14,5	Blanches précoces (Saxe).....	18,5
Extra early de Vermont.....	14,5	Roses précoces (Erfurt).....	18,5
Rose blanche (Erfurt).....	14,5	Bleues précoces (Halberstadt).....	18,7
Early Gem de Grœhling.....	14,8	King of the earlyes de Bresee.....	18,8
Rose blanche précoce.....	14,9	Sieberhæuser.....	18,8
Garnet-Chili de Grœhling.....	15,2	Chardon.....	18,8
Pommes de terre sablonneuses géantes.....	15,4	Rouges du Rhin.....	18,9
Late rose.....	15,4	Blanches (Anderbeck).....	19,2
Roi des précoces.....	15,5	Biscuit.....	19,2
Pommes de terre rognons (Magdebourg).....	15,6	Rusticoat Pinkey.....	19,5
Roses précoces (Posen).....	15,8	Fières du Chili.....	19,5
Early Goodrich.....	16,1	Bleues précoces rondes.....	19,5
Sidowsauer.....	16,1	Rouges du Rhin.....	19,6
Pommes de terre blanches (Halle).....	16,1	Patterson's Economist.....	19,9
Van der Veer de Grœhling.....	16,1	Oignons rouges saxons (Posen).....	20,0
Sœmpling de Boucher.....	16,4	Rio frio (Eisenach).....	20,0
Lapstone Ktaney.....	16,5	Dalmahoy (Cunrau).....	20,1
Rognons bleus de Patterson.....	16,5	Oignons saxons de Grœhling.....	20,1
Lubbenauer.....	16,5	» (Schlanstedt).....	20,1
Eye Carpenter.....	16,8	Bovina.....	20,2
Americains blancs.....	16,8	Oignons blancs (Saxe).....	20,3
Early rose de Grœhling.....	16,8	Seed de Grœhling.....	20,3
Jackson white.....	16,8	Redskin flourball.....	20,7
Prolifique de Grœhling.....	16,8	Excelsior de Grœhling.....	20,7
Œufs d'alouette.....	16,9	Blanches sauvages de Salzmunde.....	20,8
Heiligenstædter.....	16,9	Oignons blancs (Cunrau).....	20,8
Dalmahoy.....	17,1	Rouges du Rhin.....	20,9
Pommes de terre de cire.....	17,2	Oignons blancs (Anderbeck).....	21,0
Bleues Hummelshainer.....	17,2	Blanches du Rhin.....	21,1
Ashtop fluke.....	17,5	Calico de Grœhling.....	21,1
Blanches américaines (Posen).....	17,6	Rouges précoces.....	21,2
Goliath de Grœhling.....	17,6	Daber (Posen).....	21,2
Comptons surprise.....	17,7	Peach blow.....	21,3
Mammouth de Grœhling.....	17,8	Bleues (Saxe).....	21,3
Mohawk.....	17,9	Roses bleues (Erfurt).....	21,3
Willard.....	17,9	Victoria de Patterson.....	21,6
Harrison.....	17,9	Snowflake de Grœhling.....	21,6
Blanches américaines (Saxe).....	18,0	Bleues (Anderneck).....	21,7
Bleu écossais de Patterson.....	18,1	Rognons rouges de Patterson.....	21,7
Louis d'or.....	18,2	Dalmahoy (Cunrau).....	21,8
Géant-Marmont.....	18,2	Oignons blancs (Prusse occidentale).....	22,2
Climax de Grœhling.....	18,4	Bleues.....	22,6

Amidon.	Amidon.
%	%
Sedling rock de Patterson..... 22,7	Oignons blancs (Halle)..... 24,8
Hundredfold fluxe (de Grœhling).. 22,7	Prince Frédéric-Charles..... 24,9
Oignons blancs (Siegersleben).... 22,8	Oignons blancs (Eisenach)..... 26,0
Sedling rock Patterson (Posen).... 23,0	» (Baumersroda)..... 26,7
Blanches (Baumersroda) 23,3	» (Ermsleben)..... 27,1
Sieberhæuser (Halle).. 23,5	» (Trotha)..... 27,1
Roses tardives (Erfurt) 23,7	» (Schochwitz)..... 27,2
Blanches tardives (Halle)..... 23,9	» (Gœttewitz)..... 27,6
Daber de Grœhling 24,0	Daber (Salzmünde)..... 28,3
Oignons blancs (Saxe) 24,5	» (Fienstedt)..... 28,7

On voit que les oignons blancs de Saxe sont les pommes de terre les plus riches en amidon, ainsi que l'espèce Daber, à laquelle elles ont donné naissance. Cette dernière sorte atteint une très grande richesse en amidon dans les terrains à betteraves, profonds et légers, de la Saxe.

Pour de plus amples détails sur la teneur en amidon des pommes de terre, voir le traité de Wagner : « *Handbuch der Staerkefabrikation* » (1876, chez Chr. Vogt à Weimar) pages 30 à 138, puis Stammer's, *Spiritusfabrikation* (Vieweg à Brunswick 1876) pages 182 à 183 et enfin : *landwirthschaftliche Versuchstationen*, 1880, Béhrend, Maercker et Morgen.

La pomme de terre réussit dans les conditions les plus variables et donne, par une bonne fumure et une culture soignée, de très hauts rendements d'amidon.

De ce fait qu'en Amérique, pays d'origine de la pomme de terre, celle-ci réussit aussi bien sur les côtes que sur les montagnes, on peut conclure qu'elle doit croître très bien à toutes les altitudes, même au-dessus de 600 mètres.

Pendant, en général, la pomme de terre se plaît mieux à une altitude moyenne.

La qualité et le rendement de la pomme de terre dépendent beaucoup de la nature du sol et du climat. Ainsi, Grouven trouva, avec la même semence, plantée dans des terres différentes, des teneurs d'amidon variant de 15,3 à 25,4, en 1867 et de 18,3 à 26,8, en 1869.

La qualité de la pomme de terre est surtout influencée par la somme de chaleur que la plante peut absorber pendant sa végétation; en effet, Th. Dietrich a trouvé que la quantité récoltée et la

teneur en amidon subissaient les mêmes modifications que la température pendant la végétation :

	1865.	1867.	1866.
Somme de chaleur.....	1737° R.	1530° R	979° R.
Pommes de terre par plante....	991 gr.	740 gr.	490 gr.
Amidon %.....	19,0 %	18,50 %	17,4 %
Amidon par plante.....	188 gr.	137 gr.	85 gr.

On se demande souvent si, pour une même variété de pommes de terre, les grosses, les moyennes ou les petites sont les plus riches en amidon ?

D'après des recherches faites par Stoeckhardt au laboratoire de Tharandt, sur des pommes de terre *Heiligenstaedler*, on a constaté que :

Les grosses contenaient	20,4 %	d'amidon.
Les moyennes »	21,6	»
Les petites »	21,2	»

Voici également des résultats de Nessler sur des

Pommes de terre jaunes tardives :

Les grosses contenaient	17,2 %	d'amidon.
Les moyennes	15,2	»
Les petites.....	14,6	»

Pommes de terre jaunes précoces :

Les grosses contenaient.....	19,5 %	d'amidon.
Les moyennes »	19,5	»
Les petites »	26,1	»

Pommes de terre, oignons rouges :

Les grosses contenaient	19,5 %	d'amidon.
Les moyennes »	—	»
Les petites »	16,1	»

Résultats de E. Wollny et E. Pott ,

1. — *Peaux rugueuses :*

Les grosses contenaient.....	22,64 %	d'amidon.
Les petites »	21,14	»

2. — *Peaux lisses :*

Les grosses contenaient..... 18,55 % d'amidon.
 Les petites » 18,05 »

Voici, d'après des recherches de l'auteur, la teneur en amidon de pommes de terre (*Oignons de Saxe*) de grosseurs différentes :

Poids des pommes de terre.	Poids spécifique.	Amidon %	En moyenne.
21,10 g.	1,1296	25,1	} 20—50 gr 22, 86 %
29,30 »	1,1244	24,0	
30,40 »	1,1144	21,8	
32,35 »	1,1214	23,3	
45,50 »	1,1065	20,1	
53,65 »	1,1316	25,5	} 50—100 gr. 24,55 %
58,20 »	(1,0849)	(16,1)	
63,75 »	1,1296	25,1	
70,00 »	1,1254	24,2	
76,20 »	(1,0906)	(17,1)	
87,15 »	1,1216	23,4	} 100—150 gr. 24,37 %
105,35 »	1,1335	25,9	
119,90 »	1,1266	24,5	
155,25 »	1,1183	22,7	

On voit, par ce tableau, qu'il y a de très grandes variations ; elles peuvent provenir d'une teneur en eau plus ou moins grande, ou de cavités pleines d'air que l'on rencontre quelquefois dans les pommes de terre ; il en était ainsi, par exemple, pour les essais indiqués entre parenthèses.

On peut donc conclure que la teneur en amidon n'est pas proportionnelle à la grosseur de la pomme de terre. Ainsi, la plus grande quantité d'amidon fût trouvée par :

Stœckardt, dans les moyennes ;
 Nessler, dans les grosses ;
 Maercker, dans les moyennes.

On trouvera, en général, dans les pommes de terre de grosseur moyenne bien développées, la plus grande quantité d'amidon.

La richesse des pommes de terre est influencée par un grand nombre de circonstances. Il est, en effet, bien connu qu'une culture soignée et une bonne fumure en augmentent la richesse.

L'auteur connaît un grand nombre d'exploitations agricoles où

l'emploi d'engrais artificiels et un labour profond ont augmenté chaque année la richesse en amidon de la pomme de terre, richesse qui est actuellement considérable.

Comme exemples, nous pouvons citer les résultats obtenus avec les oignons de Saxe, en 1875, dans les exploitations agricoles de

Salzmunde.....	29,4	% d'amidon.
Ermsleben.....	26,4	»
Trotha.....	27,3	»
Schochwitz.....	28,1	»

On peut conclure de ce qui précède que, par suite des progrès agricoles, la teneur en amidon des pommes de terre a généralement augmenté.

En effet, sur les anciennes tables de Balling, permettant de déduire la teneur en amidon du poids spécifique, il n'était pas question de richesses dépassant 26, 24 %, tandis qu'à l'exposition d'Altenburg, en 1876, il y eut certains échantillons titrant 28, 5 % d'amidon.

L'humidité du sol est défavorable à la pomme de terre qui réussit mieux dans un sol sec, tel que les terrains sablonneux dont elle constitue la fortune.

Rissler a fait des recherches sur l'évaporation de l'eau par les diverses plantes. Il a trouvé qu'un décimètre carré de la partie verte de la plante évaporait par jour :

Luzerne.....	3,4 — 7,00	mm. d'eau.
Vesce.....	3,14— 7,28	»
Avoine.....	3,9 — 4,9	»
Mais.....	2,8 — 4,0	»
Froment.....	2,7 — 2,8	»
Trèfle.....	2,86	»
Seigle.....	2,26	»
Pomme de terre.....	0,74 — 1,40	»

La pomme de terre est donc la plante qui exige le moins d'eau pour sa culture et elle peut être cultivée dans des sols très secs. Ainsi :

Le sarrasin réussit encore avec..	8	% d'humidité minima du sol.
La pomme de terre avec.....	9—10	»
L'avoine avec.....	10—11	»
Le maïs avec.....	12—13	»

La pomme de terre réussit bien dans les terrains pauvres ; mais on trouve de grands avantages à lui donner une riche fumure. Grâce à l'engrais, on arrive à augmenter considérablement la récolte sans nuire à la qualité. Le fumier de ferme frais donne de très bons résultats, et, lorsqu'on ne le répand pas trop tard, la qualité de la pomme de terre n'est pas diminuée. Parmi les engrais artificiels, ce sont les plus actifs et les plus assimilables qui conviennent le mieux. Voici les résultats de quelques essais faits pendant 4 années consécutives sous la direction de l'auteur : L'engrais de poisson et la poudre d'os, employés au premier labour de la pomme de terre, donnèrent de mauvais résultats (Rapport sur ces essais : Landw. Jahrbücher, 1880).

Pour des pommes de terre non plantées dans du fumier de ferme frais, l'azote soluble du guano du Pérou, du sulfate d'ammoniaque ou du salpêtre du Chili, s'assimila d'une façon également avantageuse.

Cependant, il y avait une petite différence à l'avantage du salpêtre du Chili. Les superphosphates, en grandes quantités, sont favorables ; en petites quantités, ils ne produisent rien.

A défaut de fumier de ferme frais, l'auteur recommande l'emploi de parties égales de salpêtre du Chili et de superphosphate à haut titre. Avec le fumier de ferme, on ne peut employer que le salpêtre du Chili ; c'est la seule matière azotée qui donne un résultat satisfaisant dans ce cas.

La raison de ce fait réside évidemment dans l'entrave qu'apporte le fumier de ferme à la formation de l'acide nitrique, formation nécessaire pour l'assimilation de l'azote des matières azotées. Le salpêtre doit être donné dès le labour ; comme engrais principal, il diminue la qualité sans augmenter beaucoup la récolte. Employé en même temps que le fumier de ferme, le superphosphate a souvent donné de bons résultats ; toutefois, l'action de l'acide phosphorique a toujours été plus efficace lorsqu'on a ajouté une quantité raisonnable de matières azotées. On peut recommander, par hectare, un engrais composé de 100 kilos de superphosphate et 100 à 130 kilos de salpêtre du Chili à défaut de fumier de ferme frais.

En général, dans tous ces essais, les pommes de terre furent moins influencées par une grande quantité de matières azotées qu'on ne le croit généralement.

Les chlorures de potassium et de sodium ne doivent jamais être

employés pour les pommes de terre, car ils n'augmentent la quantité qu'au détriment de la qualité.

Drechsler a employé avec avantage le nitrate de potasse. Comme la pomme de terre, quoique plante à potasse, se cultive avec avantage avant la betterave à sucre (d'après l'auteur, cette expérience a été faite en premier lieu à Salzmünde), on a coutume, en Saxe, de planter les pommes de terre après la fumure; ensuite on plante la betterave. Il a été reconnu, en effet, qu'on ne devait jamais planter les betteraves directement après la fumure.

Pour se conformer à ce mode de culture, et aussi pour utiliser la mélasse et rendre à la terre les sels qu'elle contient, beaucoup de fabriques de sucre ont été complétées par des distilleries.

Une condition essentielle, pour obtenir des pommes de terre riches en amidon, consiste à choisir l'espèce la mieux appropriée aux conditions dans lesquelles on est placé. L'auteur connaît un grand nombre d'exploitations agricoles qui avaient la réputation d'avoir un sol défavorable à la culture de la pomme de terre, qui en récoltaient de faibles quantités, de mauvaise qualité, et qui obtinrent, par un choix convenable de la semence, de bonnes récoltes, tant en quantité qu'en qualité.

L'amidon est enfermé dans les cellules à l'état insoluble et affecte la forme ovoïde (fig. 1). Il se trouve en suspension dans un liquide contenant des matières albuminoïdes en solution, du sucre, des sels à acides organiques, etc., etc. Par la chaleur, c'est-à-dire par la cuisson de la pomme de terre, l'amidon absorbe cette matière et se transforme en une pâte élastique appelée *Empois*. Si l'amidon est en petite quantité, il absorbe beaucoup d'eau et forme une gelée molle et visqueuse (on dit alors que la masse est savonneuse). Au contraire, si la teneur en amidon est grande, la quantité d'eau absorbée est trop faible et la masse reste dure et résistante. C'est pourquoi les pommes de terre riches ne forment pas une pâte molle par la cuisson, et, pour la nutrition, il est préférable de ne pas utiliser les pommes de terre contenant plus de 20 % d'amidon.

Le poids spécifique des pommes de terre varie de 1,080 à 1,15; celles qui sont riches ont, en général, un poids spécifique plus élevé et renferment moins d'eau que celles qui sont pauvres en amidon. Depuis longtemps, on détermine la teneur en amidon d'après le

pois spécifique. Les premières tables établies dans ce but ont été calculées par Ludersdorff et Balling, et, dans la première édition de ce traité, l'auteur était d'avis que ces tables étaient suffisantes pour les besoins de la pratique. Mais depuis, les recherches qu'il a faites, avec la collaboration de Behrend et Morgen, ont démontré que l'exactitude n'était pas suffisante. En effet, ce procédé de détermination de l'amidon ne donne les résultats qu'avec une approximation de un pour cent en plus ou en moins. On trouvera des détails plus complets sur ce sujet et de nouvelles tables dans le chapitre : « *Méthodes d'analyses* ».

Outre l'amidon, on rencontre, dans les pommes de terre, de la cellulose, des matières azotées (albuminoïdes et amides), des matières organiques non azotées et des matières minérales.

Voici la moyenne de 90 analyses faites par J. Kœnig, en 1882 :

	Eau. %	Matières azotées.	Matières grasses.	Matières extractives.	Cellulose.	Cendres.	Dans la matière sèche.	
							Azote.	Hydrates de carbone.
Moyenne.	75,48	1,95	0,15	20,69	0,75	0,98	1,27	84,38
Maximum (82,86)	3,66	0,31	21,24	1,37	1,45	2,39	86,70	
Minimum	68,29	0,57	0,03	18,75	0,28	0,53	0,37	76,45

Il est à remarquer que les chiffres maximum de J. Kœnig, pour la matière sèche et les hydrates de carbone, sont trop faibles ; nous avons vu, en effet, page 76, plusieurs exemples d'une teneur en amidon allant jusqu'à 28 %. Or, ce chiffre correspond à 34,5 % de matières sèches et l'on peut actuellement considérer ce chiffre comme un maximum.

Voici une analyse plus complète des oignons de Saxe faite par R. Hoffmann.

100 parties en poids renfermaient :

Eau.....	70,70
Cendres.....	1,10
Amidon.....	20,00
Matières organiques solubles dans l'eau..	3,00
d° protéiques.....	2,01
Cellulose.....	2,39
Matières grasses.....	0,80
	100,00

L'analyse précédente ne détaille pas encore suffisamment les divers corps contenus dans la pomme de terre. Dans ces dernières années, il a été fait beaucoup d'essais, et la plus grande partie des résultats qui suivent ont été obtenus par Morgen, au laboratoire de la station de recherches, à Halle surSaale.

Nous donnerons d'abord les résultats maxima, minima et moyens obtenus par plus de 40 analyses des pommes de terre les plus variables :

	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
Poids spécifique des pommes de terre.....	1,134	1,084	1,109
» » du jus.....	1,0368	1,0216	1,0290
Matières sèches.....	30,39	20,33	25,36
Eau.....	79,67	69,61	74,64
Matières solubles dans l'eau.....	5,17	2,66	3,92
Azote total.....	0,489	0,229	0,359
» soluble.....	0,446	0,202	0,324
» insoluble.....	0,100	0,009	0,055
» sous forme d'albumine.....	0,225	0,099	0,162
» » d'amides.....	0,219	0,073	0,146
» non déterminé.....	0,033	0,002	0,018
Hydrates de carbone calculés à l'état d'amidon.....	24,555	15,057	19,806
Amidon.....	24,260	14,532	19,396
Sucre.....	1,080	0,073	0,577
Dextrine.....	0,276	0,049	0,163
Cendres totales.....	1,222	0,948	1,085
» solubles.....	0,948	0,506	0,727
» insolubles.....	0,477	0,079	0,278

Voici quelques détails sur les différents corps contenus dans la pomme de terre :

1. — *Matières azotées contenues dans les pommes de terre.*

On croyait autrefois que, de même que pour toutes les autres plantes, la matière azotée des pommes de terre était formée de matières albuminoïdes ; mais, en 1870, l'auteur et C. Schulze ont démontré qu'il n'en était pas ainsi et que tout au plus 72 % des matières azotées pouvaient être des matières albuminoïdes.

On classa plus tard les matières azotées non albuminoïdes des

plantes dans le groupe des amides (Sachsse) et on découvrit une méthode pour les doser (R. Sachsse et E. Schulze). Depuis lors, on a fait des essais sur un grand nombre de plantes et on a reconnu que les amides s'y trouvaient en quantité notable. Voici quels ont été les résultats pour les pommes de terre : U. Kreusler trouva que 60,1 à 73,2 % de l'azote provenait des matières albuminoïdes.

Voici d'autres résultats de E. Schulze et Barbieri sur cinq sortes de pommes de terre :

	Sur 100 parties d'azote il y en avait, à l'état de matières albuminoïdes.
Early rose.....	47,4
Roi du printemps.....	48,2
Bodensprenger I.....	59,7
Bodensprenger II.....	60,7
Biscuit.....	65,2

Kellner trouva, sur 9 essais, les résultats moyens suivants :

	Matières sèches.	Azote % de matières sèches.	Azote % de l'azote total à l'état de matières albuminoïdes.
N° 1—5	19,45	2,117	49,1
» 6—9	22,29	1,619	57,7

Enfin, d'après Morgen :

Dans 100 parties d'azote il s'en trouve sous forme de :

	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
Albumine insoluble.....	28,91	3,36	16,14
» soluble.....	52,81	30,06	41,44
» totale.....	72,57	43,20	57,89
Azote soluble total.....	96,64	71,09	83,87
» sous forme d'amides....	51,66	25,24	38,45
» » inconnue....	10,25	0,40	5,33

On voit qu'environ les $\frac{4}{5}$ de l'azote des pommes de terre se trouvent sous forme de corps solubles.

Toutes les analyses sont d'ailleurs concordantes et montrent que 50 à 60 % de l'azote seulement concourent à la formation des substances albuminoïdes.

Les recherches de Schulze ont démontré que les amides étaient en grande partie de l'asparagine :

N°	Albumine insol. à % azote.	Albumine sol. à % azote.	Asparagine. à % azote.	Acides amides inconnus à % azote.
I	0,069	0,143	0,074	0,0510
II	0,046	0,157	0,068	0,0498
III	0,058	0,080	0,066	0,0768
IV	0,047	0,115	0,082	0,0682
V	0,087	0,147	0,051	0,0487

Schulze a trouvé récemment, outre l'asparagine, de la leucine et de la tyrosine.

Les amides des pommes de terre sont transformés par la fermentation ; ils peuvent, en quelque sorte, servir à la nourriture de la levure et deviennent alors des matières albuminoïdes. Cette transformation a une grande importance, car la valeur des amides, comme matière nutritive pour les animaux, est plus faible que celle des matières albuminoïdes. On trouvera d'autres renseignements à ce sujet au chapitre traitant des drèches.

2. — *Matières non azotées des pommes de terre.*

Les recherches de Morgen se sont aussi portées sur ces corps.

Dans 100 parties d'hydrates de carbone, il trouva :

	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
Amidon.....	99,14	95,15	97,15
Sucre.	4,47	0,35	2,41
Dextrine.....	1,60	0,23	0,92

L'amidon est donc l'hydrate de carbone qui constitue presque exclusivement la pomme de terre ; on ne sait pas encore bien s'il s'y trouve véritablement de la dextrine ; quant au sucre, il en existe toujours de petites quantités.

3. — *Acides des pommes de terre.*

Le jus des pommes de terre est toujours acide ; cette acidité provient des oxalates et citrates acides et d'autres acides végétaux. On y rencontre aussi régulièrement des acides pectique, parapectique et

métapectique, qui sont probablement identiques à l'acide gummique. Scheibler a, en effet, démontré que dans la betterave ces divers acides étaient identiques.

4. — *Matières insolubles des pommes de terre.*

La partie insoluble des pommes de terre (obtenue après traitement par la diastase) se compose de cellulose, de matières incrustantes et de pectose. La pectose se sépare lorsqu'on traite les pommes de terre par des acides étendus, car elle se transforme en acide métapectique et en sucre; elle se dissout également, en présence d'eau, à 120 ou 130° C.

Elle représente environ la $\frac{1}{2}$ de la partie insoluble des pommes de terre. C'est en raison de la solubilité à chaud de la pectose, qui remplit les espaces intercellulaires, que les cellules d'amidon se séparent par la cuisson des pommes de terre, en présence d'eau, à haute température.

5. — *Matières minérales*

Elles consistent, en grande partie, en sels de potasse.

D'après E. de Wolff, 100 parties de cendres pures renferment :

	Moyenne.	Maximum.	Minimum.
Potasse	60,37	73,61	43,95
Soude	2,62	16,93	0,00
Chaux	2,57	6,23	0,51
Magnésie.....	4,69	13,58	1,32
Oxyde de fer.....	1,18	7,18	0,04
Acide phosphorique....	17,33	27,14	8,39
Acide sulfurique	6,49	14,89	0,44
Silice	2,13	8,11	0,00
Chlore.....	3,11	10,75	0,85
<hr/>			
Teneur en cendres.....	3,77	5,80	2,20

Les cendres de pommes de terre sont en grande partie solubles dans l'eau; voici les résultats obtenus par l'auteur pour 2 essais :

- I 96,6 % soluble.
- II 91,0 % »

D'après Morgen, sur 100 parties de cendres, on a :

	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
Soluble.....	89,19	37,49	73,34
Insoluble.....	42,51	10,81	26,66

La teneur en matière sèche, dans la pomme de terre, varie entre 20 et 36 %, d'après la proportion d'amidon qu'elles contiennent, de sorte que la forte teneur en matière sèche d'une pomme de terre est la conséquence d'une grande richesse en amidon.

On peut expliquer ce fait de la manière suivante : une pomme de terre contenant peu de matière sèche renferme tout autant de cellulose, de cendres et de matières azotées qu'une pomme de terre riche en matière sèche, et cette richesse n'est exclusivement produite que par un dépôt plus considérable d'amidon dans les cellules. Les pommes de terre riches en amidon ne contiennent donc pas autant de matières azotées et autres, toutes proportions gardées, que les pommes de terre pauvres. Heidepriem avait déjà remarqué ce fait et avait trouvé autant d'azote et de cendres dans les pommes de terre pauvres que dans les riches.

Comme exemple, on peut citer les chiffres suivants :

Amidon.	Matières albuminoïdes.	Cendres %
13,59	2,51	0,928
14,57	2,15	0,782
17,98	2,55	1,092
19,21	2,44	0,998
19,27	2,47	1,049
19,46	2,53	0,829
20,09	2,32	0,921
21,50	2,36	1,114
22,45	2,54	1,106
23,36	2,28	1,257

Holdefleiss trouva également que la teneur en azote n'était pas proportionnelle à la richesse en amidon. En calculant l'azote à l'état d'albumine (ce qui d'ailleurs n'est pas exact, à cause de la grande quantité d'amides) il trouva une teneur moyenne d'albumine égale à 2,34 %.

D'ailleurs, la fumure a une grande influence ; Stœckhardt et Grouven ont trouvé :

Avec une fumure très azotée..... 3,60 % matières protéiques.
 * peu azotée..... 2,17 % *

Voici également quelques résultats obtenus par Morgen :

Amidon.	Azote.	Cendres.	Amidon.	Azote.	Cendres.
24,54	0,391	1,006	19,18	0,300	0,968
24,30	0,327	1,056	19,04	0,330	1,109
24,20	0,283	1,092	18,87	0,232	1,020
24,13	0,379	0,868	18,79	0,277	0,731
23,23	0,289	1,123	18,66	0,310	0,974
23,19	0,379	1,122	18,64	0,269	1,036
23,18	0,341	1,260	18,62	0,364	1,001
22,73	0,359	0,942	18,60	0,297	0,991
22,40	0,274	1,037	18,33	0,326	1,041
22,18	0,307	1,208	18,31	0,353	0,950
22,01	0,362	1,135	18,21	0,264	0,952
21,72	0,291	0,998	18,19	0,351	1,068
21,72	0,339	0,206	17,89	0,357	0,867
21,44	0,322	1,142	17,88	0,229	1,040
21,36	0,340	1,028	17,75	0,325	0,982
21,25	0,389	0,982	17,33	0,331	0,727
21,15	0,358	1,118	16,01	0,305	0,919
20,73	0,489	1,064	15,96	0,339	0,860
20,30	0,336	0,759	15,23	0,392	0,650
19,63	0,268	1,004	15,07	0,245	0,853

Il en résulte précisément le contraire de ce qu'on croyait précédemment, c'est-à-dire que la matière sèche des pommes de terre riches en amidon contient moins d'azote, ce qui explique pourquoi elle est nécessairement plus riche en amidon. Voici quelques chiffres de Kellner à ce sujet :

	Matières sèches.	Azote de la matière sèche.
N ^o I - V.	19,45	2,117
N ^o VI - IX.	22,29	1,619

Ajoutons, pour terminer, quelques résultats de Morgen :

Amidon.	Azote.	Amidon.	Azote.	Amidon.	Azote.
81,63	0,955	79,44	1,169	77,01	1,336
81,18	1,344	79,16	1,168	76,84	1,114
80,80	1,286	78,80	1,230	76,64	1,274
80,10	1,073	78,49	1,500	76,10	1,309
79,91	1,107	77,62	1,517	75,20	1,375
79,70	0,980	77,09	1,487	74,92	1,929
<hr/>		<hr/>		<hr/>	
Moyenne. 80,55	1,124	78,43	1,345	75,75	1,414

Voici les analyses complètes de 2 sortes de pommes de terre, faites par l'auteur et E. Schulze :

POMME DE TERRE I.

Pomme de terre naturelle		Matière sèche.
Humidité.....	76,69	—
Amidon.....	15,40	66,07
Matières minérales.....	0,87	3,71
	{ 0,84 sol.	{ 3,60 sol.
	{ 0,03 insol.	{ 0,11 insol.
Matières azotées.....	1,63	7,00
	{ 1,02 sol.	{ 4,4 sol.
	{ 0,61 insol.	{ 2,6 insol.
Cellulose.....	0,90	3,87
Matières grasses.....	0,05	0,22
Sucre.....	1,22	5,20
Pectose, etc., etc.....	0,36	1,60
Combinaisons diverses.	2,88	12,33
	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00

POMME DE TERRE II.

Humidité.....	76,16	—
Amidon.....	16,20	67,95
Matières minérales.....	0,88	3,71
	{ 0,81 sol.	{ 3,40 sol.
	{ 0,07 insol.	{ 0,31 insol.
Matières azotées.....	1,67	7,00
	{ 0,78 sol.	{ 3,30 sol.
	{ 0,89 insol.	{ 3,70 insol.
Cellulose.....	0,92	3,87
Matières grasses.....	0,05	0,22
Sucre.....	1,52	6,30
Pectose, etc., etc.....	1,61	6,80
Combinaisons diverses.	1,99	4,15
	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00

Dans les 2 échantillons de pommes de terre dont nous venons de donner les analyses, il y avait :

- I. 3,44 % du poids de la pomme de terre en matières solubles.
- II. 4,72 % » »

Les 2 analyses précédentes peuvent, d'ailleurs, ne pas représenter une moyenne, car leur teneur en amidon (15 et 16 %) était très faible ; mais, dans tous les cas, les pommes de terre plus riches

contiendront moins de pectose et de *non amidon*, puisque, avec de telles pommes de terre, on arrive à avoir 80 % d'amidon dans la matière sèche.

D'après les essais de Morgen, la pomme de terre renferme les quantités suivantes de matières solubles :

	maximun.	minimum.	moyenne.
Dans la pomme de terre naturelle....	5,17	2,66	3,92
Dans la matière sèche.....	18,52	9,38	13,95

Ces résultats concordent avec ceux de l'auteur et de E. Schulze.

Pour compléter ces renseignements, nous donnerons encore l'analyse de la pomme de terre, faite par Otto (Landw. Gewerbe) :

Amidon.....	21	} insoluble	} 28 % matière sèche.
Cellulose.....	2		
Albumine....	1	} soluble	
Pectose et sels....	4		
Eau.....	72		

Par la congélation, la pomme de terre se modifie et devient d'une saveur sucrée; il se transformerait en sucre, par ce fait, jusqu'à 20 % de l'amidon. Cependant, dans certains cas, on n'a pas pu observer la formation de quantités notables de sucre.

L'explication de cette divergence dans les résultats a été donnée par *Muller*, de Thurgau, comme suit :

Si les pommes de terre gèlent rapidement, il se forme très peu de sucre; au contraire, il s'en produit beaucoup lorsque la congélation a lieu lentement. La formation du sucre tiendrait donc à ce que l'eau de la pomme de terre, avant de se solidifier, resterait longtemps à une température voisine de zéro.

La congélation en elle même ne produit pas de sucre, et nous en avons la preuve dans ce fait que, si les pommes de terre restent longtemps gelées, la quantité de sucre n'augmente plus. Dans chaque cellule de la pomme de terre, il se passe deux phénomènes : d'une part, formation de sucre par la diastase; et, d'autre part, par un phénomène de respiration, destruction du sucre formé qui se décompose en acide carbonique. Donc, si le phénomène de respiration se trouve arrêté, tandis que les ferments diastasiques continuent leur action, il y aura nécessairement accumulation de sucre.

Tel est le cas pour la pomme de terre lorsqu'elle est exposée à de basses températures. Le pouvoir diastasique est plus puissant que la combustion, qui est la conséquence de la respiration de la plante, et il en résulte une accumulation de sucre. Ces considérations expliquent très bien qu'une rapide congélation, ou une longue durée de la congélation, n'influent pas sur la formation du sucre.

D'après Muller, de Thurgau, des pommes de terre conservées pendant 30 jours dans un local à 0° renfermèrent jusqu'à 25 % du poids de la pomme de terre humide, soit 12 % de l'amidon total, de sucre.

La formation du sucre dépend beaucoup de la nature de la pomme de terre; en général, une forte teneur en eau la favorise. On peut aussi, inversement, rendre la combustion plus forte que la formation de sucre, notamment en maintenant les pommes de terre à une température de 20° C, ou plus; alors le sucre disparaît rapidement. On peut donc rendre bonnes pour l'alimentation les pommes de terre sucrées en les conservant pendant quelques jours dans un endroit chaud. Il s'en suit aussi que les pommes de terre n'ont nullement besoin d'être gelées pour devenir sucrées, mais qu'il suffit pour cela qu'elles restent quelque temps à de basses températures. Nous ferons remarquer que les pommes de terre sucrées n'ont rien perdu de leur propriété de germer et que leur valeur pour la production d'alcool n'est pas diminuée.

La maladie spéciale de la pomme de terre est occasionnée par un parasite, *Péronospora infestans* ou *Phytophthora infestans*, qui se développe surtout dans les années humides. Il dévore les feuilles, et, par suite, nuit au développement des tubercules; il se loge aussi dans ceux-ci. Les tubercules touchés par ce parasite subissent la pourriture humide, produite, non pas par le péronospora, mais d'après Hallier, par une espèce spéciale de bactéries, et, d'après Reincke et Berthold, par plusieurs sortes de bactéries dont la plus répandue est identique au *Bacillus subtilis* de Cohn.

Le *Phytophthora infestans* paraît seulement favoriser le développement de ces bactéries. Les pommes de terre seront donc d'autant plus exposées à la pourriture humide qu'elles seront dans des conditions plus favorables au développement des bactéries. Comme telles, on peut citer les eaux stagnantes, les pluies fréquentes sans écoulement suffisant, la présence de beaucoup de matières organiques dans le

sol, par exemple, un excès de fumier frais en présence de beaucoup d'humidité. La pourriture sèche, se produit très rarement, si la pourriture humide n'a pas eu lieu auparavant. Les modifications qu'éprouvent les pommes de terre par les pourritures sèche et humide n'ont pas été bien étudiées; toutefois, toutes les observations ont montré que les matières fermentescibles n'étaient pas toutes détruites.

En effet, la matière enfermée dans les cellules des pommes de terre pourries, bleuit encore en présence d'iode, de sorte que, contrairement à l'opinion générale, cette matière a encore une valeur pour la production de l'alcool. Le seul inconvénient qu'elle présente consiste dans la difficulté qu'on éprouve à en faire de l'empois; en effet, par suite de la végétation des champignons, les parois cellulaires ayant été modifiées sont devenues excessivement résistantes. La difficulté de faire l'empois tient aussi à la perte d'eau, et, par suite, à la difficulté de cuire, l'amidon ne trouvant pas suffisamment d'eau pour se gonfler.

Les modifications chimiques des pommes de terre pourries ne sont pas aussi profondes qu'on pourrait le croire à premier examen; voici les résultats trouvés par l'auteur sur des pommes de terre de la même récolte :

	Pourries.	Saines.
Matière sèche	20,6 %	23,8 %

Voici qu'elle était la composition des matières solubles :

	Pommes de terre naturelles		Matière sèche	
	Pourries.	Saines.	Pourries.	Saines.
Matières solubles dans l'eau.	4,19 %	4,72 %	20,31	19,8
Renfermant :				
Matières azotées.....	0,64	0,78	3,09	3,30
Matières minérales.....	0,78	0,81	3,78	3,40
Sucre.	1,23	1,52	5,97	6,30
Dextrine (?).	0,28	—	1,34	—
Acides végétaux, Gummiq. etc.	1,26	1,61	6,13	6,80
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	4,19	4,72	20,31	19,8

La principale différence concernait donc la teneur en eau qui

était un peu plus forte dans les pommes de terre pourries. Il se pourrait même que la faible teneur en matière sèche ne soit pas l'effet de la pourriture, mais qu'elle en soit la cause, car, plus les pommes de terre renferment d'eau, plus elles sont sujettes à cette maladie. Il y avait aussi, dans la pomme de terre malade, une matière spéciale saccharifiable par l'acide sulfurique (Dextrine?) tandis que les pommes de terre saines n'en renfermaient pas. La maladie est donc surtout une affection des parois cellulaires et de la matière intercellulaire qui peuvent être complètement modifiées; quant aux produits fermentescibles, ils ne sont pas modifiés par la pourriture.

La cellulose se trouve principalement localisée dans la pelure des pommes de terre; lorsque celles-ci sont riches en cellulose, elles donnent des moûts très épais, chargés de matières insolubles qui se meuvent difficilement, qui, par suite, fermentent moins bien, et, finalement, donnent, pour un volume donné des cuves à fermentation, un plus faible rendement en alcool. Il est donc très important, pour les producteurs de pommes de terre, d'obtenir des peaux fines lorsque les tubercules doivent servir à la fabrication de l'alcool. Cependant, nous ferons remarquer que les peaux fines sont plus facilement traversées par les bactéries et subissent plus facilement la pourriture.

La *solanine*, d'après Hilger (Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, 1879. P. 665) est un glucoside ayant la formule $C^{42} H^{87} Az O^{15}$, qui, chauffé avec des acides étendus, donne 36 % de sucre et une base nouvelle, la solanidine $C^{26} H^{41} Az O^2$.

La solanine est un poison, mais peu dangereux. O. Hant a fait des recherches sur sa formation dans les pommes de terre (Jahresber, f. Agrik. Chem. 1865. P. 121).

Des pommes de terre bien débarrassées des jeunes pousses donnèrent en mai 0,16 gr. de solanine pure par 500 gr. de matières sèches; le même poids de pommes pelées donna 0,12 gr., et 500 gr. d'épluchures donnèrent 0,18 gr. de solanine.

En juillet, 500 gr. de pommes entières en contenaient 0,21 gr., 500 gr. de la partie charnue 0,16 gr., et 500 gr. d'épluchures 0,24 gr. Dans les pommes de terre mûres, il y a très peu de solanine; il y

en a davantage pendant la germination, et c'est surtout dans les germes que s'accumule alors la solanine. Il y a beaucoup d'opinions diverses sur les modifications qu'éprouvent les pommes de terre pendant la conservation. On admet généralement qu'il y a d'abord augmentation de l'amidon dans les pommes de terre récemment récoltées.

Voici d'ailleurs quelques résultats d'analyses faites par Artus :

En Août.....	10,00	% d'amidon.
» Septembre.....	14,50	»
» Octobre.....	14,75	»
» Novembre à Février.....	17,00	»
» Avril.....	13,55	»
» Mai.....	10,00	»

Ces résultats ont été confirmés par d'autres essais et il ne sont pas douteux ; l'explication de ce fait peut seule être discutée. En général, on croit qu'il s'agit d'une véritable augmentation ou production d'amidon par suite d'une maturité tardive, de même que le sucre augmente dans les pommes cueillies avant maturité. Cependant, cette opinion est absolument fausse et la vérité est que la pomme de terre conservée perd beaucoup d'humidité et gagne par suite en matière sèche et amidon ; il va sans dire que ce n'est qu'une augmentation apparente et qu'en réalité il ne se produit pas d'amidon.

Par exemple, 100 parties de pommes de terre placées dans une cave à fin octobre perdent en humidité (Mentsel-Lengerke's landw. Kalender) :

Jusqu'à fin Novembre.....	0,56	%.
» Décembre.....	3,14	»
» Janvier.....	4,14	»
» Février.....	5,54	»
» Mars.....	6,60	»
» Avril.....	8,00	»
» Mai (fortement germées).....	10,00	»
» Juin (fanées).....	17,00	»

Outre la perte d'eau, qui n'entraîne aucune perte réelle, la pomme de terre perd une partie de son amidon qui se transforme en acide carbonique. Toutes les parties humides des plantes dégagent, en effet,

de l'acide carbonique, par suite de l'oxydation (respiration) des matériaux organiques, oxydation produite par l'oxygène de l'air qu'elles absorbent. Dans la pomme de terre, c'est au détriment de l'amidon que se fait cette oxydation. Voici les quantités d'amidon qui furent oxydées ou détruites dans des pommes de terres — oignons de Saxe — pendant 6 mois :

Il resta pour 100 parties d'amidon :

I. Temps clair, sec et frais.....	87,8 parties.
II. » » chaud.....	59,0 »
III. » humide et frais.....	65,0 »
IV. » » chaud.....	50,8 «
V. » sombre, sec, et frais.....	60,4 »
VI. » » chaud.....	63,9 »
VII. » » humide et frais.....	64,6 »
VIII. » » » chaud....	54,4 »

Quoique ces recherches de Nobbe ne puissent s'appliquer directement aux conditions de la pratique, on peut cependant en conclure que la pomme de terre renferme le maximum d'amidon immédiatement après la récolte, et que, à partir de ce moment, il y a une perte d'amidon croissant avec le temps.

Il ne faut donc pas conserver trop longtemps les pommes de terre, et la campagne ne doit pas être trop prolongée, puisque c'est aussitôt après la récolte que les pommes de terre contiennent le plus d'amidon et peuvent, par suite, donner le plus d'alcool.

D'après les recherches de Nobbe, on voit aussi qu'il ne faut jamais conserver les pommes de terre dans des locaux *humides et chauds*; en effet, d'après le tableau précédent, on voit que la perte d'amidon peut aller jusqu'à 49,2 % de l'amidon total.

Cette perte est plus faible dans les endroits *clairs, humides et frais*, ainsi que dans les locaux *sombres, humides et frais*; elle n'est plus, en effet, dans ces deux cas, que de 35,0 et 35,4 % de l'amidon total. Enfin elle est réduite au minimum, 12,2 et 39,6 %, dans les endroits *clairs, secs et frais* ou *sombres, secs et frais*.

Il est donc indispensable de conserver les pommes de terre dans des endroits secs, et, si possible, frais.

Voici quelques chiffres trouvés par Ernest Kramer sur la perte d'amidon dans les pommes de terre germées.

Il y eut perte, sur 100 parties d'amidon :

Pour une longueur du germe de 1—2 cm. de	3,18	parties.
»	»	2—3 » 5,26 »
»	»	3—4 » 9,88 »

Ainsi, par exemple, des pommes de terre fraîches qui contenaient 18,21 % d'amidon ne renfermaient plus, lorsqu'elles avaient germé et que le germe avait atteint une longueur de 3 à 4 centimètres, que 16,18 % d'amidon. Si on admet que 1 kilog. d'amidon donne 0,500 d'alcool, on aura, de 100 kilos de pommes de terre fraîches, 9 litres 145 d'alcool, et, lorsqu'elles auront germé, elles ne donneront plus, par 100 kilos, que 8 litres 240. On a donc une perte en alcool de 0,905 par 100 kilos de pommes de terre.

Kœhne, Lucke et Bœckelmann d'Atsendorf ont essayé, avec succès, de conserver les pommes de terre par la dessiccation (1881). Les pommes de terre furent découpées en tranches de 1 cm. d'épaisseur, à l'aide d'une sorte de hache-paille à couteau vertical, puis soumises à la dessiccation. Il en résulta une perte de poids de 64 à 65 %. Au premier essai de cuisson, elles furent traitées pendant 30 minutes à une pression de 2 1/2 atmosphères, dans la proportion de 100 kilos de pommes de terre et 220 litres d'eau, mais le résultat fut peu satisfaisant et l'attaque de l'amidon bien imparfaite. Un deuxième essai, pendant lequel les pommes de terre furent soumises durant plusieurs heures à l'action de l'eau portée à l'ébullition et ensuite cuites pendant une heure à la pression de 3 atmosphères, donna une notable amélioration, sans cependant produire un résultat satisfaisant.

Ce fut alors que Kœhne, Lücke et Boekelmann songèrent au broyeur de Bohm et en firent l'application. Les pommes de terre séchées, travaillées au moyen du cuiseur muni de ce dépeleur, furent parfaitement attaquées et la transformation de l'amidon ne laissa rien à désirer.

L'empois ainsi obtenu ne différait en rien de celui que des pommes de terre fraîches auraient donné.

Ce procédé n'est certes pas aussi avantageux que le travail des pommes de terre fraîches; mais il peut rendre des services quand on a, en grande quantité, des pommes de terre sur le point de germer ou de pourrir.

On peut enfin se demander si les pommes de terre-semences ont encore une valeur pour la fabrication de l'alcool ?

Nobbe a analysé ces pommes de terre : 15 pommes-semences, qui pesaient en moyenne 76 gr., furent déterrées vers le 5 juillet, après avoir donné chacune, en moyenne, 4 plantes pesant ensemble 150 gr. et 11 tubercules de 5,4 gr. chacun.

Les pommes-semences paraissaient fraîches et même plus consistantes que lorsqu'elles avaient été plantées. En coupe, elles avaient un aspect vitreux et ruisselaient d'eau. Elles pesaient en moyenne 56 gr. et avaient, par conséquent, perdu $\frac{1}{4}$ de leur poids; desséchées à 100°, elles ne donnèrent que 4,47 % de matière sèche renfermant :

Cellulose.....	2,11
Amidon.....	1,60
Matières protéiques.....	0,34
Cendres.....	0,42

L'amidon des pommes-semences a donc été rapidement absorbé par les plantes auxquelles elles ont donné naissance et elles n'ont aucune valeur pour la distillerie.

II. — GRAINS DIVERS.

a) *Froment.*

Le froment est souvent employé pour la fabrication de l'amidon, mais très rarement pour la production d'alcool; nous ne donnerons donc pas beaucoup de détails sur cette sorte de grain.

Voici la composition du froment, d'après Kœnig :

	moyenne.	minimum	maximum.
Eau.....	13,65	5,33	19,10
Matières azotées.....	12,35	7,61	21,37
Matières grasses.....	1,75	1,00	3,57
Amidon et autres corps non azotés.	67,91	59,90	73,77
Cellulose.....	2,53	1,24	6,34
Cendres.....	1,81	0,52	2,68

Les froments russes sont surtout riches en azote; ainsi, de Bibra

trouva jusque 3,47 % d'azote, soit 21,7 % de matières protéiques dans ces froments. Laskowski trouva des chiffres également très élevés, savoir :

Froment d'Orenbourg.....	4,25 % azote =	26,56 % protéine.
» Woronesch.....	4,24 » =	26,50 »
» Eriwan.....	4,30 » =	26,88 »

Ces chiffres représentent certainement le maximum d'azote que l'on peut rencontrer dans le froment.

Voici les résultats d'analyses faites par Neale au laboratoire de la station de recherches, à Halle, sur des farines provenant de divers froments.

100 parties de matière sèche contenaient :

	Amidon.	Matières albuminoïdes.	Gluten.
Froment russe.....	84,13	16,50	14,20 %
Havelländischer.....	86,46	11,56	9,35 »
Froment blanc de Saxe..	89,13	9,44	7,28 »
» Magdebourg	90,78	9,00	7,70 »
Blé de feu » ..	90,86	8,25	5,17 »
Rivet anglais »			
appelé rude.....	91,04	7,93	1,99 »

Il y a donc de grandes variations dans la teneur en albumine, et surtout en gluten, des différentes qualités de froment. Une faible teneur en gluten rend plus difficile la cuisson de la farine de froment; mais, en revanche, la farine, qui contient peu de gluten renferme plus d'amidon, et, par suite, a une plus grande valeur pour le fabricant d'amidon. Jusqu'à présent, on n'a pas encore signalé de froments sans gluten; cependant Ritthausen ne doute pas qu'il en existe. Les matières azotées du froment ont été étudiées par Ritthausen et nous renvoyons le lecteur à cet auteur. (Matières albuminoïdes des grains de Ritthausen, Cohen à Bonn 1872).

En moyenne, le froment contient 67,89 % d'hydrates de carbone dont :

Amidon.....	64,07 %
Sucre.....	1,44 »
Dextrine et gomme.....	2,38 »
	<hr/>
	67,89 %

Voici l'analyse des cendres de froment (E. de Wolff) :

	FROMENT D'HIVER			FROMENT D'ÉTÉ		
	maximum	minimum	moyenne	maximum	minimum	moyenne.
Teneur en cendres...	2,36	1,58	1,97	2,23	2,07	2,14
Potasse	36,60	23,18	31,16	36,29	25,04	29,99
Soude.....	9,07	0,00	2,25	4,06	0,21	1,93
Chaux.....	8,21	0,90	3,34	4,31	2,07	2,93
Magnésie.....	16,26	9,10	11,97	13,62	10,68	12,09
Oxyde de fer	2,99	0,00	1,31	0,59	0,30	0,51
Acide phosphorique.	52,62	39,20	46,98	51,00	44,20	48,63
Acide sulfurique	2,22	0,00	0,37	2,43	0,20	1,52
Silice.....	5,91	0,00	2,11	2,14	0,23	1,64
Chlore.....	1,01	0,00	0,22	0,80	0,07	0,48

Les cendres se composent donc surtout d'acide phosphorique (presque la moitié) et de potasse (presque le $\frac{1}{3}$).

Nous terminerons l'étude du froment en donnant encore 2 analyses de E. de Wolff :

	Epeautre.	Froment.
Eau.....	14,8	14,5
Cendres.....	3,7	1,7
Protéine	10,0	13,5
Cellulose	1,5	3,5
Matières extractives non azotées ...	67,2	67,4
Matières grasses	1,6	2,0

b) Seigle.

Le seigle n'est pas seulement employé pour la fabrication de l'alcool ; il sert aussi pour la fabrication de la levure pressée et on l'emploie très souvent en mélange avec d'autres matières premières. Nous nous étendrons par conséquent davantage sur ce corps.

Voici la composition du seigle, d'après les tables de E. de Wolff (Mentsel et Lengerke's landw. Kalender 1876) et de Koenig.

	E. DE WOLFF.		KONIG.	
	maximum	minimum.	minimum.	moyenne.
Eau.....	14,3	19,43	8,51	15,06
Protéine.....	11,0	16,93	7,91	11,52
Matières grasses	2,0	2,86	0,90	1,79
Amidon, dextrine, etc., etc ...	67,4	72,61	60,91	67,81
Cellulose.....	3,5	4,25	1,04	2,01
Matières minérales.....	1,8	2,93	1,45	1,81

On emploie souvent des seigles russes. En voici l'analyse, d'après Schwackhœfer :

Eau.....	12,90
Protéine.....	17,36
Matières grasses ..	2,54
Matières extractives non azotées.....	62,44
Cellulose.....	2,66
Matières minérales.....	2,10
	100,00

Delbrück donne les chiffres suivants pour la composition du seigle :

	Eau.	Amidon.	Protéine.	Cendres.
Seigle du centre du Mecklenbourg.	15,2	61,1	7,3	1,82
» nord ..	15,5	62,1	7,7	1,85
» sud de la Russie.....	14,1	59,0	12,0	1,35
» Canada.....	14,4	61,6	8,5	1,77

De même que le froment russe, le seigle de Russie contient beaucoup de matières azotées. Il s'en suit que le seigle russe a une plus grande valeur, pour les fabriques de levure pressée et pour la préparation de la levure ordinaire, que les autres seigles ; il est également plus nutritif, à cause des matières azotées. Par contre, au point de vue de son rendement en alcool, il est inférieur aux autres seigles, puisque, d'après E. de Wolff, il contient 6 à 8 % d'amidon en moins.

Par suite des grandes variations dans la teneur en matières protéiques, il est bon, lors des achats de seigle, de s'assurer de la richesse en azote ; car du seigle renfermant 17 % de matières protéiques donnera deux fois autant de levure pressée que du seigle n'en renfermant que 8 à 9 %. On ne devrait donc acheter que sur analyse.

Voici des analyses détaillées de farine et de recoupe de seigle, d'après de Bibra :

	FARINES			SON.
	I.	II.	III.	
Eau.....	14,60	14,53	14,40	15,32
Albumine.....	1,57	2,80	2,80	2,15
Gluten.....	1,92	1,83	1,73	6,11
Caséine.....	0,90	0,92	0,81	0,75
Matières azotées insolubles dans l'eau et l'alcool.....	7,36	7,74	7,37	9,08
Gomme.....	4,10	6,32	7,26	10,40
Sucre.....	3,47	3,03	2,50	1,86
Matières grasses.....	1,80	2,51	2,39	4,72
Amidon et cellulose.....	64,29	69,33	60,84	28,73
				Amidon 21,09

Ritthausen n'admet pas ces résultats et pense que les produits analysés par de Bibra n'étaient pas complètement purs.

Voici quelle est la composition des 67,82 % de matières extractives non azotées du seigle :

Amidon	62,00 %
Sucre.....	0,95 »
Gomme et dextrine.....	4,87 »
	<hr/>
	67,82 »

La fumure influe beaucoup sur la qualité du seigle. Voici quelques chiffres de Zoeller à ce sujet :

Sans engrais	13,63 %	Mat. protéiques.
Superphosphate	14,48	»
» et sels ammoniacaux.....	14,65	»
» et nitrate de chaux.....	15,30	»

Les engrais augmentent donc la richesse en azote du seigle ; ces observations sont d'accord avec celles que l'on a faites sur le froment et sur l'orge. Les matières protéiques du seigle présentent, nous le répétons, un très grand intérêt pour le fabricant d'alcool, puisqu'elles constituent la nourriture de la levure. Ritthausen les a étudiées et y a rencontré :

- 1) De la mucédine et probablement de petites quantités de gluten-fibrine (solubles tous deux dans l'alcool) ;
- 2) De la gluten-caséine (soluble dans l'eau alcaline) ;
- 3) De l'albumine (soluble dans l'eau).

Ritthausen ne trouva pas de glutine, ou gélatine végétale, parmi les matières albuminoïdes. Ceci explique l'impossibilité d'obtenir du gluten en pétrissant de la farine de seigle en présence d'eau, tandis qu'en opérant de même avec la farine de froment on en obtient très facilement. La mucédine s'y rencontre seule, en assez grande proportion, et ne possède pas de propriétés liantes.

La mucédine se dissout à froid dans l'alcool à 60 à 70° alcoométrique et donne un liquide clair et incolore ; à chaud, l'alcool en dissout davantage ; mais, par le refroidissement, l'excès se dépose.

A froid, l'alcool absolu la précipite de ses dissolutions en flocons blancs.

La mucédine gonfle en présence d'eau et donne un liquide trouble et gélatineux qui dépose lentement ce corps en flocons résistants. L'eau bouillante la décompose à la longue.

La mucédine du seigle se compose de :

Carbone.....	53,61
Hydrogène.....	6,79
Azote.....	16,84
Oxygène.....	22,26
Soufre.....	0,50

La caséine végétale (gluten-caséine) s'extrait de la farine de seigle comme suit : on traite la farine avec de l'eau contenant 2 parties de potasse pour 1000 d'eau, à basse température ; puis on neutralise avec de l'acide acétique ; la caséine se dépose alors en flocons gélatineux d'un gris-blanc. En la desséchant dans le vide, en présence d'acide sulfurique, on obtient une masse friable d'un jaune-gris.

La caséine sèche est inaltérable à l'air ; humide, elle se colore rapidement en brun et se transforme finalement en une masse cornée d'un brun foncé ; toutes les matières albuminoïdes du seigle ont cette tendance à se colorer en brun et communiquent aux moûts de seigle une teinte bien caractéristique. Récemment préparée, la gluten-caséine est insoluble dans l'eau et dans l'alcool. Lorsqu'on la cuit en présence d'eau, elle se gonfle considérablement. Les alcalis et les acides étendus (acide acétique) la dissolvent à froid. Les sels métalliques la précipitent de ses dissolutions en flocons gélatineux. La caséine ainsi précipitée par des sels de cuivre se dissout dans la potasse en donnant une belle coloration bleu-violacé. Sa composition est la suivante :

Carbone.....	52,14
Hydrogène.....	6,73
Azote.....	16,38
Oxygène.....	23,49
Soufre.....	1,06

L'albumine contenue dans le seigle ne diffère pas de celle du froment. Le rapport de l'acide phosphorique à l'azote est constant

dans les grains entiers de seigle ; d'après W. Mayer, ce rapport égale $\frac{1}{2,0 \text{ à } 2,4}$. Ce fait semble indiquer qu'il y a une relation commune entre l'acide phosphorique et l'azote lors de la formation de l'albumine dans les plantes. Cependant, l'azote et l'acide phosphorique ne sont pas uniformément répartis dans les grains ; on a trouvé, par exemple, que, dans la farine, l'acide phosphorique était à l'azote dans le rapport de

1 : 0,8 et dans le son de 1 : 1,5.

Outre les matières albuminoïdes dont nous venons de parler, Ritthausen a encore trouvé dans le seigle une espèce de gomme ayant une composition correspondant à la formule $C^6 H^{10} O^5$. Cette gomme est amorphe, incolore et peu dense ; elle se dissout dans l'alcool à 50° et même dans l'eau lorsqu'elle est finement pulvérisée. Même avec de grandes quantités d'eau, (une partie de gomme et 20 à 30 parties d'eau) elle donne un liquide épais, laiteux, qui ne coule que lentement et se filtre difficilement.

Par l'évaporation, ce liquide abandonne une masse claire et transparente qui ressemble à la gomme arabique. Il est probable que c'est à cause de cette gomme et de la caséine végétale que les mouûts de seigle possèdent leur viscosité caractéristique. Les acides étendus et bouillants transforment la gomme en un sucre ayant un pouvoir rotatoire dextrogyre et réduisant la liqueur de cuivre. Ritthausen n'est pas bien sûr que la gomme du seigle ne soit pas identique à la gélatine végétale qu'on rencontre dans les plantes. Le même auteur rencontra, dans les matières grasses du seigle, de l'acide palmitique, mais pas de stéarine, ni d'acide stéarique ; il y trouva aussi de la cholestérine, mais en très petite quantité.

D'après Koenig, la matière grasse du seigle est composée, en partie, de glycérides : elle contient des acides oléique, palmitique et stéarique libres. (Cette opinion est opposée à celle de Ritthausen). Voici la composition élémentaire de la matière grasse du seigle :

C = 76,71 %

H = 11,79 »

O = 11,50 »

La matière grasse du seigle est fluide et contient surtout de l'acide oléique et de la trioléine :

Glycérine.....	1,30	} 101,0 (?)
Acide oléique.....	91,60	
Acides palmitrique et stéarique.....	8,10	

Voici, d'après E. de Wolff, l'analyse des cendres de seigle :

	maximum.	moyenne.	minimum.
Teneur en cendres.....	3,52	2,09	1,60
» potasse.....	37,54	31,47	27,78
» soude.....	4,45	1,70	0,00
» chaux.....	4,11	2,63	1,34
» magnésie.....	14,37	11,54	10,13
» oxyde de fer....	3,38	1,63	0,20
» ac. phosphorique	50,35	46,93	39,90
» ac. sulfurique .	3,02	1,10	0,00
» silice.....	4,51	1,88	0,52
» chlore.....	1,50	0,61	0,00

c) Orge.

L'orge est surtout employée, en distillerie, pour produire le malt.

Voici les analyses faites par E. de Wolff, Dietrich et Kœnig :

	E. DE WOLFF.	DIETRICH ET KŒNIG.		
		minimum.	maximum.	moyenne.
Humidité.....	14,3	7,23	20,88	13,77
Matières azotées.....	10,0	6,20	17,46	11,14
Matières grasses.....	2,5	1,03	4,87	2,16
Matières extractives non azotées.....	63,9	49,11	72,20	64,93
Cellulose.....	7,1	1,96	14,16	5,31
Cendres.....	2,2	0,60	6,82	2,69

Voici des analyses plus détaillées faites par de Bibra :

	FARINE D'ORGE		SON D'ORGE.
	de Nuremberg	de Cassel	
Eau.....	14,01	15,60	12,00
Albumine.....	1,20	1,63	1,74
Gélatine végétale.....	3,60	3,18	4,12
Caséine.....	1,34	0,92	0,66

	FARINE D'ORGE.		SON D'ORGE
	de Nuremberg.	de Cassel.	
Matières azotées insolubles dans l'eau et l'alcool	8,25	7,25	8,32
Gomme	6,33	6,74	6,89
Sucre	3,04	3,20	1,90
Matières grasses	2,23	2,17	2,96
Amidon	} 60,01	59,91	} 42,01
Cellulose			

D'après Boussingault, 100 parties d'orge en grains donnent :

20,7 % de son.
79,3 % de farine.

D'après Lermer et Hermbstaedt (l'analyse de ce dernier est ancienne et extraite du livre : *Fabrication de la bière*, par Lintner), l'orge a la composition suivante ,

Lermer :

Amidon	63,4
Matières protéiques	16,3
Dextrine	6,6
Sucre	—
Matières grasses	3,1
Cellulose	7,1
Cendres	2,4
Divers	1,1

Hermbstaedt :

Eau	10,5
Cellulose	11,6
Gluten	4,9
Albumine	0,3
Amidon	60,5
Sucre	4,7
Gomme	4,5
Huile	0,3
Phosphates solubles	0,4
Divers	2,3

Il est probable que la teneur en gluten et albumine (ensemble 5,2) est trop faible.

L'orge Chevalier possède, en général, une teneur plus faible en

matières protéiques que l'orge ordinaire ; cette dernière a donc plus de valeur pour le distillateur , puisque ce sont les matières albuminoïdes qui produisent la diastase.

Voici , d'après Anderson , la composition , à ce point de vue , de diverses qualités d'orge , en matières protéiques :

1) Orge Chevalier :

	Protéine.	
Sol sablonneux.....	7,06 %	} Moyenne 8,19 %
» argileux brun	6,94	
» » rouge.....	10,32	
» très sablonneux.....	8,19	
» sablonneux léger	8,13	
Terrain argileux rouge	7,93	
Sol argileux	9,38	
Sable.....	8,44	
Sable....	7,38	

2) Orge à deux rangs :

	Protéine.	
Terrain gras.....	12,38 %	} Moyenne 9,90 %
» maigre	9,00	
» marneux.....	11,06	
» sablonneux	9,38	
» lourd, profond.....	7,31	
» léger.....	10,25	

3) Orge à quatre rangs :

Terrain sablonneux.....	12,12 %	} 11,70 %
» »	11,38	

Les matières protéiques de l'orge consistent surtout en albumine et gluten (6%) ayant la composition suivante :

C	54,93	54,75
H	7,11	6,99
Az.....	15,71	15,71
O	21,68	21,93
S	0,57	0,62

Ritthausen a étudié plus complètement les matières protéiques de l'orge ; il y trouva :

De la caséine végétale, soluble dans les alcalis étendus.	} solubles dans l'alcool.
De la fibrine végétale.....	
De la mucédine.....	
Et de l'albumine.....	

Ces divers corps possèdent les mêmes propriétés que ceux qui se trouvent dans le seigle.

Voici quelle est leur composition :

				Grains.	Farine.	
Caséine-Gluten ...	C	53,25	Fibrine-gluten..	C	55,23	54,55
	H	7,13		H	7,24	7,27
	Az.	16,63		Az.	15,49	15,70
	O	22,49		O	} 22,04	22,48
	S	0,50		S		
Albumine	C	52,86	Mucédine.	C	53,19	53,97
	H	7,23		H	6,65	7,03
	Az.	15,75		Az.	16,14	16,08
	O	22,98		O	} 24,02	} 21,34
	S	1,18		S		

On ne rencontre pas de gélatine végétale dans l'orge.

Ritthausen retira de la farine d'orge, par ébullition avec de l'alcool, 3 % de matières albuminoïdes solubles (fibrine et mucédine), puis 0,5 % d'albumine et 1,3 % de caséine; il croit, toutefois, que les proportions de ces divers corps sont encore plus élevées.

Les matières extractives non azotées (en moyenne 65,51 %) se composent, d'après Kœnig, de :

Amidon.....	62,25 %
Sucre	1,56 »
Dextrine.....	1,70 »

La quantité de sucre est assez variable; d'après diverses analyses, on a trouvé :

1,02 — 1,24 — 2,43 % de sucre.

Lintner a constaté la présence de cholestérine dans la matière grasse de l'orge, et, d'après Kayser, cette matière appartient à la série grasse et se trouve entre les acides myristique et palmitique. On rencontrerait aussi de l'acide laurique dans l'huile d'orge. (Lintner, *Fabrication de la bière*, page 48).

Voici la composition élémentaire de la matière grasse de l'orge :

C =	76,27 %
H =	11,78 »
O =	11,95

Beckmann a encore observé dans l'orge un acide volatil, l'acide hordéique; mais on ne sait pas encore si c'est un corps tout formé dans l'orge où s'il y prend naissance dans des conditions spéciales.

Voici l'analyse des cendres de l'orge (E. de Wolff) :

	maximum.	moyenne	minimum.
Teneur en cendres pures.....	3,09	2,60	1,90
» potasse	32,20	20,15	11,39
» soude.....	6,00	2,53	0,00
» chaux.....	4,20	2,60	1,21
» magnésie... ..	12,47	8,62	5,00
» oxyde de fer	2,95	0,97	0,00
» ac. phosphorique	42,56	34,68	26,01
» ac. sulfurique.	3,50	1,69	0,00
» Silice	36,73	27,54	17,27
» Chlore.....	5,24	0,93	0,00

La composition de l'orge est encore plus influencée par la fumure que celle des autres grains. Voici, d'après des recherches de Kreuzler et Kern, quelle a été la teneur en matières protéiques de l'orge sèche, avec diverses fumures :

Sans engrais.....	14,43 %
Engrais azoté en faible quantité.....	16,50 »
» grande »	19,93 »
Azote et acide phosphorique en petite quantité.....	15,49 »
» » grande »	19,43 »
« » plus grande quantité .	20,25 »

L'influence de l'acide phosphorique seul n'a pas été considérable; l'azote, au contraire, a augmenté la teneur en matières protéiques, et le mélange d'azote et d'acide phosphorique est arrivé à augmenter de 6 % la proportion de matières albuminoïdes.

On ne connaît pas encore la relation intime qu'il y a entre les matières protéiques et la diastase pendant la germination; mais, ce qui est indiscutable, c'est que ce sont ces matières qui lui donnent naissance. Il est donc probable qu'une orge riche en matières protéiques donnera du malt riche en diastase, et, par suite, très actif. Une orge riche en azote est donc préférable pour le distillateur. L'auteur espère pouvoir traiter ce sujet plus tard.

On peut se demander si l'orge perd beaucoup de sa valeur lors-

qu'elle a été soumise à l'action de la pluie sur le champ et lorsqu'elle a germé? Pour répondre à cette question, nous allons citer quelques recherches de H. Will (Nobbe's, Landw. Versuchstationen, 1882). D'après ces recherches, le ramollissement du grain, suivi d'un prompt séchage, n'a aucun inconvénient pour la germination. Par contre, le pouvoir de germination souffre beaucoup si les radicelles se sont déjà formées tandis que la plumule n'est pas encore sortie. Ainsi, de 100 grains séchés dans ces conditions, il n'y en eut plus que 65 qui germèrent. D'autre part, lorsque les radicelles étaient déjà formées et la plumule sortie, il n'y eut plus que 10 % des grains qui germèrent. L'auteur et Lauenstein trouvèrent les mêmes résultats lors des essais qu'il firent en 1878. Tandis que le pouvoir de germination était de 98 % pour des grains intacts, il n'était plus que de de 45 % pour des grains ayant déjà germé et ayant ensuite été desséchés.

Les autres modifications que subissent les grains germés sont les suivantes :

1) Augmentation considérable de la proportion des matières solubles dans l'eau (Maercker et Lauenstein) :

	Grains germés.	Grains non germés.
Amidon soluble	1,17 %	1,76 %
Dextrine.....	0,00 »	1,10 »
Dextrose.....	4,92 »	0,00 »
Maltose.....	7,32 »	3,12 »
Matières solubles diverses.....	5,23 »	5,64 «
Totaux.....	18,64 %	11,62 %

Il ressort de ces chiffres que l'orge germée développe une action diastasique considérable en vertu de laquelle une grande partie de l'amidon et de la dextrine se transforme en sucre. D'ailleurs, il n'est pas besoin d'avoir recours à l'analyse pour constater ce fait; il suffit de macher de l'orge germée, qui a été desséchée, pour lui trouver une saveur sucrée très prononcée.

2) Diminution importante de la teneur en amidon, par suite de la formation d'hydrates de carbone solubles et d'acide carbonique.

En effet, on trouve dans les :

Grains d'orge germée	57,98 %	d'amidon.
» non germée.....	64,10	»

Ce fait a une très grande importance lorsqu'on travaille les grains germés pour en retirer l'amidon ; non seulement ils en contiennent déjà beaucoup moins , mais la grande quantité de diastase formée transformera, pendant le travail, de nouvelles quantités d'amidon très importantes. Il en résultera donc un faible rendement en amidon.

3) Modification des matières azotées.

100 parties d'orge sèche renferment

	Après germination.	A l'état normal.
Azote total.....	2,045 %	1,900 %
Azote sous forme d'acide nitrique.....	traces	traces
» d'amide.....	0,454 »	0,028 »
» d'ammoniac.....	0,044 »	0,045 »
» d'albumine soluble..	0,036 »	0,087 »
» » insoluble.	1,511 »	1,740 »
	<hr/> 2,045 %	<hr/> 1,900 %

Ces modifications s'apprécient mieux si on les rapporte à 100 parties d'azote. On trouve que, pour 100 parties d'azote, il y en a sous forme de ;

	Orge germée.	Orge sain.
Amides.....	22,2 %	1,5 %
Ammoniac.....	2,2 »	2,4 »
Albumine soluble.....	1,8 »	4,6 »
Albumine insoluble.....	73,8 »	91,5 »
	<hr/> 100,0 %	<hr/> 100,0 %

Il se produit donc, surtout, la transformation des matières protéiques en amides. La germination préalable de l'orge est donc nuisible à ce produit lorsqu'il doit servir pour préparer du malt, car ce ne sont exclusivement que les matières protéiques qui forment la diastase. Nous reparlerons des modifications de l'orge pendant la germination au chapitre qui traite de la théorie de la préparation du malt.

d) Avoine.

L'avoine est employée dans certains cas à la place de l'orge pour la préparation du malt devant servir à produire de la levure très active ; par suite de sa grande teneur en matières albuminoïdes, elle

est bien appropriée à cet usage. Voici, d'après E. de Wolff, Dietrich et Kœnig, la composition de 100 parties d'avoine naturelle :

	E. DE WOLFF.	DIETRICH ET KŒNIG.		
		maximum.	minimum.	moyenne.
Humidité.....	14,3	18,46	7,66	12,37
Matières azotées.....	12,0	19,16	6,25	10,41
Matières grasses.....	6,0	7,31	2,76	5,23
Matières extractives non azotées.	55,7	65,45	42,82	57,78
Cellulose.....	9,3	20,02	6,66	11,19
Cendres.....	2,7	6,11	1,61	3,02

L'avoine renferme, outre des matières azotées en grande quantité, une notable proportion de matières grasses (6 %); le froment, l'orge et le seigle n'en contiennent que 2 %.

Les matières albuminoïdes de l'avoine se composent de (U. Kreuzler) :

- 1° Une petite quantité de gélatine végétale très riche en soufre;
- 2° Une caséine végétale ayant la même composition et les mêmes propriétés que la légumine, mais renfermant cependant la même quantité de soufre et ayant la même solubilité que la gluten-caséine. Cette caséine constitue la majeure partie des matières protéiques de l'avoine. A cause de cette grande proportion de caséine, l'avoine ressemble beaucoup aux fruits à gousses (pois, etc., etc) (Ritthausen).

Les matières extractives non azotées de l'avoine se composent de :

Amidon	51,17
Sucre.....	2,22 (0,32 — 6,00 %).
Dextrine et gomme	2,54 (1,20 — 4,51 %).
	55,43

La matière grasse de l'avoine se compose, d'après Kœnig, de :

Glycérine.....	2,8 %
Acide oléique.....	60,5 »
Acides stéarique et palmitique.....	36,7 «

La matière grasse de l'avoine contient donc, comme la généralité des matières grasses des plantes, des acides gras libres.

Sa composition élémentaire est :

C = 75,67
 H = 11,77
 O = 12,56

Les cendres de l'avoine contiennent, en moyenne, d'après E de Wolff :

Teneur en cendres pures.....	3,14
» potasse.....	16,38
» soude.....	2,24
» chaux.....	3,73
» magnésie.....	7,06
» oxyde de fer.....	0,67
» acide phosphorique.....	23,03
» acide sulfurique.....	1,36
» silice.....	44,33
» chlore.....	0,58

e) Maïs.

Dans ces derniers temps, le maïs est devenu d'un emploi courant pour la production de l'alcool, à cause de la grande valeur nutritive des drèches qu'il donne comme résidu de fabrication.

De plus, les accidents qui se produisent souvent avec les drèches de pommes de terre pures ne se présentent presque jamais lorsqu'on travaille un mélange de pommes de terre et de maïs. (Voir au chapitre : Drèches).

Voici quelques analyses de Wolff, Dietrich et Kœnig :

	E. DE WOLFF.	DIETRICH ET KÖENIG.		
		minimum.	moyenne.	maximum.
Humidité.....	14,4	7,40	13,12	22,40
Matières azotées.....	10,0	5,54	9,85	13,90
Huile.....	6,5	1,61	4,62	8,89
Matières extractives non azotées.	62,1	60,49	68,41	74,92
Cellulose.....	5,5	0,79	2,49	8,52
Cendres.....	1,5	0,61	1,51	3,93

Comme matières premières pour la fabrication de l'alcool, il convient surtout d'employer les maïs d'Amérique et du Danube. Il est assez généralement admis que le maïs du Danube est plus riche en huile et donne, par conséquent, des drèches plus nutritives.

Cependant il n'en est rien, et on peut s'en assurer en consultant les analyses suivantes, tirées de « *Alimentation de l'homme* » par Kœnig. (Voir les tableaux pages 114 et 116).

	Mais d'Amérique.	Mais de Hongrie.
Humidité.	12,3 %	14,3 %
Matières protéiques	10,3 »	10,2 »
Matières grasses.....	5,1 »	4,4 »
Matières extractives non azotées	68,2 »	68,6 »

Il y a quelquefois une grande différence entre les maïs d'Amérique ou du Danube au point de vue de l'humidité. Ainsi, d'après Delbruck, du maïs de Roumanie renfermait, à l'état frais, 23,8 % d'eau, tandis que vieux il n'en contenait plus que 14 %. La moyenne est, en général, de 12 — 13 %.

Voici une analyse plus détaillée de Hellriegel :

Amidon	58,00
Sucre et dextrine	5,29
Matières protéiques	8,87
Huile.....	9,16
Cellulose.....	4,88
Cendres	3,23
Eau.....	10,58

Les matières extractives non azotées du maïs se composent de :

Amidon	58,96
Sucre.....	4,59 (1,38 — 11,64 %).
Dextrine.....	3,23 (0,76 — 4,80 %).
	<hr/>
	66,78

Le maïs est donc le grain le plus riche en sucre.

D'après Ritthausen, les matières protéiques du maïs se composent de :

1) Fibrine de maïs ; ce corps se distingue des autres fibrines végétales par ses propriétés et sa composition que nous donnons page 117. Comme comparaison nous donnons en regard la composition de la fibrine du froment.

A par précipitation à l'alcool et dégraissage par l'éther.

B par précipitation des dissolutions concentrées versées dans de grandes quantités d'éther.

MAÏS D'AMÉRIQUE.

Numéros.	REMARQUES.	Dates des essais.	Eau %	Matières azotées %	Matières grasses %	Matières extractives non azotées.	Cellulose %	Cendres %	NOMS DES OPÉRATEURS.
1	Maïs blanc d'Amérique.....	1855	11,8	8,9	4,4	—	15,9	1,8	Bolsan.
2	d° jaune	1855	11,5	8,7	4,7	—	16,5	1,6	
3	d° rond jaune d°	1855	13,2	8,9	4,4	—	14,9	1,6	Moser.
4	d° du Canada	1856	12,8	11,1	5,0	—	—	1,4	
5	Early Dutton.....	—	8,1	9,7	5,7	72,7	2,6	1,6	
6	Commun Yellow.....	—	10,6	9,8	4,5	71,7	2,4	1,6	W. O. Atwater.
7	King Philip.....	—	9,8	11,9	4,5	70,1	2,3	1,6	
8	Stowell's evergreen Swent.....	—	10,9	11,1	7,7	65,9	2,7	1,9	
9	American jaune	1877	14,0	8,9	4,0	70,5	1,6	1,3	
10	d° blanc.....	1877	13,9	8,8	4,1	71,1	0,9	1,4	
11	d° jaune.....	1877	15,1	10,1	5,4	67,0	1,3	1,4	
12	d°	1877	10,5	9,7	4,4	71,6	2,4	1,3	
13	d° d°	1877	12,7	10,0	5,3	67,0	1,2	1,4	
14	American.....	1877	12,5	10,3	4,9	69,4	1,4	1,6	W. O. Atwater,
15	d°	1877	9,8	11,9	4,5	70,1	2,2	1,6	
16	d°	1877	10,2	9,2	3,4	74,3	1,5	1,4	Warneke et Sharpless.
17	d°	1877	12,0	12,1	3,4	69,5	2,0	1,1	
18	d°	1877	8,1	9,6	5,7	72,6	2,5	1,5	
19	d°	1877	10,9	11,1	7,7	65,9	2,6	1,9	
20	d°	1877	10,7	11,7	7,8	62,7	4,9	2,2	
21	d°	1877	10,8	11,4	7,7	64,3	3,8	2,1	
22	Jaune Illinois.....	1877	11,3	8,8	4,6	72,9	1,3	1,1	
23	d°	1877	13,6	9,2	3,6	69,1	3,1	1,4	
24	American jaune	1877	11,6	10,6	4,1	69,6	2,7	1,5	Johnson, Jenkings.
25	d°	1877	11,3	11,5	5,8	68,9	1,3	1,5	Armsby et Wells.
26	d°	1877	14,1	10,9	5,8	66,0	1,8	1,6	
27	Sud-Connecticut.....	1878	9,5	10,2	4,0	72,7	2,2	1,5	

28	Sud-Connecticut.....	1878	10,6	9,9	4,7	72,2	1,4	1,5	
29	d°.....	1878	10,7	10,4	5,0	71,4	1,4	1,6	
30	d°.....	1878	9,5	12,4	7,5	66,1	2,8	2,0	
31	d°.....	1878	10,5	9,3	4,1	73,0	1,8	1,6	
32	d°.....	1878	9,7	11,3	4,2	71,3	1,8	1,8	
33	d°.....	1878	9,8	11,6	4,9	70,2	2,1	1,6	
34	d°.....	1878	10,2	9,2	4,3	73,4	1,4	1,7	
35	d°.....	1878	11,0	10,9	4,9	70,3	1,5	1,8	
36	d° fendu.....	1878	10,6	10,7	7,2	70,2	1,6	1,5	
37	d°.....	1878	11,2	10,5	4,9	70,2	1,9	1,5	
38	d° sucré, mûr.....	1878	9,5	11,4	9,2	63,1	2,0	1,7	
39	d°.....	1878	10,8	10,1	5,2	71,3	1,4	1,4	
40	Norfolk mûr.....	1878	11,2	10,9	4,7	70,1	1,9	1,4	
41	Tuscarora.....	1878	11,3	11,5	5,8	68,9	1,3	1,5	
42	Mais du Cap blanc.....	1878	10,9	11,1	4,3	71,3	1,1	1,6	
43	Rowley Corn.....	1878	11,0	11,7	4,9	70,2	0,8	1,7	
44	Melange.....	1879	20,7	7,9	3,7	65,0	1,7	1,2	
45	N. W. Saat (Westerncorn).....	1879	20,3	8,6	3,6	64,9	1,7	1,2	
46	Dernier mélange récolte 1879.....	1879	16,5	8,6	3,9	68,2	1,8	1,3	
47	Mais roi Philippe.....	1880	16,0	10,4	4,5	66,5	1,4	1,4	
48	Mais jaune ordinaire.....	1880	15,8	10,0	4,5	67,1	1,5	1,3	
49	Mais precoce.....	1880	15,3	8,4	3,8	69,8	1,6	1,3	
50	Mais blanc dur.....	1880	16,9	9,0	3,9	67,9	1,4	1,2	
51	Grain jaune.....	1878	12,8	11,8	4,7	66,8	2,5	1,5	
52	d°.....	1878	11,7	11,2	5,1	70,8	2,5	1,6	
53	d° blanc.....	1878	13,8	11,6	4,7	66,3	2,3	1,6	
54	Hackberry (?) Corn.....	1878	12,5	9,9	4,8	69,2	2,3	1,5	
55	Strawberry (?).....	1878	14,1	10,4	4,6	67,7	2,1	1,4	
56	Grain blanc gras.....	1878	11,4	10,5	4,9	70,2	1,9	1,3	
57	Petit grain.....	1878	13,5	11,3	4,9	67,0	2,2	1,4	
58	d°.....	1878	13,3	10,7	5,1	67,6	1,8	1,4	
59	Tuscarora.....	1878	14,1	10,9	5,8	66,0	2,3	1,6	
60	Grain dur rayé 8 fois.....	1878	13,5	12,0	4,9	66,1	2,3	1,5	
61	Sandflood.....	1878	13,4	10,7	5,1	67,5	2,1	1,4	
62	Mais américain.....	1879	17,5	8,4	3,9	67,2	2,1	1,3	
63	Américain jaune.....	1879	sec	9,4	10,0	—	—	1,2	
	Moyenne.....		12,3	10,3	5,1	68,2	2,6	1,5	

Yrhnson, Jenkins,

Armsby et Wells.

C. W. Johnson.

B. C. Redzie.

E. Kern, H. Wattenberg.

MAÏS DE HONGRIE, DU DANUBE ET ANALOGUES.

Numéros.	OBSERVATIONS.	Dates des essais.	Eau %	Matières azotées %	Matières grasses %	Matières extractives non azotées	Cellulose %	Cendres %	NOMS DES OPÉRATEURS.
1	Rond jaune de Galatz.....	1855	11,8	9,1	4,5	—	—	1,8	Bolson.
2	Mais de Hongrie.....	1875	11,6	10,0	4,1	70,3	2,5	1,7	E. Wildt.
3	d°.....	1859	13,5	10,1	5,2	66,3	1,6	1,6	R. Fresenius.
4	d°.....	1860	16,1	15,2	4,8	59,1	3,5	1,6	L. Lenz.
5	d°.....	1873	13,4	10,5	4,2	66,4	3,4	2,5	Th. Dietrich.
6	d°.....	1873	11,4	12,4	5,0	66,1	2,6	2,9	C. Kreuzhage.
7	d°.....	1872	sec	13,1	4,8	78,8	1,8	1,7	E. Wolff.
8	d°.....	1872	d°	10,3	5,0	80,5	2,3	2,1	G. Kühn.
9	d°.....	1874	13,4	9,2	4,2	70,4	2,2	0,6	
10	d°.....	1874	14,6	11,9	4,0	63,8	4,2	1,1	
11	d°.....	1870	10,0	11,3	4,4	64,1	2,1	1,7	E. Heiden, Fritsche, Güntz et Voigt.
12	d°.....	a	12,2	11,8	4,9	67,9	1,6	1,6	
13	d°.....	1874	17,7	9,6	4,3	65,4	1,6	1,4	
14	d°.....		21,2	9,9	4,1	62,5	1,0	1,4	
15	d°.....	1875	13,3	7,9	3,7	72,7	0,4	1,3	J. Koenig, C. Brimmer.
16	d°.....	1875	16,7	9,7	3,9	67,2	1,4	1,3	
17	Mais de la mer noire.....	1876	12,5	9,1	4,4	71,1	1,5	1,4	Pasqualini.
18	Mais de Hongrie.....	1878	13,5	10,9	4,0	67,4	2,8	1,4	Paul Wagner.
19	d°.....	1878	13,2	10,3	4,5	68,1	2,7	1,2	
20	Einquantino.....	1878	14,5	7,9	4,5	70,8	1,4	0,8	Schwackhoefer.
21	Mais de Hongrie.....	1878	20,6	7,8	5,6	63,8	1,5	1,3	
22	d° Turquie.....	1874	9,9	9,2	4,4	73,1	2,1	1,4	Grandeau.
23	d° Hongrie.....	1875	7,4	9,0	3,6	75,5	2,5	1,8	Kern et Wattenberg.
24	d° Danube.....	1879	15,5	10,7	4,1	66,4	2,0	1,3	Weigelt.
25	d° Hongrie.....	1879	17,8	6,9	4,7	64,8	5,5	1,1	
	Moyenne.....		14,3	10,2	4,4	68,6	2,3	1,5	

	A.	B.	Fibrine du froment
C	54,66	54,71	54,34
H	7,45	7,50	7,18
Az.	15,50	15,53	16,89
O	21,70	} 22,16 }	} 20,61
S	0,69		

La fibrine du maïs est insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'eau alcaline, l'alcool et les acides étendus; préalablement chauffée en présence d'eau, elle devient insoluble dans ces divers dissolvants.

Les dissolutions dans l'alcool à fort degré ne se troublent pas par le refroidissement et peuvent être concentrées jusqu'à consistance sirupeuse sans qu'il y ait précipitation ni même aspect gélatineux.

Lorsqu'on on dessèche une dissolution de fibrine de maïs, il se forme des peaux superposées, transparentes, ne présentant aucune gerçure, et qui, par le frottement, dégagent beaucoup d'électricité. C'est une propriété caractéristique de la fibrine du maïs. Les sels métalliques précipitent la fibrine de ses dissolutions à l'état de combinaison avec les oxydes de ces sels.

Quoique se dissolvant dans l'eau rendue alcaline par la potasse ou par la soude, même lorsque ces alcalis se trouvent en très petite quantité (0,1 — 0,15 %), elle est complètement insoluble dans l'ammoniaque, même concentrée, ainsi que dans les eaux de chaux et de baryte.

2. *Conglutine.* — On a retiré du maïs, par des lavages avec de l'eau rendue légèrement alcaline par de la potasse, une matière albuminoïde analogue à la conglutine retirée des lupins :

C	=	51,4
H	=	7,19
Az.	=	17,72
O + S	=	23,68

Les cendres du maïs ont, d'après E. de Wolff, la composition suivante :

	maximum.	moyenne.	minimum.
Teneur en cendres	1,72	1,51	1,28
» potasse.....	31,86	27,93	24,33
» soude.....	7,54	1,83	0,00
» chaux.....	3,76	2,28	0,57
» magnésie.....	17,35	14,98	12,11

Teneur en oxyde de fer.....	2,00	1,26	0,00
» acide phosphorique....	53,69	45,00	37,63
» acide sulfurique.....	4,13	1,30	0,00
» silice	5,54	1,88	0,00
» chlore	4,79	1,42	0,00

La matière grasse, contenue en quantité notable dans le maïs, renferme, d'après Kœnig :

Glycérine.....	6,46 %	} 123,03 (?)
Acide oléique.....	79,87 »	
Acide stéarique.....	36,70 »	

La matière grasse du maïs renferme donc des quantités importantes d'acides gras ; sa composition élémentaire est la suivante :

$$\begin{aligned} C &= 75,79 \\ H &= 11,43 \\ O &= 12,78 \end{aligned}$$

La teneur du maïs en matières grasses est généralement exagérée dans les analyses. Ainsi, par exemple, Wolff donne 6,5 %, tandis que Kœnig donne, pour la teneur moyenne, 4,76 %. Ce dernier chiffre est déjà élevé et l'auteur ne compte guère sur plus de 4,0 à 4,5. Les maïs d'Amérique contiennent ordinairement moins de matières grasses que les maïs de Hongrie; toutefois, il n'en est pas toujours ainsi.

f) Riz.

En Italie, on emploie fréquemment le riz pour la fabrication de l'alcool. Le riz est plus riche en amidon que toutes les autres matières premières habituellement employées et il donne un rendement élevé. Voici sa composition :

B. DE WOLFF

(Riz décortiqué).

Eau.....	14,0
Cendres.....	0,3
Protéine.....	7,7
Cellulose.....	2,2
Matières extractives non azotées...	75,4
Matières grasses.....	0,4

DE BIBRA.

(Farine de riz).

	I.	II.
Eau	14,00	14,30
Albumine.....	0,05	0,08
Gélatine végétale.....	0,54	0,56
Caséine.....	0,11	0,10
Matières azotées insolubles dans l'eau et l'alcool.....	6,52	6,70
Gomme.....	1,57	2,00
Sucre.....	0,39	0,30
Matières grasses.....	0,90	0,87
Amidon.....	75,92	75,09

Les deux échantillons analysés par de Bibra provenaient de l'Inde.
Voici des analyses de cendres de riz faites également par de Bibra :

	Riz non décortiqué.		Riz décortiqué.		
	Inde.	Caroline.	Valence.	Abyssinie	Riz de montagne.
Potasse.....	17,66	17,38	22,25	22,30	25,43
Soude.....	5,22	5,83	6,27	4,00	4,08
Magnésie.....	10,34	11,17	12,43	14,28	13,37
Chaux.....	1,00	7,00	5,88	1,05	0,83
Acide phosphorique...	41,38	39,90	46,35	53,97	52,56
Acide sulfurique.....	0,37	1,35	1,32	0,59	traces.
Chlore.....	0,37	1,35	0,50	traces.	traces.
Silice.....	traces	0,50	3,44	3,03	2,53
Oxyde de fer et pertes..	1,30	2,37	1,56	0,78	1,20

Payen donne, pour les cendres des balles de riz, une teneur en silice égale à 89,71 %; il est donc probable que la teneur en silice du riz non décortiqué est plus élevée que ne l'indique de Bibra.

Les balles de riz, provenant de la décortication, contiennent une quantité assez notable d'amidon; vu leur bas prix, elles peuvent être avantageusement utilisées pour la fabrication de l'alcool.

Voici trois analyses de balles de riz, faites à la station de Halle, qui donnent une idée de la composition de ces résidus :

	I.	II.	III.
Humidité.....	9,72	10,64	10,00
Matières grasses.....	12,02	15,36	17,28
Cendres.....	8,60	10,98	11,74

	I.	II.	III.
Matières protéiques.....	11,56	11,31	13,94
Cellulose.....	7,23	11,97	10,83
Amidon.....	47,02	34,49	30,82
Matières extractives non azotées.	3,85	5,25	5,39

Ces produits se recommandent toutspécialement par leur grande teneur en matières grasses ; en effet, ils augmentent considérablement la valeur nutritive des drèches.

g) Sarrasin.

Le sarrasin est peu employé pour la fabrication de l'alcool ; par contre, il est fréquemment utilisé pour la production de levure pressée. Voici sa composition, d'après J. Kœnig :

	Grains		Farine.
	non décortiqués	décortiqués.	
	%	%	
Eau.....	11,93	12,63	14,27
Matières azotées.....	10,30	10,19	9,28
Matières grasses.....	2,81	1,28	1,89
Matières extractives non azotées..	55,81	72,15 (1)	72,46
Cellulose.....	16,43	1,51	0,89
Cendres.....	2,72	2,24	1,21

h) Dari.

Voici la composition du Dari, d'après de Bibra :

Eau.....	11,95
Albumine.....	—
Gélatine et caséine.....	4,58
Matières azotées insolubles dans l'eau et l'alcool.	4,06
Gomme.....	3,82
Sucre.....	1,46
Matières grasses.....	3,90
Amidon et balles.....	70,23

(1) Avec 63,81 % d'amidon.

B. — MATIÈRES PREMIÈRES SUCRÉES.

I. — BETTERAVES.

Les betteraves ne peuvent être employées dans le nord de l'Allemagne pour la fabrication de l'alcool, à cause de l'impôt sur la capacité des récipients, car leur rendement est trop faible. En France, en Autriche et dans le sud de l'Allemagne, les betteraves sont souvent employées. Cependant, l'industrie de la distillation des betteraves est en décadence en Autriche et dans l'Allemagne du Sud ; en France, au contraire, cette industrie est assez prospère.

Nous ne pouvons entrer dans de grands détails sur les betteraves et devons renvoyer le lecteur aux livres spéciaux, tels que : *Le traité de la fabrication du sucre, de Stammer.*

Le sucre renfermé dans la betterave est du sucre cristallisable $C^{12} H^{22} O^{11}$; il s'y trouve en quantités très variables (8 à 18 %). Les betteraves riches doivent être employées de préférence pour la fabrication du sucre.

D'après Otto, les betteraves contiennent en moyenne 4 % de matières insolubles (pulpe). Ce chiffre paraît cependant être trop faible.

Voici, d'après Stammer, les chiffres extrêmes pour la composition de la betterave :

Matière sèche 15,5 — 21	{	Cellulose, etc., etc.	4,0—12,0
		Matières solubles	11,5—17,0
		Eau	84,5—79,0
			<hr/>
			100,0

D'après Stammer (*Spiritusfabrikation*, page 144), on rencontre dans la betterave du sucre cristallisable, des matières albuminoïdes ; de l'acide citrique, de l'acide oxalique et d'autres acides organiques, de l'asparagine (1), de la bétaine, de la gomme, des matières grasses et les matières minérales que l'on rencontre dans les autres plantes, notamment des nitrates. L'auteur croit devoir ajouter à ces divers corps la cellulose et la pectine qui se rencontrent tant dans le jus que dans la pulpe de la betterave. Les matières pectiques donnent,

(1) E. Schulze y a surtout reconnu la présence de la glutamine.

lorsqu'on chauffe les jus de betteraves, des liquides gélatineux qui ne permettent pas de travailler à haute densité.

La teneur en cendres et la composition de celles-ci sont très variables; d'après E. de Wolff, on a :

Cendres au maximum.....	6,56 %
» en moyenne.....	3,86 »
» au minimum.....	2,45 »

Voici la composition des cendres :

	maximum.	moyenne.	minimum.
Potasse.....	78,11	55,11	39,78
Soude.....	24,04	10,00	0,97
Chaux.....	12,20	5,36	1,59
Magnésie.....	11,62	7,53	2,34
Oxyde de fer.....	3,17	0,93	0,20
Acide phosphorique.....	18,45	10,99	6,31
Acide sulfurique.....	8,89	3,81	1,27
Silice.....	9,00	1,80	0,77
Chlore.....	16,95	5,18	0,52

Les cendres des betteraves contiennent beaucoup d'acide carbonique, car les matières minérales de la betterave sont presque exclusivement composées de sels à acides organiques. On voit par les analyses ci-dessus que, comme la pomme de terre, la betterave est une plante à potasse.

2. — MELASSE.

La mélasse est le résidu de la fabrication du sucre, lequel ne donne plus que peu ou point de sucre cristallisé, à cause des matières étrangères qu'il renferme. La mélasse contient, en général, 50 % de sucre. Comme elle renferme, à côté du sucre, toutes les matières azotées du jus, les bases organiques, telles que l'asparagine (glutamine), la bétaine, les nitrates, etc., etc., et toute la potasse de la betterave, un grand nombre de fabriques de sucre ont installé une distillerie, afin de restituer à la terre toutes les matières nutritives que la betterave avait enlevées et de lui conserver ainsi toute sa fertilité. Néanmoins, la majeure partie des mélasses est travaillée dans des usines spéciales. Le sucre contenu dans la mélasse est du

sucre cristallisable ; le sucre interverti (dextrose et lévulose) ne se trouve que très rarement dans les mélasses alcalines ; par contre, on le trouve régulièrement dans les mélasses acides. Outre le sucre, on retrouve encore dans la mélasse une grande partie des éléments du jus de betteraves qui n'ont pu être enlevés pendant les opérations de la fabrication du sucre. L'acide phosphorique ne s'y trouve pas, car l'addition de chaux dans le jus l'a précipité à l'état de phosphate tribasique de chaux insoluble ; il en est de même pour les matières albuminoïdes que la chaux a coagulées. Voici quelques analyses de mélasse, extraites du traité de Stammer :

Eau.....	16,8	15,2	18,0	19,0	19,7
Sucre	50,1	49,0	48,0	46,9	49,8
Matières organiques et ma- tières minérales.....	33,1	35,8	34,0	34,1	30,5
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Eau.....	20,0	16,6	24,5	14,48	
Sucre	52,7	50,1	43,5	} 69,41	
Matières organiques non azotées	9,2	13,5	13,3		
» azotées.....	9,5	8,9	7,8	6,23	
Acide azotique.	0,2	—	—	—	
Cendres exemptes d'acide carbonique...	8,4	10,8	10,9	9,88	
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	
	100,0	100,0	100,0	100,00	
Teneur en azote.....	2,01	1,82	1,25	0,98	

La mélasse est généralement très alcaline, par suite de l'addition de chaux caustique dans les jus de betterave, addition qui met en liberté les alcalis caustiques, lesquels se transforment en carbonates lors de la carbonatation. L'alcalinité des mélasses doit, en distillerie, être détruite par une addition d'acide ; quelques fois même, les distillateurs font bouillir la mélasse acidifiée, pour produire l'inversion du sucre. Cette opération n'est cependant pas indispensable.

D'après E. de Wolff, la mélasse contient :

Maximum	10,57 %
Moyenne.....	9,97 »
Minimum.....	9,48 »

de cendres, déduction faite de l'acide carbonique.

Les cendres des mélasses contiennent, en général, 27 à 28 % d'acide carbonique, ce qui correspond à environ 80 % de carbonates alcalins qui existaient dans le jus de betterave sous forme de sels à acides organiques.

Voici la composition des cendres de mélasse, déduction faite de l'acide carbonique :

	maximum.	moyenne.	minimum.
Potasse	72,74	69,85	66,15
Soude	15,86	12,17	9,42
Chaux.....	7,09	5,70	4,37
Magnésie.....	0,78	0,31	0,00
Oxyde de fer.....	0,45	0,28	0,08
Acide phosphorique.....	0,80	0,60	0,23
Acide sulfurique.....	2,56	2,04	1,59
Silice.	1,45	0,41	0,00
Chlore.....	11,32	10,26	8,51

C. — MATIÈRES DIVERSES EMPLOYÉES PLUS RAREMENT.

1. TOPINAMBOURS (*Helianthus tuberosus*). Les tubercules des topinambours contiennent une certaine proportion de matières fermentescibles, partie sous forme d'inuline, partie sous forme de sucre directement fermentescible provenant de l'inuline, qui se transforme en lévulose par une simple ébullition avec de l'eau chaude ; si l'eau est acidulée, la transformation s'opère plus rapidement. Dans les analyses de topinambours le sucre est généralement appelé, à tort, sucre de raisin. L'auteur croit que les topinambours contiennent à l'état naturel plus d'inuline que ne l'indiquent les analyses, car il est d'usage de laisser séjourner les tubercules dans la terre pendant l'hiver et nous avons vu qu'en agissant ainsi, pour les pommes de terre, la teneur en sucre augmentait. Il est très probable qu'il en est de même pour les topinambours.

Voici, d'après Kœnig, la composition des topinambours .

	EAU.	Matières azotées.	Matières grasses.	Matières extractives non azotées.	Cellulose.	Cendres.	N O M S des chimistes ayant fait les analyses.
Récolte de 1850.....	76,04	3,12	0,20	17,85	1,50	1,29	Payen.
» »	77,05	0,99	0,09	19,02	1,22	1,63	Bracourt.
» »	80,30	1,82	0,10	16,18	0,80	0,80	} Krockner.
» 1859.....	83,46	1,32	0,09	13,75	0,51	0,87	
» 1860.....	79,78	2,54	0,16	15,05	1,01	1,46	Lenz.
<i>Variété violette :</i>							
Gros tubercules.....	80,65	2,24	—	14,00	2,03	1,05	} Nessler.
Petits tubercules.....	79,55	2,25	—	14,77	2,43	1,00	
<i>Variété jaune :</i>							
Gros tubercules.....	79,05	2,07	—	15,99	1,55	1,34	}
Petits tubercules.....	80,49	2,26	—	13,95	2,23	1,07	

Les matières extractives non azotées se composent de :

- 8,09 % sucre.
- 1,56 » Inuline.
- 6,01 » autres matières (Lévluline).

Payen a trouvé plus de sucre, notamment 1,86 % d'inuline, 14.70 % de sucre de raisin (?).

D'après de Wolff, les topinambours contiennent 15,9 de matières extractives non azotées ; d'après Dietrich et Kœnig :

Maximum.....	16,18 % de matières extractives non azotées.
Moyenne.....	15,03 » » »
Minimum.....	13,75 » » »

Dieck et Tollens ont recherché la nature des différents hydrates de carbone contenus dans les topinambours.

Ils trouvèrent, outre l'inuline, un corps analogue à la dextrine qu'ils appelèrent lévluline. Ce corps est directement fermentescible et donne un alcool très pur. Il ne réduit pas les liqueurs cuivriques ;

toutefois, après inversion par les acides, il précipite le cuivre et dévie à gauche la lumière polarisée. (Lévulose).

Les opinions sont très variables sur le rendement en alcool des topinambours. Balling n'a pu obtenir que 5,14 litres d'alcool par 100 kilos, tandis que Payen on a retiré 9 litres, par 100 kilos.

Les données les plus complètes sur cette matière ont été fournies par Dieck et Tollens; ils obtinrent du jus provenant de topinambours pressés les quantités d'alcool suivantes :

I. a)	sans acide sulfurique	6,68	‰	d'alcool en volume.
b)	avec	»	8,26	»
III. a)	sans	»	8,51	»
b)	avec	»	9,03	»
IV. a)	sans	»	8,07	»
b)	avec	»	8,67	»

Voici quels étaient les indications saccharométriques :

Sans acide, avant la fermentation	17°	59	; après	2°	03	
»	»	18°	77	; »	3°	28
»	»	18°	18	; »	2°	31

L'emploi de l'acide est donc avantageux pour le travail des topinambours. La potasse domine dans les cendres de topinambours, de même que dans celles de toutes les plantes qui produisent du sucre et de l'amidon. Les cendres de topinambours contiennent jusqu'à 50% de potasse (E. de Wolff).

2. MARRONS. Les marrons sont très riches en matières fermentescibles. Nessler a trouvé dans les marrons comestibles (*Castanea vesca*) 60,44 et 59,96 % de matières transformables en sucre, formées surtout d'amidon.

D'après Dietrich et Kœnig, les marrons d'Inde contiennent :

	Pelés.	Non pelés.
Eau	48,98	48,98
Matières azotées.	3,13	6;28
Matières grasses.	2,12	1,54
Matières extractives non azotées.	43,17	39,59
Cellulose	0,80	2,02
Cendres.	1,80	1,59

Les marrons n'ont pas encore été travaillés en distillerie, si ce n'est en petites quantités pour des essais. Il serait nécessaire, avant de produire la saccharification, de dépouiller les marrons de leur écorce brune. De plus, leur humidité étant considérable (49 %), il faudrait les dessécher pour les conserver. La présence de grandes quantités de tannin dans les marrons d'Inde rendrait difficile la saccharification par la diastase.

3. Bois. La cellulose contenue dans le bois est un hydrate de carbone, $C^6 H^{10} O^5$, de même composition que l'amidon : elle se transforme, par l'action des acides étendus, en dextrose. Arnould, Tribouillet et Melsens indiquaient déjà, en 1854, un procédé pour produire de l'alcool de bois. Le bois pulvérisé était traité par l'acide sulfurique, puis l'excès d'acide était saturé par un lait de chaux et le moût ainsi obtenu était mis en fermentation par l'addition de levure. Ce procédé fut abandonné à cause de la grande dépense d'acide et de charbon.

L'ébullition devait être très longue pour produire la transformation de la cellulose en dextrose. Payen recommande de traiter, au point de vue de l'alcool, les eaux résiduelles de la fabrication de la pâte de bois (papeterie).

En effet, dans les papeteries où l'on traite le bois par de l'acide muriatique, on sépare de la sorte, sur 100 parties de bois, 20 à 21 parties de sucre. La fermentation de cette dissolution de sucre est très facile ; il suffit de saturer l'excès d'acide avec de la chaux ou de la craie, puis de mettre en fermentation après addition de levure.

Le chlorure de calcium ne paraît pas être un obstacle à la fermentation.

4. LICHENS. On rencontre dans les lichens d'Islande (*Cetraria islandica*) un hydrate de carbone, la lichenine, qui se transforme par l'ébullition en présence des acides, en sucre fermentescible.

D'après Steenberg, les parois cellulaires se transformeraient également en sucre par l'action des acides et il a appelé la matière qui les constitue : Amylocellulose.

D'après Alex. Müller, la composition des lichens est la suivante :

Eau.....	9,5
Matières protéiques.....	2,6
Matières grasses.....	1,4
Cellulose.....	13,4
Amidon-cellulose.....	72,1
Cendres.....	1,0
	<hr/>
	100,0

Pour en retirer de l'alcool, il suffit de les faire bouillir avec une dissolution d'acide muriatique d'une densité égale à 1,165; il se transforme ainsi, 68 à 73 % du poids des lichens en sucre fermentescible. On sature alors l'excès d'acide par du carbonate de soude, si on veut employer les drèches pour la nourriture du bétail, ou par de la chaux dans le cas contraire. Les moûts doivent être très étendus, à cause de leur consistance gélatineuse. Ils ne doivent pas contenir plus de 5 % de sucre. La fermentation dure 4 jours et donne de bons résultats. 100 kilos de lichens donnent 25,06 litres alcool à 100°, soit, pour 100 de sucre, 37 litres alcool absolu puisqu'ils contiennent en moyenne 70 % de sucre.

On peut aussi extraire de l'alcool de la garance. Cet alcool a toujours une odeur très désagréable et ne peut être utilisé pour l'alimentation. On obtient de 100 kilos de garance 6 à 8 litres d'alcool absolu.

Les fruits de l'arbousier (*Arbutus Unedo*), en Italie, le jus des tiges de maïs, de la canne, du sorgho, les résidus de la fabrication de la fécule de pommes de terre, etc., etc., peuvent être employés pour la fabrication de l'alcool.

On a également pu produire l'alcool par la combinaison de l'éthylène et de l'eau. Pour cela, on traite d'abord l'éthylène par l'acide sulfurique; il se forme de l'acide sulfovinique qui se dédouble, en présence d'eau, en alcool et en acide sulfurique. Toutefois, ce procédé n'est pas entré dans le domaine de la pratique.

Les pommes de terre d'abord, puis les céréales, et enfin les betteraves, sont et resteront les principales matières premières pour la fabrication de l'alcool.

CHAPITRE III.

MÉTHODES D'ANALYSE DES MATIÈRES PREMIÈRES & DES PRODUITS DE LA FABRICATION DE L'ALCOOL.

Les méthodes d'analyse seront traitées d'une façon très complète dans cet ouvrage qui n'est pas seulement destiné aux praticiens, mais aussi aux chimistes. L'auteur a eu l'occasion de vérifier lui-même toutes les méthodes décrites et même d'en découvrir quelques nouvelles.

Ce chapitre sera traité à deux points de vue, car il doit indiquer :

- 1° Les méthodes d'analyses scientifiques et rigoureusement exactes;
- 2° Les méthodes pratiques qui, quoique n'étant pas rigoureusement exactes, sont cependant suffisantes pour les besoins de l'industrie et peuvent être exécutées par des mains peu expérimentées.

A. — DÉTERMINATION DE L'AMIDON ET DES SUCRES.

Les analyses d'amidon et de sucres (maltose et dextrose) sont les plus importantes pour la fabrication de l'alcool; nous exposerons donc d'une façon très complète les différentes méthodes employées.

L'amidon se dose toujours sous forme de dextrose, car il n'existe pas de procédé permettant de le doser à l'état d'amidon; la transformation en dextrose ne présente, d'ailleurs, aucune difficulté. Autrefois,

on l'obtenait au moyen d'acide sulfurique très étendu (1 à 2 %) qu'on faisait bouillir en présence de l'amidon jusqu'à ce que la transformation en dextrose fut complète.

Cette opération nécessitant une ébullition très longue, on eut ensuite l'idée de chauffer sous pression, dans des flacons bien bouchés, à des températures de 110° à 115° C.

En procédant ainsi, la transformation était complète en 3-4 heures.

Enfin, Sachsse remarqua que l'acide muriatique produisait la transformation beaucoup plus rapidement; il en résulta le procédé suivant :

3 gr. d'amidon, délayés dans 200 cent. cub. d'eau, sont maintenus en ébullition jusqu'à formation d'empois, puis introduits avec 20 cent. cub. d'acide muriatique du commerce dans un flacon fermé par un bouchon en caoutchouc traversé par un tube étroit, en verre, de 50 à 75 centimètres de longueur.

Ce tube en verre empêche l'évaporation de l'acide et de l'eau. Le flacon est chauffé au bain-marie d'eau bouillante pendant 3 heures, temps nécessaire à la transformation. Après refroidissement, on sature presque complètement l'acide par de l'alcali (caustique ou carbonaté), puis on étend à 500 cent. cub. Le liquide est alors employé pour la détermination du glucose.

Si l'on veut doser l'amidon dans les pommes de terre ou dans les grains, il est nécessaire d'apporter plus de précautions, car la teneur en amidon serait exagérée, par suite de la transformation en glucose d'une partie de la cellulose. Nous reparlerons de cela en traitant de l'analyse des pommes de terre et des grains.

Le dosage de la dextrose, soit qu'elle se trouve directement dans la matière à analyser, soit qu'elle provienne de la transformation de l'amidon par l'acide muriatique, se fait toujours par la réduction de la liqueur cuivrique (liqueur de Fehling). En effet, tous les sucres qui se présentent en distillerie : dextrose, lévulose, maltose, etc., possèdent la propriété de précipiter de cette liqueur du sous-oxyde rouge de cuivre dont le poids est proportionnel à celui du sucre employé.

Le pouvoir réducteur de la dextrose et de la lévulose est sensiblement le même; par contre, celui de la maltose est beaucoup plus faible.

Le sucre cristallisable ne réduit pas la liqueur cuivrique; il doit au préalable être interverti par les acides.

I. — Dosage de la dextrose par la liqueur de Fehling.

La liqueur de Fehling se compose d'une dissolution de sulfate de cuivre et de sel de Seignette (tartrate double de potasse et de soude), additionnée d'une lessive de soude ou de potasse (1).

Les dissolutions étendues de sucre interverti agissent sur cette liqueur en séparant le cuivre de sa dissolution sous forme de sous-oxyde rouge, et, lorsque tout le cuivre est précipité, la liqueur, de bleu foncé qu'elle était, devient incolore. Lorsqu'on ajoute un excès de sucre, la liqueur se colore en jaune, par suite de l'action des alcalis sur le sucre.

La détermination du sucre peut se faire soit par la pesée du cuivre, soit par l'emploi de liqueurs titrées.

L'auteur considère la méthode par pesée comme étant la plus exacte, quoiqu'il admette, cependant, qu'avec une certaine pratique on puisse bien opérer avec les liqueurs titrées. Nous exposerons les 2 méthodes :

Méthode par pesée. — Cette méthode a subi de grandes modifications depuis que Soxhlet a remarqué que le pouvoir réducteur des dissolutions de sucre n'était pas constant (précédemment on admettait que 100 parties de dextrose réduisaient 220,5 parties d'oxyde de cuivre) et variait suivant la concentration de la solution sucrée. De petites quantités de sucre précipitent, d'une même quantité de liqueur cuivrique, plus d'oxyde de cuivre, proportionnellement, que

(1) Nous donnons ci-dessous la composition de la liqueur de cuivre préparée par M. Viollette, doyen de la Faculté des Sciences de Lille, liqueur qui se conserve très bien sans qu'il se forme le moindre dépôt de cuivre, surtout si on prend le soin de la tenir à l'abri de la lumière.

Pour préparer un litre de la liqueur de Viollette, on prend : d'une part, 36,46 gr. de sulfate de cuivre pur et cristallisé qu'on dissout dans 140 cent. cub. d'eau distillée, et, d'autre part, 200 gr. de sel de Seignette qu'on dissout dans 400 cent. cub. d'une lessive de soude à 20°-22° Baumé dans laquelle on a mis 5 à 6 gr. de sel ammoniac qui empêche la réduction.

On mélange ces 2 solutions et on complète le volume de un litre. 10 cent. cub. de cette liqueur correspondent à 0 gr. 05 de sucre cristallisable pur. (Note des traducteurs).

de grandes quantités, de sorte que le facteur 220,5 n'est pas applicable à tous les cas. Soxhlet a, par suite, complètement abandonné la méthode par pesée et n'opère que sur des liqueurs titrées. Néanmoins, l'auteur, avec la collaboration de Behrend et Morgen, (*Chem. Centralblatt* 1878, page 584) a démontré que la méthode par pesée était rigoureusement exacte, à condition d'opérer sur des liqueurs de même concentration et de tenir compte des différences de pouvoir réducteur qui résultent des différences de concentration des solutions de sucre.

De nombreux essais, faits dans ces conditions, ont donné des résultats rigoureusement exacts. Mais, nous le répétons, il est nécessaire de suivre avec soin les indications données ci-dessous pour arriver à de bons résultats.

On prépare d'abord la liqueur de Fehling en dissolvant 35 gr. de sulfate de cuivre pur dans un litre d'eau distillée, et, d'autre part, 125 gr. d'hydrate de potasse avec 175 gr. de sel de Seignette dans un second litre d'eau distillée. On conserve ces 2 dissolutions dans des flacons bien bouchés.

Pour faire une détermination de sucre, on prend 25 cent. cub. de chaque dissolution, sulfate de cuivre et sel de Seignette, et on les introduit dans un vase à précipitation chaude pouvant contenir largement 100 cent. cub.; on y ajoute alors 50 cent. cub. de la solution sucrée, ou seulement 25 cent. cub. avec 25 cent. cub. d'eau, si la solution est concentrée, de manière à avoir toujours un volume de 100 cent. cub. On maintient enfin le vase pendant 20 minutes dans l'eau bouillante, puis on filtre et on lave le précipité à l'eau chaude.

La filtration et le lavage doivent se faire très rapidement, car le précipité se redissoudrait en partie dans la solution alcaline froide.

Il faut aussi choisir du papier à filtrer de très bonne qualité, afin que tout le précipité soit bien retenu sur le filtre. Si on remarque au fond du vase une couronne rouge de cuivre, il faut naturellement recommencer l'opération.

Le précipité de sous-oxyde ne peut être pesé dans cet état, car, pendant la dessication, il s'oxyderait en partie et le résultat serait faussé.

Autrefois, on calcinait le précipité puis on le transformait en pro-

toxyde de cuivre en l'humectant avec quelques gouttes d'acide nitrique et en le calcinant à nouveau.

Mais, en opérant de cette façon, il était excessivement difficile d'obtenir des résultats satisfaisants, parce que l'azotate de cuivre se volatilise facilement.

Il est préférable de réduire le sous-oxyde de cuivre et de peser le cuivre à l'état métallique.

Pour cela, Soxhlet recommande de filtrer la liqueur cuivrique réduite, dans un petit tube en verre muni d'un tampon d'amiante, et d'opérer la réduction de l'oxyde en faisant passer un courant d'hydrogène dans ce tube, chauffé au rouge sombre.

L'auteur préfère calciner le précipité obtenu sur un filtre ordinaire, dans une capsule en platine, et réduire ensuite au rouge sombre par un courant d'hydrogène; après refroidissement dans l'hydrogène, il pèse le cuivre en même temps que la capsule dont il fait la tare.

Il faut déduire, du poids du cuivre ainsi trouvé, la petite quantité retenue par le filtre. Pour la déterminer, on filtre, sur un papier de même dimension que celui que l'on a employé pour l'essai, une dissolution de liqueur cuivrique dans l'eau, renfermant environ la même quantité de cuivre que le liquide dans lequel s'est fait la réduction; on lave, on calcine, on réduit et on pèse le cuivre retenu. Ordinairement, pour un filtre de 5^{cm} de rayon, il y a 1 à 1,5^{mg} de cuivre retenu. Il faut aussi, évidemment, déterminer les cendres provenant du filtre et les retrancher du poids de cuivre trouvé.

Il reste maintenant à calculer, connaissant le poids de cuivre réduit, la quantité de sucre contenu dans la dissolution essayée.

Voici, d'après Maercker, Behrend et Morgen, les quantités de sucre correspondant aux quantités de cuivre :

Cuivre réduit (milligrammes).	Dextrose (milligrammes).	Cuivre réduit (milligrammes).	Dextrose (milligrammes)
196	correspondent à 111,1	152,5	correspondent à 80
194,7	110,0	144,4	75
188,5	105	135,8	70
182	100	127,0	65
175,1	95	117,8	60
167,9	90	108,2	55
160,4	85	98,3	50

Nous répétons que ces chiffres ne sont exacts que si l'on a suivi bien soigneusement toutes les prescriptions détaillées ci-dessus.

Au moyen de cette table, connaissant le poids de cuivre, on trouve immédiatement le poids de dextrose correspondant. (Dans les chiffres ci-dessus, le poids du cuivre retenu par le filtre est compris).

Un simple calcul de proportions donnerait la quantité de dextrose correspondant à un poids de cuivre non indiqué par ce tableau. Il serait d'ailleurs préférable de construire, sur un papier divisé, une courbe dont les abscisses représenteraient les poids de cuivre, 1 milligr. correspondant à 1 millimètre, et les ordonnées les quantités de sucre correspondantes.

Il ne faut pas perdre de vue, en employant les chiffres ci-dessus, qu'ils représentent le poids de dextrose et que, pour avoir l'amidon, il faut les réduire dans la proportion de 100 à 90.

Les résultats que l'on obtient par cette méthode sont très exacts; de plus, l'opération est rapide et indépendante de la lumière. Le procédé par les liqueurs titrées donne, au contraire, des résultats inexacts lorsque l'on opère sur des solutions colorées.

Allihn a également établi des tables donnant la proportion de sucre réduit pour une quantité donnée de cuivre; ses tables sont plus commodes que celles de l'auteur et nous les reproduisons ci-dessous. D'ailleurs, nous recommandons d'une manière générale le procédé et les tables d'Allihn qui conduisent à des résultats concordants.

Voici en quoi consiste le procédé Allihn :

On dissout, d'une part, 34,6 gr. de sulfate de cuivre pur et cristallisé dans 500 cent. cub. d'eau, et, d'autre part, 173 gr. de sel de Seignette et 125 gr. d'hydrate de potasse, également dans 500 cent. cub. Les deux dissolutions sont conservées séparément. Pour faire une analyse, on prend 30 cent. cub. de la dissolution cuivrique et 30 cent. cub. de la dissolution de sel de Seignette dans un vase pouvant contenir 300 cent. cub. On ajoute 60 cent. cub. d'eau et on porte à l'ébullition. On verse alors 25 cent. cub. de la dissolution de dextrose, qui ne doit pas en renfermer plus de 1 %; on fait bouillir, on filtre et on lave le précipité jusqu'à ce que les eaux de lavage ne présentent plus de réaction alcaline. Pour la filtration, on

peut employer le tube à amiante de Soxhlet, dans lequel on fait passer, après lavage à l'eau chaude, de l'alcool, puis de l'éther, afin d'activer la dessiccation, et dans lequel on opère la réduction par l'hydrogène. On peut aussi employer le papier à filtrer et la capsule de platine recommandés par Maercker, la réduction se faisant également par un courant d'hydrogène dans la capsule recouverte d'un couvercle Rose.

En employant ce dernier procédé, il faut, comme nous l'avons dit, tenir compte des cendres du filtre et de la petite quantité de cuivre retenu par celui-ci.

Les poids de cuivre obtenus de cette façon correspondent aux proportions de dextrose indiquées par le tableau ci-dessous :

Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.
10	6,1	44	22,9	78	39,8	112	57,0
11	6,6	45	23,4	79	40,3	113	57,5
12	7,1	46	23,9	80	40,8	114	58,0
13	7,6	47	24,4	81	41,3	115	58,6
14	8,1	48	24,9	82	41,8	116	59,1
15	8,6	49	25,4	83	42,3	117	59,6
16	9,0	50	25,9	84	42,8	118	60,1
17	9,5	51	26,4	85	43,4	119	60,6
18	10,0	52	26,9	86	43,9	120	61,1
19	10,5	53	27,4	87	44,4	121	61,6
20	11,0	54	27,9	88	44,9	122	62,1
21	11,5	55	28,4	89	45,4	123	62,6
22	12,0	56	28,8	90	45,9	124	63,1
23	12,5	57	29,3	91	46,4	125	63,7
24	13,0	58	29,8	92	46,9	126	64,2
25	13,5	59	30,3	93	47,4	127	64,7
26	14,0	60	30,8	94	47,9	128	65,2
27	14,5	61	31,3	95	48,4	129	65,7
28	15,0	62	31,8	96	48,9	130	66,2
29	15,5	63	32,3	97	49,4	131	66,7
30	16,0	64	32,8	98	49,9	132	67,2
31	16,5	65	33,3	99	50,4	133	67,7
32	17,0	66	33,8	100	50,9	134	68,2
33	17,5	67	34,3	101	51,4	135	68,8
34	18,0	68	34,8	102	51,9	136	69,3
35	18,5	69	35,3	103	52,4	137	69,8
36	18,9	70	35,8	104	52,9	138	70,3
37	19,4	71	36,3	105	53,5	139	70,8
38	19,9	72	36,8	106	54,0	140	71,3
39	20,4	73	37,3	107	54,5	141	71,8
40	20,9	74	37,8	108	55,0	142	72,3
41	21,4	75	38,3	109	55,5	143	72,9
42	21,9	76	38,8	110	56,0	144	73,4
43	22,4	77	39,3	111	56,5	145	73,9

Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.
146	74,4	201	103,1	256	132,4	311	162,6
147	74,9	202	103,7	257	133,0	312	163,1
148	75,5	203	104,2	258	133,5	313	163,7
149	76,0	204	104,7	259	134,1	314	164,2
150	76,5	205	105,3	260	134,6	315	164,8
151	77,0	206	105,8	261	135,1	316	165,3
152	77,5	207	106,3	262	135,7	317	165,9
153	78,1	208	106,8	263	136,2	318	166,4
154	78,6	209	107,4	264	136,8	319	167,0
155	79,1	210	107,9	265	137,3	320	167,5
156	79,6	211	108,4	266	137,8	321	168,1
157	80,1	212	109,0	267	138,4	322	168,6
158	80,7	213	109,5	268	138,9	323	169,1
159	81,2	214	110,0	269	139,5	324	169,7
160	81,7	215	110,6	270	140,0	325	170,3
161	82,2	216	111,1	271	140,6	326	170,9
162	82,7	217	111,6	272	141,1	327	171,4
163	83,3	218	112,1	273	141,7	328	172,0
164	83,8	219	112,7	274	142,2	329	172,5
165	84,3	220	113,2	275	142,8	330	173,1
166	84,8	221	113,7	276	143,3	331	173,7
167	85,3	222	114,3	277	143,9	332	174,2
168	85,9	223	114,8	278	144,4	333	174,8
169	86,4	224	115,3	279	145,0	334	175,3
170	86,9	225	115,9	280	145,5	335	175,9
171	87,4	226	116,4	281	146,1	336	176,5
172	87,9	227	116,9	282	146,6	337	177,0
173	88,5	228	117,4	283	147,2	338	177,6
174	89,0	229	118,0	284	147,7	339	178,1
175	89,5	230	118,5	285	148,3	340	178,7
176	90,0	231	119,0	286	148,8	341	179,3
177	90,5	232	119,6	287	149,4	342	179,8
178	91,1	233	120,1	288	149,9	343	180,4
179	91,6	234	120,7	289	150,5	344	180,9
180	92,1	235	121,2	290	151,0	345	181,5
181	92,6	236	121,7	291	151,6	346	182,1
182	93,1	237	122,3	292	152,1	347	182,6
183	93,7	238	122,8	293	152,7	348	183,2
184	94,2	239	123,4	294	153,2	349	183,7
185	94,7	240	123,9	295	153,8	350	184,3
186	95,2	241	124,4	296	154,3	351	184,9
187	95,7	242	125,0	297	154,9	352	185,4
188	96,3	243	125,5	298	155,4	353	186,0
189	96,8	244	126,0	299	156,0	354	186,6
190	97,3	245	126,6	300	156,5	355	187,2
191	97,8	246	127,1	301	157,1	356	187,7
192	98,4	247	127,6	302	157,6	357	188,3
193	98,9	248	128,1	303	158,2	358	188,9
194	99,4	249	128,7	304	158,7	359	189,4
195	100,0	250	129,2	305	159,3	360	190,0
196	100,5	251	129,7	306	159,8	361	190,6
197	101,0	252	130,3	307	160,4	362	191,1
198	101,5	253	130,8	308	160,9	363	191,7
199	102,0	254	131,4	309	161,5	364	192,3
200	102,6	255	131,9	310	162,0	365	192,9

Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.	Cuivre réduit mg.	Dextrose mg.
366	193,4	391	207,7	416	222,2	440	236,3
367	194,0	392	208,3	417	222,8	441	236,9
368	194,6	393	208,8	418	223,3	442	237,5
369	195,1	394	209,4	419	223,9	443	238,1
370	195,7	395	210,0	420	224,5	444	238,7
371	196,3	396	210,6	421	225,1	445	239,3
372	196,8	397	211,2	422	225,7	446	239,8
373	197,4	398	211,7	423	226,3	447	240,4
374	198,0	399	212,3	424	226,9	448	241,0
375	198,6	400	212,9	425	227,5	449	241,6
376	199,1	401	213,5	426	228,0	450	242,2
377	199,7	402	214,1	427	228,6	451	242,8
378	200,3	403	214,6	428	229,2	452	243,4
379	200,8	404	215,2	429	229,8	453	244,0
380	201,4	405	215,8	430	230,4	454	244,6
381	202,0	406	216,4	431	231,0	455	245,2
382	202,5	407	217,0	432	231,6	456	245,7
383	203,1	408	217,5	433	232,2	457	246,3
384	203,7	409	218,1	434	232,8	458	246,9
385	204,3	410	218,7	435	233,4	459	247,5
386	204,8	411	219,3	436	233,9	460	248,1
387	205,4	412	219,9	437	234,5	461	248,7
388	206,0	413	220,4	438	235,1	462	249,3
389	206,5	414	221,0	439	235,7	463	249,9
390	207,1	415	221,6				

D'après Degener, on obtient une liqueur cuivrique possédant un pouvoir réducteur constant, même avec des quantités de sucre très variables, en dissolvant 80,2 g. de tartrate de cuivre dans 400 cent. cub. d'une dissolution de soude renfermant 16 g. d'hydrate de soude, et en étendant à 500 cent. cub.; 1 molécule de dextrose réduirait, dans ces conditions, 6 molécules de sous-oxyde de cuivre.

Cependant, ce procédé a été vivement critiqué, et, pour le moment, il est préférable de s'en tenir aux procédés d'Allihn ou de Maercker.

Détermination de la dextrose par la liqueur de Fehling, au moyen de liqueurs titrées, d'après le procédé Soxhlet.

Voici, d'après Soxhlet, la marche à suivre :

On porte à l'ébullition, dans une capsule en porcelaine, 25 cent. cub. de la dissolution de sulfate de cuivre — (34,639 gr. dans 500 cent. cub.) — et 25 cent. cub. de la dissolution de sel de

Seignette — (173 gr. sel de Seignette dans 400 cent. cub. d'eau additionnés de 100 cent. cub. de lessive de soude renfermant 500 grammes d'hydrate de soude par litre); — puis on verse lentement la dissolution sucrée jusqu'à ce que la teinte bleue disparaisse.

Ce premier essai donne, avec une approximation d'environ 10 %, la teneur en sucre du liquide. On étend alors la dissolution sucrée jusqu'à ce qu'elle contienne approximativement 1 % de sucre. La richesse réelle du liquide étant ainsi de 0,9 à 1,1 %, de si petites différences n'ont aucune influence sur les résultats.

On porte alors à l'ébullition 50 cent. cub. de la liqueur de Fehling avec la quantité approximative de la dissolution de sucre nécessaire pour produire une précipitation complète, c'est-à-dire avec 23 cent. cub. environ, et on maintient plus ou moins longtemps en ébullition, suivant la nature du sucre (dextrose, sucre interverti et lactose, 2 minutes; maltose, 4 minutes; galactose, 6 minutes). On verse alors le tout sur un filtre plissé suffisamment grand; si le liquide filtré est vert, il est inutile de rechercher s'il reste du cuivre; s'il est jaune, il faut faire cette recherche. Pour cela, on acidifie le liquide filtré par de l'acide acétique dès qu'on en a recueilli environ $\frac{1}{3}$, et on recherche le cuivre par le prussiate jaune de potasse. Si ce réactif donne une teinte brun-marron, c'est que le liquide renferme une quantité assez notable de cuivre; une teinte rose indique des traces de cuivre, et l'absence de toute coloration est une garantie de la précipitation par le sucre de tout le cuivre précédemment dissous.

Si on a reconnu dans le liquide filtré la présence du cuivre, on recommence l'essai en mettant un peu plus de la dissolution sucrée, et, lorsqu'on a acquis un peu d'habitude, la teinte produite par le prussiate de potasse donne des indications très utiles à ce sujet. Au contraire, si, lors du premier essai, le liquide filtré ne contenait plus de cuivre, on recommence en mettant 1 cent. cub. de la dissolution sucrée en moins, et ainsi de suite.

Pour des analyses sérieuses, on renouvelle les essais jusqu'à ce que deux opérations successives, pour lesquelles on a employé une différence de 0,1 cent. cub. de liqueur sucrée seulement, donnent l'une une liqueur filtrée renfermant du cuivre et l'autre une liqueur filtrée ne contenant plus trace de cuivre.

On prend alors la moyenne de ces deux essais. Soxhlet ne recommence l'opération que 5 à 6 fois, tout au plus, avant de tomber juste.

Voici un exemple pratique donné par ce chimiste : On a pris 10 gr. de sucre d'amidon du commerce dissous dans 250 cent. cub. d'eau; pour réduire 50 cent. cub. de liqueur de Fehling, il a fallu 8 cent. cub. de cette dissolution. Or, pour réduire 50 cent. cub. de liqueur de Fehling, avec une dissolution de glucose à 1 %, il faudrait 23,75 cent. cub., soit en chiffres ronds 24 cent. cub.; il faut donc ajouter, à 100 cent. cub. de la dissolution de sucre d'amidon à analyser, la quantité d'eau x donnée par la proportion

$$\frac{x}{100} = \frac{24 - 8}{8}$$

$$x = 200 \text{ cent. cub.}$$

On prendra donc 100 cent. cub. de la dissolution de sucre à essayer auxquels on ajoutera 200 cent. cub. d'eau, et on fera agir cette nouvelle dissolution, contenant environ 1 % de sucre, sur 50 cent. cub. de liqueur de Fehling.

Il a fallu employer, pour 50 cent. cub. de liqueur cuivrique, les quantités suivantes de cette dissolution :

23,0 cc.	liquide filtré	bleu-vert.
24,0 »	»	verdâtre.
25,0 »	»	jaune, plus de cuivre.
24,5 »	»	» teinte brun-marron avec le prussiate.
24,7 »	»	» teinte rouge clair.
24,8 »	»	» pas de cuivre.
Moyenne 24.75 cent. cub.		

Puisque pour réduire 50 cent. cub. de liqueur Fehling, il faut 23,75 cent. cub. d'une dissolution de glucose renfermant 1 gr. par 100 cent. cub., on conclut que les 24,75 cent. cub. de la solution essayée contiennent 0,2375 gr. de glucose, et que, par suite, les 300 centimètres cubes préparés doivent contenir :

$$\frac{0,2375 \text{ gr.}}{24,75} \times 300 = 2,878 \text{ grammes de glucose.}$$

~~Or, ces 300 cent. cub. ne représentent que 100 cent. cub. de la solution initiale de 10 gr. de sucre d'amidon dans 250 cent. cub.; donc nous avons, pour les 10 grammes essayés :~~

$$\frac{2,878 \text{ gr.}}{100} \times 250 = 7,19 \text{ gr.}$$

~~Soit une richesse de 71,90 %~~

Comme on connaît, en général, la teneur approximative du produit à analyser, on peut se dispenser de préparer au hasard une première solution, et, presque toujours, on peut obtenir sans tâtonnements une liqueur contenant environ 1 % de sucre.

Une approximation de 1/4 % est d'ailleurs suffisante.

Dans les liqueurs colorées, il est difficile d'évaluer la teneur en cuivre au moyen de la coloration que donne le prussiate de potasse ; l'acide sulfhydrique ne peut pas non plus être employé.

Soxhlet recommande, dans ce cas, de procéder comme suit : on chauffe le liquide filtré, dans un vase à précipitation, avec quelques gouttes de la solution de sucre, pendant une minute; puis on laisse reposer 3 à 4 minutes. On jette alors le liquide et on frotte le fond du vase avec un peu de papier à filtrer fixé au bout d'une baguette de verre. Si la réduction n'est pas complète, on remarque le précipité rouge de sous-oxyde de cuivre sur le papier, et, si la liqueur filtrée renferme beaucoup de cuivre non réduit, ce précipité se reconnaît même très bien au fond du vase et sur les parois. Soxhlet a pu ainsi faire des dosages de sucre dans des liqueurs excessivement colorées.

Pour la préparation de la liqueur cuivrique, il suffit, d'après Soxhlet, de prendre du vitriol bleu du commerce et de le faire cristalliser d'une dissolution chaude et saturée. On conserve les cristaux entre deux feuilles de papier à filtrer, dans un endroit bien sec, pendant 24 heures; le sulfate de cuivre contient alors la quantité d'eau voulue et est prêt à être employé. Il est naturellement nécessaire de titrer, avec de la dextrose pure, la liqueur cuivrique ainsi préparée.

2. — *Détermination de la maltose par la liqueur de Fehling.*

La maltose ne se comporte pas, en présence de la liqueur cuivrique, de la même façon que les autres sucres. La maltose précipite, en effet, des liqueurs cuivrriques concentrées, des quantités d'oxyde de cuivre indépendantes de la quantité de liqueur Fehling employée. Ceci n'est vrai que pour les liqueurs cuivrriques contentrées.

Soxhlet obtint, pour 0,5 gr. de maltose, les quantités suivantes de cuivre :

			Pour 100 de maltose	pour un équivalent
Avec 70 cc. de liqueur de Fehling concentrée	0,5654	cuivre	113,08	6,09
» 128	»	»	0,5643	» 112,86
« 192	»	»	0,5649	» 112,98

Avec des liqueurs étendues, le pouvoir réducteur augmente. Ce fait est précieux pour l'essai de la maltose d'après le procédé par pesée. En effet, on n'a à considérer qu'un seul pouvoir réducteur, à condition d'employer la liqueur cuivrique en excès, non étendue, et d'opérer la réduction avec une liqueur contenant environ 1 % de maltose.

100 Parties de maltose sèche réduisent, d'après Soxhlet, 113 parties de cuivre métallique.

On ne peut se servir des tables d'Allihn, ou de Maercker, pour déterminer la teneur en maltose d'une liqueur, en admettant que son pouvoir réducteur égale 66-67 % de celui de la dextrose ; le résultat ne serait pas suffisamment exact. En faisant l'essai d'une dissolution de maltose, il est nécessaire de se rappeler qu'elle décompose lentement la liqueur de Fehling ; il faut au moins, d'après Soxhlet, 4 minutes d'une vive ébullition si l'on veut obtenir de bons résultats.

Il y a aussi une autre difficulté, lorsqu'on veut doser la maltose en présence de dextrine, et c'est presque toujours le cas dans les moûts sucrés. On sait, en effet, qu'un mélange de dextrose et de lévulose n'a pas le même pouvoir réducteur que la somme des pouvoirs réducteurs des deux corps pris séparément, et il est probable que le pouvoir réducteur de la maltose, en présence de dextrine, subit une modification analogue.

3. — *Détermination du sucre interverti par la liqueur de Fehling.*

Meissl a déterminé expérimentalement le pouvoir réducteur du sucre interverti (mélange de parties égales de dextrose et de lévulose) ; nous venons de voir, en effet, qu'il n'égale pas la somme des pouvoirs réducteurs des deux corps pris isolément.

Voici quels ont été ses résultats :

milligrammes de sucre interverti:	milligrammes de cuivre réduit:	un équivalent de sucre interverti réduit en équivalents de cuivre:
428,2	436,1	9,9
400,1	402,9	10,1
360,3	371,1	10,2
318,9	327,8	10,3
276,8	284,0	10,5
233,2	238,2	10,6
188,9	192,7	10,7
142,9	146,0	10,8
96,0	98,0	10,9

B. — DÉTERMINATION DE L'AMIDON DANS LES
POMMES DE TERRE PAR LES PROCÉDÉS CHIMIQUES.

On se contentait autrefois, pour doser l'amidon des grains, ou des pommes de terre préalablement desséchées, de transformer, par l'action des acides étendus, sous pression, l'amidon en sucre, et de doser ce dernier d'après l'un des procédés que nous venons de décrire.

On a maintenant reconnu qu'en opérant ainsi les résultats étaient exagérés, par suite de la transformation en sucre d'une partie de la cellulose.

Dans l'édition précédente de ce livre, l'auteur avait déjà dit que ce procédé, employé pour les pommes de terre desséchées, donnait des résultats supérieurs de $1\frac{1}{2}\%$ environ à la teneur réelle en amidon.

Scheibner (*Zeitschrift für Spiritusindustrie*, 1880, page 74) a aussi fait remarquer qu'en opérant comme ci-dessus, pour les grains et les moûts, les résultats ne pouvaient être rigoureusement exacts.

Delbruck, qui a étudié cette question à fond, a reconnu qu'en

saccharifiant des grains finement broyés, on obtenait des teneurs en amidon beaucoup trop élevées, et notamment :

Pour les seigles.....	7,65	%	en trop.
» les maïs.....	4,50	»	»
» le son.....	18,80	»	»

D'après les conseils de l'auteur, on a adopté le procédé suivant : Les grains, finement pulvérisés, sont traités par un extrait de malt qui dissout l'amidon seul ; puis le liquide filtré est saccharifié par les acides, et on déduit du sucre total celui que contenait le malt employé. Ce procédé est cependant sujet à des erreurs, et, comme tous ceux qui donnent des résultats par différence, il est trop délicat. Aussi Stumpf et Delbruck l'ont remplacé par le suivant : La matière à essayer est chauffée, dans des flacons bouchés, avec de l'eau (3 gr. dans 50 c.c.). Pour rendre tout l'amidon soluble, on chauffe à 130°-135° C; puis, après refroidissement à 80° C., on filtre rapidement au moyen d'un tube muni d'un tampon d'amiante et on lave à l'eau chaude. On saccharifie ensuite l'empois d'amidon en ajoutant 20 c.c. d'acide muriatique et en chauffant au bain-marie pendant 3 heures.

D'après Francke, ce procédé donne aussi des erreurs, car, si l'amidon résiste bien à la température de 130° C. sans se modifier, il n'en est pas de même de la maltose et de la dextrose qui peuvent se trouver dans la matière à essayer. Il est préférable de produire la dissolution de l'amidon à des températures plus basses, en présence d'acides faibles et très étendus, par exemple l'acide lactique, d'après Francke, ou l'acide tartrique, d'après Siewert. Dans tous les cas, le liquide ne doit pas contenir plus de 0,5 % d'acide. Voici quelle est la marche de l'opération :

Un poids exact de pommes de terre fraîches, poids qui ne doit pas être inférieur à 1 kg., est découpé en fines tranches et desséché dans une étuve à la température de 60° à 80° C.

Les tranches doivent conserver un aspect blanc. A la fin de la dessiccation, il s'en détache souvent de petits morceaux qu'on recueille sur une feuille de papier blanc. Les tranches étant sèches, on leur laisse absorber l'eau hygroscopique, puis on les pèse et on les broie dans un moulin à cylindres d'acier, et on conserve

la poudre dans un flacon bien bouché jusqu'au moment où on en fera l'analyse.

On détermine alors l'eau hygroscopique par dessiccation à 100° dans un courant d'hydrogène, puis, si cela est nécessaire, on broie à nouveau et on passe la farine à travers un tamis très serré.

Il est indispensable d'avoir une poudre très fine, pour obtenir la totalité de l'amidon; ainsi Francke trouva 3 % d'amidon en plus dans du maïs très finement pulvérisé que dans le même maïs plus grossièrement moulu.

Pour obtenir un broyage convenable, l'auteur se sert d'un appareil construit, d'après ses indications, par Dreefs de Halle s. Saale.

L'appareil se compose d'un godet métallique A dont la plaque de fond est cannelée et faite en fonte très dure ou en acier. Un galet excentré B se meut dans le godet et tourne en sens inverse du

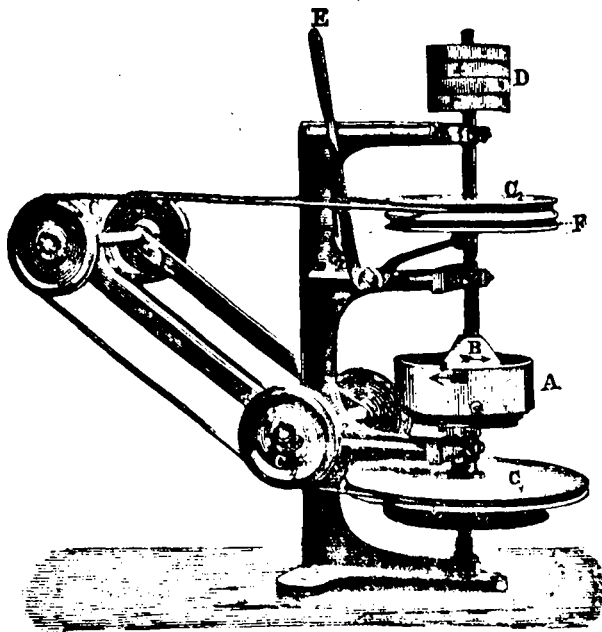


Fig. 8.

mouvement de rotation de celui-ci. Au moyen de poids en plomb D, on charge plus ou moins l'arbre sur lequel est fixé le galet, et on

peut, par suite, suivant la nature de la matière à pulvériser, produire un effort plus ou moins grand. Le godet A est recouvert d'un couvercle que la figure n'indique pas et qui empêche la dispersion de la farine.

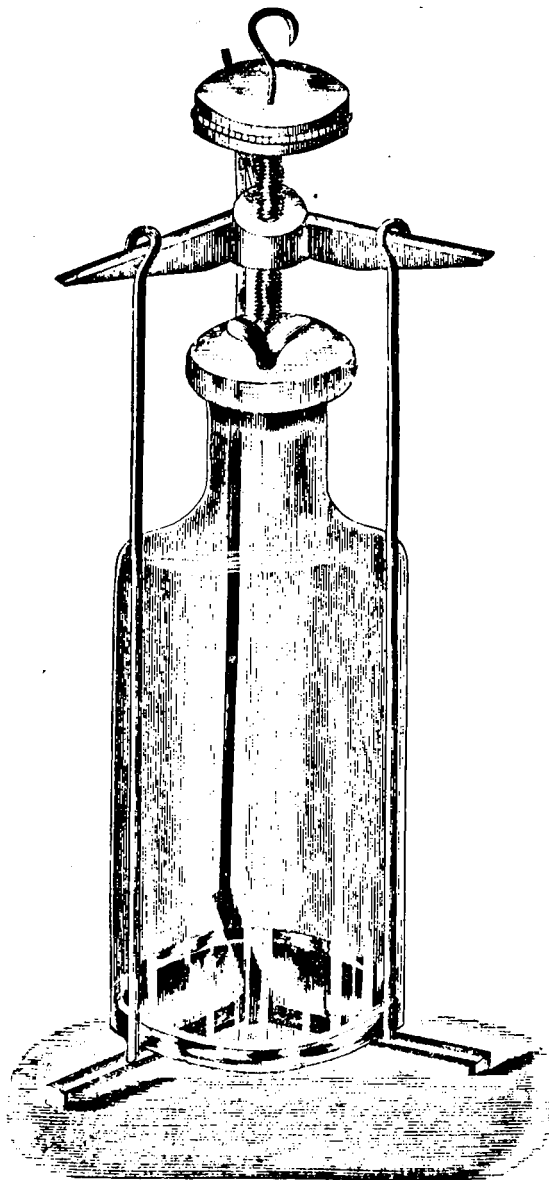


Fig. 9.

La rotation, en sens contraire, du godet A et du galet excentré B, est obtenue au moyen du système de poulies C₃ et C₄, et le tout est mis en mouvement par un moteur à vapeur, à eau ou à gaz.

Les résultats d'analyse concordent parfaitement lorsqu'on opère sur des matières pulvérisées avec soin.

La matière pulvérisée est traitée, sous pression dans des flacons Lintner, représentés par la fig. 9. Le flacon est en verre résistant, et la partie supérieure est rodée. La fermeture se fait au moyen d'une feuille de caoutchouc et d'une plaque de verre également rodée.

On introduit dans le flacon 3 gr. de pommes de terre

séchées à l'air, puis 50 c.c. d'eau et la quantité d'acide tartrique ou lactique nécessaire pour que le liquide en contienne 0,25 %. On place alors le flacon dans une cage en fil de fer, et on serre la plaque de verre sur le goulot au moyen d'une vis exerçant sa pression par l'intermédiaire d'une rondelle en zinc. Si on a plusieurs essais à faire, on prépare les divers flacons et on les place ensemble dans un bain de paraffine à la température de 112 à 115° C. Au bout de 3 à 4 heures, on retire les flacons et on les laisse refroidir jusqu'à 90° C. environ.

Lorsque cette température est atteinte, on les ouvre, on filtre la dissolution d'amidon, et on lave le dépôt à l'eau bouillante; il ne contient plus alors aucune trace d'amidon. La filtration se fait très bien en se servant d'un petit tube muni d'un tampon d'amiante et en filtrant dans le vide produit par une trompe. Le liquide filtré est introduit dans un flacon, et étendu à 200 c.c. On y ajoute 20 c.c. d'acide muriatique du commerce et on chauffe, au bain-marie d'eau bouillante, pendant 3 heures. On sature, après refroidissement, la presque totalité de l'acide par l'addition d'un poids connu de potasse ou de soude en dissolution, en ayant soin de n'en pas mettre un excès, car l'addition ultérieure d'acétate de plomb précipiterait du saccharate de plomb et le résultat serait erroné par défaut. Il faut donc laisser un léger excès d'acide libre. On ajoute, après la saturation de l'acide, 10 c.c. d'acétate de plomb, et on étend le tout à 500 c.c. On filtre et on verse, dans 200 c.c. de la liqueur filtrée, 50 c.c. d'eau contenant 1 % d'acide sulfurique, pour précipiter l'excès de plomb. Cette opération ne doit pas être omise, car les résultats obtenus par la réduction de la liqueur cuivrique seraient trop élevés. La liqueur traitée par l'acide sulfurique, puis filtrée, est enfin prête à agir sur la liqueur cuivrique; on en emploie 25 c.c., et, connaissant le poids de cuivre réduit, on déduit des tables précédentes la quantité de dextrose correspondante. Il faut réduire ce résultat dans le rapport de 100 à 90 pour avoir l'amidon. Il est utile de remarquer que les résultats ainsi obtenus représentent, outre l'amidon, la dextrine et le sucre contenus dans la matière essayée.

Soxhlet emploie, pour les dosages d'amidon, un appareil spécial supprimant le bain de paraffine, désagréable à cause de son odeur. Cet appareil est représenté par la figure 10.

Il se compose d'une chaudière en cuivre fort A, divisée en deux étages par des cloisons horizontales sur lesquelles on pose les flacons contenant l'eau et la matière à essayer. Les flacons ne sont

pas bouchés. La chaudière peut être fermée hermétiquement par un couvercle B. On met un peu d'eau dans le fond de la chaudière, puis, après avoir introduit les flacons, on la ferme au moyen du couvercle B. On chauffe alors l'eau et on maintient la température nécessaire à la dissolution de l'amidon. La température est indiquée par un manomètre C.

D est une soupape de sûreté, qui se soulève lorsque la pression, et par suite la température, dépasse celle que l'on veut avoir.

Cet appareil est très commode lorsqu'on a un grand nombre d'essais à faire ; de plus, il est très propre.

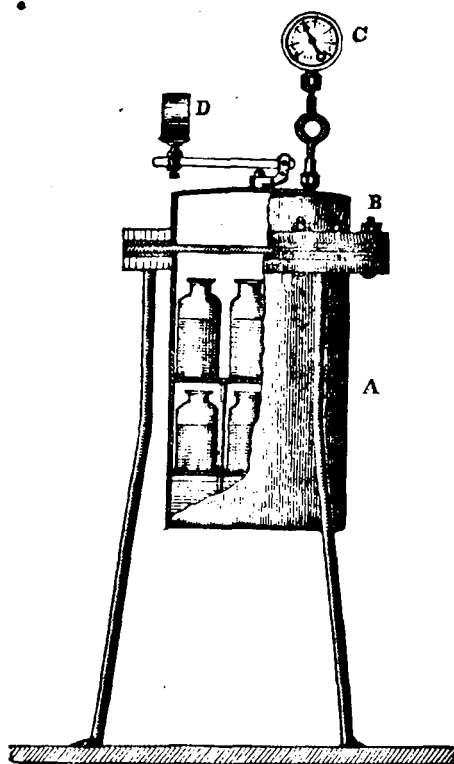


Fig. 10.

C. — DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN AMIDON DES POMMES DE TERRE D'APRÈS LE POIDS SPÉCIFIQUE.

Cette méthode de détermination de la valeur des pommes de terre est excessivement répandue ; l'agriculteur l'emploie pour apprécier leur valeur nutritive, le fabricant de fécule pour savoir quel sera leur rendement en fécule, enfin le distillateur pour se rendre

compte du rendement en alcool, et aussi pour connaître la quantité de pommes de terre à employer, par hectolitre de moût, pour avoir un vin d'une richesse donnée. Cette méthode est très simple et serait certainement la meilleure si elle donnait des résultats exacts. Mais il n'en est pas toujours ainsi, et, bien souvent, les fabricants de fécule et d'alcool n'ont pas obtenu, pendant le cours de leur fabrication, les rendements sur lesquels ils comptaient, d'après la teneur en amidon indiquée par le poids spécifique des pommes de terre.

D'ailleurs, les recherches scientifiques ont donné des résultats différents, et les tables dressées par divers chimistes varient entre elles. On trouve des détails très complets sur cette méthode dans le rapport de la station de recherches de Halle, « *landw. Jahrbücher* 1877, complément, sous le titre : *Holdefleiss, de la détermination de la valeur des pommes de terre.* »

Il est bien naturel, cependant, de chercher un rapport entre le poids spécifique et la teneur en amidon d'une pomme de terre. Si, par exemple, on suppose une pomme de terre composée d'eau d'un poids spécifique = 1, et d'amidon d'un poids spécifique de 1,5, il paraît certain que plus le poids spécifique de la pomme de terre se rapprochera de 1,5 plus celle-ci contiendra d'amidon, et, par suite, moins elle contiendra d'eau. En réalité, ce n'est pas aussi simple, car la pomme de terre renferme, outre l'amidon, des matières albuminoïdes, de la cellulose, des sels, etc., etc., qui s'y trouvent en quantités très variables, nullement en rapport avec la proportion d'amidon, et qui font varier celle-ci pour un même poids spécifique. Le premier qui supposa et constata un rapport entre le poids spécifique et la richesse en amidon, fut Berg (*Dingler's polyt. journal*, volume 65, page 48). Plus le poids spécifique était élevé, plus la teneur en amidon était grande; cependant, les données de Berg n'étaient qu'approximatives et ne pouvaient être exactes, car il les avait obtenues en pesant l'amidon obtenu par le lavage des pommes de terre râpées.

D'après les indications de Berg, Ludersdorff fit plusieurs essais qui donnèrent des résultats différant de beaucoup de ceux de Berg. (Sur la détermination de la teneur en amidon des pommes de terre, *journal für praktische Chemie*, volumes XX, page 445 et XXII, 127).

Ludersdorff traitait les pommes de terre cuites, par un extrait de malt, pour transformer l'amidon en sucre. L'extrait ainsi obtenu était évaporé, puis pesé. Balling perfectionna cette méthode en se basant sur le poids spécifique de l'extrait (Chimie de la fermentation de Charles-J.-N. Balling, 1^{re} édition, 1845). Il établit des tables donnant la teneur en amidon et en matières sèches, d'après le poids spécifique. Nous reproduisons ces tables plus loin, mais en faisant remarquer que la teneur en matière sèche représente, non pas la matière absolument privée d'eau, mais seulement la matière obtenue par dessiccation des cossettes à l'air libre. Il eut donc été plus exact de l'appeler « Matière obtenue par dessiccation à l'air ». Il est inutile de faire remarquer que ce procédé donne des résultats très variables suivant l'humidité de l'atmosphère, la température, etc., etc., etc.

Néanmoins, les tables de Balling ont été adoptées presque partout, et on oublie même, généralement, la véritable signification des *matières sèches*, et on s'habitue à considérer celles-ci comme étant complètement dépourvues d'eau (Voir la table page 152).

Krocker étudia, après Balling, la question de la détermination de la teneur en amidon des pommes de terre (Annales de la Chimie et de la pharmacie, LVII, 212).

Il chauffait les pommes de terre en présence d'acide sulfurique étendu, pour transformer l'amidon en dextrose, et dosait ce dernier corps par la perte de poids produite par la fermentation du liquide.

Pohl employa ce procédé pour vérifier l'exactitude des tables de Balling, et, comme il ne trouva pas de grandes différences, ces tables continuèrent à être employées partout (*Sitzungsberichte d. mathem. naturw. Klasse der Wiener Akademie*, janvier 1852).

Maercker, s'étant servi des tables de Balling pour déterminer des rendements en alcool, reconnut qu'elles ne pouvaient être exactes.

Il engagea, en 1872 et 1873, le D^r O. Abesser à faire quelques recherches sur cette question (*Zeitschrift d. landw. Centralvereins der Provinz Sachsen*, 1874, page 204 « Recherches sur la composition des pommes de terre »). W. de Koenigsborn avait déjà remarqué la différence entre le rendement réel en alcool et celui qu'indique la teneur en amidon calculée d'après les tables de Balling.

Holdefleiss fit alors de nouveaux essais, et, se servant des travaux d'Abesser, établit des tables qui furent, à cette époque, les plus complètes et les plus exactes. L'auteur les accepta, d'ailleurs, dans la première édition de cet ouvrage. Heidepriem, enfin, établit de nouvelles tables basées sur l'analyse de 15 échantillons différents de pommes de terre (*landw. Versuchs-Stationen*, 1877, page 1), mais elles ne furent guère employées. Les méthodes d'analyse qui servirent à déterminer les teneurs en amidon des pommes de terre, pour le calcul des tables, n'étaient pas bien exactes; aussi Maercker, avec la collaboration de Behrend et Morgen, étudia la question à nouveau, en employant les nouvelles méthodes perfectionnées de détermination de l'amidon (*Zeitschrift für Spiritusfabrikation*, 1879, page 361).

Les résultats ne furent pas très satisfaisants, et on fut forcé de reconnaître que la détermination de l'amidon, d'après le poids spécifique, était une méthode peu exacte. Les chiffres obtenus par Maercker concordent bien, d'ailleurs, avec ceux de Holdefleiss. Nous donnons ci-dessous un tableau des résultats obtenus par l'auteur Holdefleiss, Balling et Heidepriem (voir table page 151).

Dans les divers essais, on trouva beaucoup de pommes de terre de variétés différentes, ayant le même poids spécifique; on put donc se rendre compte des erreurs que donne cette méthode. On constata des différences de 1 % dans la teneur en matière sèche, et on en conclut qu'on ne peut, en général, compter sur des résultats exacts à plus de 0,5 % près.

Il est évident que les résultats concorderaient parfaitement avec le poids spécifique, si la matière sèche avait toujours une densité constante; mais il n'en est pas ainsi, quoique l'amidon, la cellulose, l'albumine, etc., aient à peu près le même poids spécifique: 1,50 à 1,55, parce que la densité des matières salines est très variable.

DIFFÉRENCES ENTRE LES TABLES DE BEHREND, MAERCKER ET MORGEN,
DONNANT LA TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE DES POMMES DE TERRE
D'APRÈS LEUR POIDS SPÉCIFIQUE, ET CELLES DE BALLING,
HOLDEFLEISS ET HEIDPRIEM.

POIDS spécifiques	Matière sèche d'après la table page 156. %	BALLING		HOLDEFLEISS		HEIDPRIEM	
		Matière à sèche %	Différence %	Matière sèche %	Différence %	Matière sèche %	Différence %
1,080	19,7	21,6	+1,9	19,5	-0,2	18,6	-1,1
082	20,1	22,1	+2,0	19,8	-0,3	19,1	-1,0
084	20,5	22,5	+2,0	20,2	-0,3	19,5	-1,0
086	20,9	23,0	+2,1	20,5	-0,4	19,9	-1,0
088	21,4	23,5	+2,1	20,9	-0,5	20,3	-1,1
1,090	21,8	24,0	+2,2	21,3	-0,5	20,8	-1,0
092	22,2	24,5	+2,3	21,7	-0,5	21,2	-1,0
094	22,7	24,9	+2,2	22,2	-0,5	21,6	-1,1
096	23,1	25,4	+2,3	22,6	-0,5	22,0	-1,1
098	23,5	25,9	+2,4	23,0	-0,5	22,5	-1,0
1,100	24,0	26,4	+2,4	23,5	-0,5	22,9	-1,1
102	24,4	26,9	+2,5	23,9	-0,5	23,3	-1,1
104	24,8	27,4	+2,6	24,4	-0,4	23,7	-1,1
106	25,2	27,9	+2,7	24,9	-0,3	24,2	-1,0
108	25,7	28,4	+2,7	25,4	-0,3	24,6	-1,1
1,110	26,1	28,9	+2,8	25,8	-0,3	25,0	-1,1
112	26,5	29,4	+2,9	26,3	-0,2	25,5	-1,0
114	26,9	29,9	+3,0	26,8	-0,1	25,9	-1,0
116	27,4	30,4	+3,0	27,3	-0,1	26,3	-1,1
118	27,8	30,9	+3,1	27,8	+0,0	26,7	-1,1
1,120	28,3	31,4	+3,1	28,2	-0,1	27,2	-1,1
122	28,7	31,9	+3,2	28,7	+0,0	27,6	-1,1
124	29,1	32,4	+3,3	29,2	+0,1	28,0	-1,1
126	29,5	32,9	+3,4	29,7	+0,2	28,4	-1,1
128	30,0	33,4	+3,4	30,1	+0,1	28,9	-1,1
1,130	30,4	33,9	+3,5	30,6	+0,2	29,3	-1,1
132	30,8	—	—	31,1	+0,3	29,7	-1,1
134	31,3	—	—	31,5	+0,2	30,1	-1,2
136	31,7	—	—	31,9	+0,2	30,6	-1,1
138	32,1	—	—	32,4	+0,3	31,0	-1,1
1,140	32,5	—	—	32,8	+0,3	31,4	-1,1
142	33,0	—	—	33,2	+0,2	31,8	-1,2
144	33,4	—	—	33,6	+0,2	32,3	-1,1
146	33,8	—	—	34,0	+0,2	—	—
148	34,3	—	—	34,4	+0,1	—	—
1,150	34,7	—	—	34,7	+0,0	—	—
152	35,1	—	—	35,1	+0,0	—	—
154	35,6	—	—	35,4	-0,2	—	—
156	36,0	—	—	35,7	-0,3	—	—
158	36,4	—	—	36,0	-0,4	—	—
160	36,5	—	—	36,2	-0,6	—	—

Cependant, la teneur en matières salines étant toujours très faible, on ne peut expliquer ainsi la différence de ± 1 % qu'on trouve quelquefois pour la matière sèche de pommes de terre ayant le même poids spécifique. Il est probable que ces différences tiennent à des cavités remplies d'air, qu'on rencontre en plus ou moins grande quantité dans les tubercules. En effet, s'il en est ainsi, on conçoit très bien que l'air emprisonné influe beaucoup plus, sur le poids spécifique, que de petites différences dans la composition de la matière sèche.

Les mêmes échantillons (144), ayant servi à la détermination de la matière sèche, furent essayés au point de vue de l'amidon, pour établir de nouvelles tables. On trouva alors de bien petites variations, c'est-à-dire que les différences entre la matière sèche des divers échantillons et leur teneur en amidon furent sensiblement constantes.

Voici quelques chiffres à l'appui :

Poids spécifique.	Différence entre la matière sèche et la teneur en amidon.
1,081 à 1,090	5,56 %
1,091 à 1,100	5,78
1,101 à 1,110	5,67
1,111 à 1,120	5,70
1,121 à 1,130	5,65
1,131 à 1,140	5,87
Différence moyenne	5,752

Il en résulte que :

1° Si on représente par une courbe les diverses teneurs en matière sèche, et par une deuxième courbe les teneurs en amidon, ces deux lignes sont parallèles ;

2° Si la ligne des teneurs en matière sèche est une ligne droite, celle de l'amidon est également une ligne droite ;

3° La teneur en amidon est seule variable ; la matière sèche, riche en amidon, ne contiendra pas plus de matières albuminoïdes, de cellulose et de cendres, qu'une matière sèche pauvre en amidon. Ce dernier point a déjà été traité au chapitre « des Pommes de terre » ;

4° La différence, entre la teneur en matière sèche d'une pomme de terre d'un poids spécifique élevé et celle d'une pomme de terre pauvre en matière sèche et d'un poids spécifique moindre, représente de l'amidon.

L'auteur a établi, avec la collaboration de Behrend et Morgen une table donnant la teneur en amidon, d'après le poids spécifique, en retranchant simplement, du poids de la matière sèche correspondante, 5,752 %, différence moyenne trouvée dans les essais qui sont résumés page 152. Nous donnons plus loin une table dans laquelle nous avons consigné les résultats de Balling, Holdefleiss, Heidepriem et les nôtres. (Voir table page 154).

Nos résultats diffèrent de ceux de Holdefleiss, pour les pommes de terre les plus répandues (18 à 24 % d'amidon), de 0,6 % environ, tandis que les différences entre nos tables et celles de Heidepriem vont jusqu'à 2,5 %.

On ne doit jamais employer ces tables sans bien se rendre compte des erreurs maxima auxquelles elles peuvent donner lieu.

On ne peut guère compter sur une approximation de plus de ± 1 %, de sorte qu'une pomme de terre, ayant 22 % d'amidon d'après son poids spécifique, peut très bien n'en contenir que 20 % ou bien 24 %. En sucrerie, on appelle « quotient » le rapport du sucre à la matière sèche multiplié par 100. Un jus de betterave ayant 15 % de matière sèche et une teneur en sucre de 12 % aura un quotient de pureté égal à :

$$\frac{12 \times 100}{15} = 80.$$

On sait que le quotient de pureté subit de très grandes variations, et il en résulte des teneurs en sucre très variables pour 100 de matières sèches du jus. Ce quotient varie suivant la nature de la betterave, de sorte qu'en cultivant certaines variétés on peut obtenir un quotient beaucoup plus élevé qu'avec d'autres. La maturité influe aussi sur le quotient de pureté ; une betterave bien mûre aura un quotient plus élevé qu'une betterave qui n'est pas encore arrivée à maturité complète. La nature et la composition du sol, le mode de culture et la fumure ont aussi une grande influence sur le quotient de pureté.

En résumé, le quotient de pureté de la betterave, c'est-à-dire le rapport du sucre aux matières sèches, est excessivement variable et on ne peut pas tirer de conclusion certaine, au point de vue du sucre, de la teneur en matière sèche d'un jus de betterave.

DIFFÉRENCES ENTRE LES TABLES DE BEHREND, MAERCKER ET MORGEN
ET CELLES DE BALLING, HOLDEFLEISS ET HEIDEPRIEM.

POIDS spécifiques.	Amidon d'après table page 156. %	BALLING		HOLDEFLEISS		HEIDEPRIEM	
		Amidon	Différence	Amidon	Différence	Amidon	Différence
		%	%	%	%	%	%
1,080	13,9	14,0	+0,1	15,4	+1,5	11,4	-2,5
082	14,3	14,5	+0,2	15,6	+1,3	11,8	-2,5
084	14,7	15,0	+0,3	15,9	+1,2	12,3	-2,5
086	15,1	15,4	+0,3	16,2	+1,1	12,7	-2,4
088	15,6	15,9	+0,3	16,5	+0,9	13,1	-2,5
1,090	16,0	16,4	+0,4	16,9	+0,9	13,5	-2,5
092	16,4	16,8	+0,4	17,2	+0,8	14,0	-2,4
094	16,9	17,3	+0,4	17,6	+0,7	14,4	-2,5
096	17,3	17,8	+0,5	18,0	+0,7	14,8	-2,5
098	17,7	18,2	+0,5	18,4	+0,7	15,2	-2,5
1,100	18,2	18,7	+0,5	18,8	+0,6	15,7	-2,5
102	18,6	19,2	+0,6	19,2	+0,6	16,1	-2,5
104	19,0	19,7	+0,7	19,6	+0,6	16,5	-2,5
106	19,4	20,1	+0,7	20,0	+0,6	17,0	-2,4
108	19,9	20,6	+0,7	20,4	+0,5	17,4	-2,5
1,110	20,3	21,1	+0,8	20,9	+0,6	17,8	-2,5
112	20,7	21,6	+0,9	21,3	+0,6	18,2	-2,5
114	21,1	22,0	+0,9	21,7	+0,6	18,7	-2,4
116	21,6	22,5	+0,9	22,2	+0,6	19,1	-2,5
118	22,0	23,0	+1,0	22,6	+0,6	19,5	-2,5
1,120	22,5	23,5	+1,0	23,1	+0,6	19,9	-2,6
122	22,9	24,0	+1,1	23,5	+0,6	20,4	-2,5
124	23,3	24,5	+1,2	23,9	+0,6	20,8	-2,5
126	23,7	25,0	+1,3	24,3	+0,6	21,2	-2,5
128	24,2	25,5	+1,2	24,8	+0,6	21,6	-2,6
1,130	24,6	26,0	+1,4	25,2	+0,6	22,1	-2,5
132	25,0	—	—	25,6	+0,6	22,5	-2,5
134	25,5	—	—	26,0	+0,5	22,9	-2,6
136	25,9	—	—	26,4	+0,5	23,3	-2,6
138	26,3	—	—	26,7	+0,4	23,8	-2,5
1,140	26,7	—	—	27,1	+0,4	24,2	-2,5
142	27,2	—	—	27,4	+0,2	24,6	-2,6
144	27,6	—	—	27,8	+0,2	25,0	-2,6
146	28,0	—	—	28,1	+0,1	—	—
148	28,5	—	—	28,4	-0,1	—	—
1,150	28,9	—	—	28,7	-0,2	—	—

C'est pourquoi, depuis longtemps, on détermine directement le sucre dans le jus de betterave; ce n'est que pour avoir le quotient de pureté du jus qu'on emploie son poids spécifique.

La pommes de terre se trouve dans des conditions identiques, et il n'y a aucune raison pour que le mode de culture, la fumure, la nature du sol et la variété n'influent pas de la même manière sur sa teneur en amidon. On peut admettre comme quotient de pureté, pour la pomme de terre, le rapport qui représente la quantité d'amidon pour 100 de matières sèches. On trouve, par exemple, pour les poids spécifiques suivants, les quotients de pureté ci-dessous :

Poids spécifique.	Quotient				Différence maxima avec le quotient moyen.	
1,092	72,96	72,97	75,47	76,42	78,11	-2,79
	78,53	Moyenne 75,75				+2,78
1,096	71,60	72,84	74,07	74,17		-1,27
	Moyenne 72,87					+1,30
1,097	73,90	73,93	74,45	74,94	75,26	-2,35
	77,15	77,49	79,18	81,91		+5,66
	Moyenne 76,25					

C'est sous la réserve que ce n'est, en général, qu'à $\pm 1\%$, et même quelquefois $\pm 2\%$, qu'on obtient la teneur en amidon, que Maercker publie la table indiquant la teneur en amidon et en matière sèche des pommes de terre d'après leur poids spécifique. (Voir la table page 156).

Méthodes employées pour la détermination du poids spécifique.

On peut employer deux méthodes pour la détermination du poids spécifique des corps solides.

L'une, la méthode indirecte, consiste à composer un liquide ayant la même densité que les pommes de terre à essayer, et à déterminer le poids spécifique de ce liquide.

Krocker étudia ce procédé et imagina une méthode appelée : « *Essai au sel* ». Une dissolution saturée de sel marin possède une densité égale à 1,2 et supérieure à celle des pommes de terre les plus riches ; en effet, les pommes de terre à 30% d'amidon ont un poids spécifique égal à 1,16 ; il sera donc toujours facile, en ajoutant à de l'eau pure une dissolution concentrée de sel marin, de produire un liquide de même densité que les pommes de terre à essayer. On aura atteint ce but lorsque les pommes de terre, placées en un point quelconque du liquide, y resteront sans manifester aucune tendance, soit à monter, soit à descendre. Au moyen d'un pèse-sirop, ou d'un densimètre Balling, on détermine alors le poids spécifique du liquide qui est égal à celui des pommes de terre essayées.

**DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN MATIÈRES SÈCHES ET EN AMIDON
DES POMMES DE TERRE, D'APRÈS LEUR POIDS SPÉCIFIQUE.
(BEHREND, MAERCKER ET MORGEN).**

Poids spécifiques.	Matières sèches %	Amidon %	Poids spécifiques.	Matières sèches %	Amidon %
1,080	19,7	13,9	1,120	28,3	22,5
081	19,9	14,1	121	28,5	22,7
082	20,1	14,3	122	28,7	22,9
083	20,3	14,5	123	28,9	23,1
084	20,5	14,7	124	29,1	23,3
085	20,7	14,9	125	29,3	23,5
086	20,9	15,1	126	29,5	23,7
087	21,2	15,4	127	29,8	24,0
088	21,4	15,6	128	30,0	24,2
089	21,6	15,8	129	30,2	24,4
1,090	21,8	16,0	1,130	30,4	24,6
091	22,0	16,2	131	30,6	24,8
092	22,2	16,4	132	30,8	25,0
093	22,4	16,6	133	31,0	25,2
094	22,7	16,9	134	31,3	25,5
095	22,9	17,1	135	31,5	25,7
096	23,1	17,3	136	31,7	25,9
097	23,3	17,5	137	31,9	26,1
098	23,5	17,7	138	32,1	26,3
099	23,7	17,9	139	32,3	26,5
1,100	24,0	18,2	1,140	32,5	26,7
101	24,2	18,4	141	32,8	27,0
102	24,4	18,6	142	33,0	27,2
103	24,6	18,8	143	33,2	27,4
104	24,8	19,0	144	33,4	27,6
105	25,0	19,2	145	33,6	27,8
06	25,2	19,4	146	33,8	28,0
107	25,5	19,7	147	34,1	28,3
108	25,7	19,9	148	34,3	28,5
109	25,9	20,1	149	34,5	28,7
1,110	26,1	20,3	1,150	34,7	28,9
111	26,3	20,5	151	34,9	29,1
112	26,5	20,7	152	35,1	29,3
113	26,7	20,9	153	35,4	29,6
114	26,9	21,1	154	35,6	29,8
115	27,2	21,4	155	35,8	30,0
116	27,4	21,6	156	36,0	30,2
117	27,6	21,8	157	36,2	30,4
118	27,8	22,0	158	36,4	30,6
119	28,0	22,2	159	36,6	30,8

Voici comment on procède par la méthode de Krocker : Un poids connu de pommes de terre est versé dans de l'eau ordinaire ou salée; puis on ajoute une dissolution concentrée de sel, jusqu'à ce que la plus grande partie des pommes de terre reste en suspension.

TABLE DE KROCKER POUR L'ESSAI AU SEL.

Degrés	Poids	Amidon	Matières sèches	Degrés	Poids	Amidon	Matières
Balling.	spécifiques.	%	%	Balling.	spécifiques.	%	sèches.
17,0	1,070	11,5	17,1	25,0	1,106	19,4	25,2
17,5	1,072	11,9	17,7	25,5	1,108	19,9	25,7
18,0	1,074	12,5	18,3	26,0	1,110	20,3	26,1
18,5	1,077	13,1	18,9	26,5	1,113	20,9	26,7
19,0	1,079	13,7	19,5	27,0	1,115	21,4	27,2
19,5	1,081	14,1	19,9	27,5	1,118	22,0	27,8
20,0	1,083	14,5	20,3	28,0	1,120	22,5	28,3
20,5	1,085	14,9	20,7	28,5	1,122	22,9	28,7
21,0	1,088	15,6	21,4	29,0	1,125	23,5	29,3
21,5	1,090	16,0	21,8	29,5	1,127	24,0	29,8
22,0	1,092	16,4	22,2	30,0	1,129	24,4	30,2
22,5	1,094	16,9	22,7	31	1,134	25,5	31,3
23,0	1,097	17,5	23,3	32	1,139	26,5	32,3
23,5	1,099	17,9	23,7	33	1,144	27,0	33,4
24,0	1,101	18,4	24,2	34	1,149	28,7	34,5
24,5	1,103	18,8	24,6	35	1,150	28,9	34,7

Comme, parmi les pommes de terre essayées, il s'en trouve de densités variables, on s'arrange pour arrêter l'addition d'eau salée lorsqu'on reconnaît qu'il reste au fond du vase autant de pommes de terre qu'il y a en a à la surface. De cette façon, le liquide représente approximativement la densité moyenne des pommes de terre essayées.

Un procédé plus exact consiste à avoir plusieurs vases renfermant des dissolutions de sel de concentrations différentes et dont on connaît les densités. On cherche à quel liquide correspond chacune des pommes de terre essayées dont on détermine le poids. De cette façon, on obtient des résultats beaucoup plus exacts ; toutefois, les opérations sont alors fort compliquées et très longues, et il est impossible d'essayer de volumineux échantillons. Aussi n'emploie-t-on plus guère que la deuxième méthode, appelée *méthode directe*, pour déterminer le poids spécifique des pommes de terre.

Méthode directe pour la détermination du poids spécifique.

Le poids spécifique d'un corps est le rapport de son poids absolu à son volume. Soit g le poids absolu d'un corps, s son poids spécifique et v son volume, on a :

$$g = s \times v \text{ d'où on déduit } s = \frac{g}{v}$$

Le poids spécifique d'un corps s'obtient donc en divisant son poids absolu par son volume.

Toutes les méthodes directes, pour la détermination du poids spécifique, reposent sur la détermination du volume d'une quantité pesée de pommes de terre. La méthode généralement employée dans les laboratoires est celle de Stohmann. Son appareil se compose d'un cylindre, d'une contenance de 1 à 2 litres, reposant sur un plateau muni de vis de calage, et d'une plaque B portant une pointe métallique.

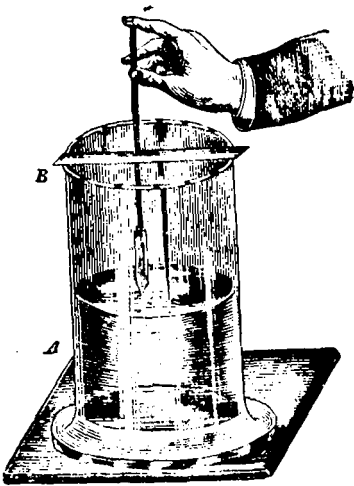


Fig. 11.

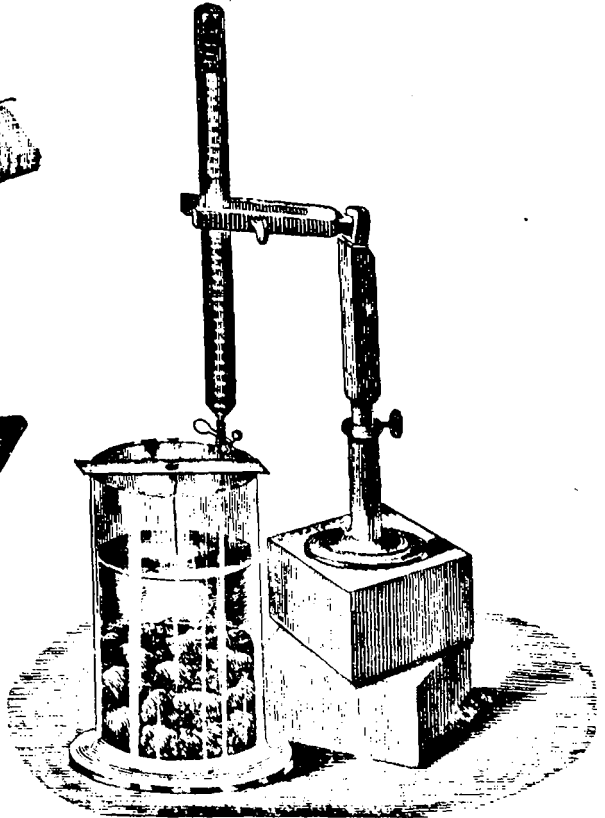


Fig. 12.

On commence, avant tout essai, par déterminer exactement le volume du cylindre jusqu'à la pointe. Pour cela, on y vide d'abord plusieurs flacons d'eau dont on connaît exactement la contenance et on termine le remplissage avec une pipette ou une burette graduée (fig. 11).

On reconnaît exactement le moment où l'eau vient affleurer la pointe, en examinant avec attention celle-ci et l'image qu'elle produit dans l'eau, car les deux pointes se touchent lorsque l'eau affleure la pointe fixée sur la plaque B.

On prend alors un poids connu des pommes de terre à essayer et on les introduit dans le cylindre qui a été vidé préalablement. Le volume des pommes de terre ne doit naturellement pas arriver jusqu'à la pointe. On verse enfin de l'eau dans le cylindre, jusqu'à ce qu'elle affleure à nouveau la pointe. La différence, entre la quantité d'eau employée lors du jaugeage du cylindre et celle qu'on a employée après l'addition des pommes de terre, donne le volume de ces dernières. Connaissant le poids de celles-ci, on en déduit leur densité.

Exemple : Lors du jaugeage, il a été employé 2045 cc. d'eau ; après addition de 1000 gr. de pommes de terre, on ne versa plus que 1153 cc. pour affleurer la pointe. Le volume occupé par les pommes de terre était donc de : $2045 - 1153 = 892$ cc. et, par suite, leur poids spécifique :

$$s = \frac{g}{v} = \frac{1000}{892} = 1,121$$

auquel correspond, d'après la table page 156, une teneur en amidon de 22,7 %.

Les précautions suivantes sont indispensables pour obtenir de bons résultats :

- 1° Les pommes de terre doivent être très propres ;
- 2° La température des pommes de terre et celle de l'eau doivent être égales ;
- 3° Il ne doit y avoir aucune bulle d'air fixée sur les pommes de terre, et, pour cela, il est bon de les tremper dans de l'eau après les avoir pesées et avant de les verser dans le cylindre jaugeur ;
- 4° Il faut ajouter l'eau très lentement vers la fin de l'opération,

afin que le liquide n'ait aucun mouvement. En prenant bien ces précautions on arrive à des résultats très exacts.

Schertler a modifié l'appareil Mohr-Stohmann en déterminant la différence de niveau entre de l'eau seule et de l'eau contenant les pommes de terre (fig. 13) au moyen d'une vis *d*, munie d'une pointe *c*, que l'on monte ou descend au moyen d'un écrou fixe. La lecture de la différence de niveau se fait sur une tige graduée *f* fixée sur le cylindre. Maercker ne pense pas que cette modification soit un perfectionnement de l'appareil précédent, car il est difficile d'obtenir des vases parfaitement cylindriques et la nécessité d'avoir un appareil très soigneusement construit le ferait coûter assez cher.

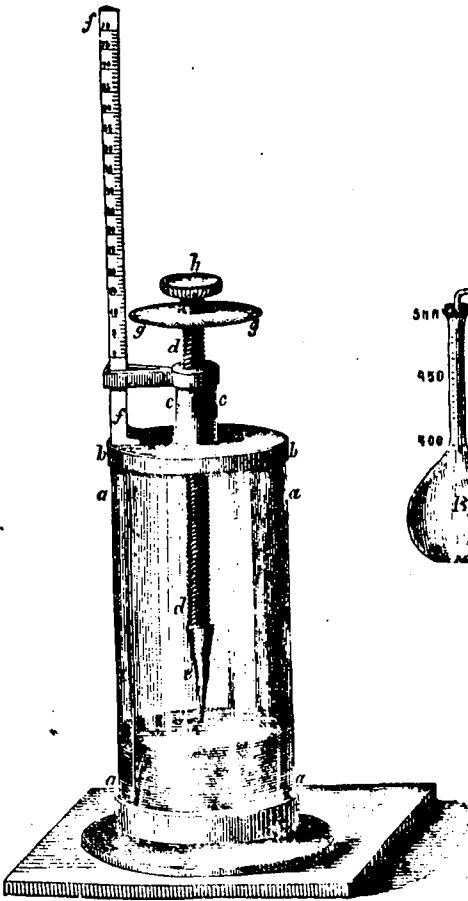


Fig. 13.

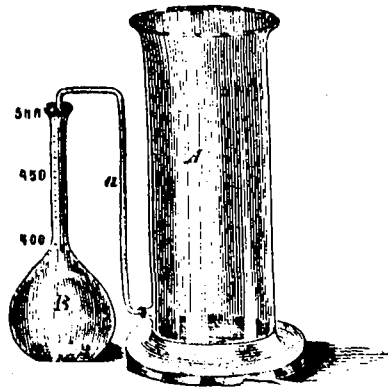


Fig. 14.

L'appareil Schwarze (fig. 14) est très simple et exact. Il consiste en un cylindre A muni d'un tube recourbé a en verre. Avant l'essai, on verse de l'eau dans le cylindre jusqu'à ce qu'il en coule par le tube a puis on y introduit les pommes de terre en recueillant l'eau qu'elles déplacent dans un vase gradué B. Dans le rapport sur l'exposition des pommes de terre d'Altenburg, Nobbe dit qu'avec cet appareil on n'obtient les résultats qu'à 2 à 3 % près.

Les méthodes les plus répandues ne reposent pas sur la détermination directe du volume des pommes de terre, mais sur la pesée des tubercules plongés dans l'eau.

D'après le principe d'Archimède, tout corps plongé dans l'eau perd une partie de son poids égale au poids du volume d'eau déplacé.

Exemple : Si 1000 gr. de pommes de terre plongées dans l'eau ne pèsent plus que 125 gr., c'est que leur volume est égal à :

$$1000 - 125 = 875 \text{ cc.}$$

leur poids spécifique sera par suite :

$$s = \frac{g}{v} = \frac{1000}{875} = 1,143 = 27,4 \% \text{ d'amidon}$$

Il existe une foule d'appareils basés sur ce principe et qui ressemblent tous, plus ou moins, au premier appareil construit par Fesca. Sur le plateau e d'une balance, on met un poids de 5 ou 10 kilos, puis on rétablit l'équilibre en plaçant des pommes de terre dans la caisse supérieure f , fixée à l'autre extrémité du fléau. Pendant cette pesée, le panier g , suspendu au-dessous de la caisse f , doit plonger dans l'eau.

On introduit alors les pommes de terre de la caisse f dans le panier g ; il en résulte une perte de poids pour les pommes de terre, perte que l'on détermine en ramenant le fléau à la position horizontale par l'addition de poids dans la caisse f . La différence entre le poids du plateau e et ceux qu'on doit mettre sur f donne le poids des pommes de terre plongées dans l'eau, et les poids qu'on a dû ajouter dans la caisse f représentent la perte de poids, et, par suite, le volume des tubercules.

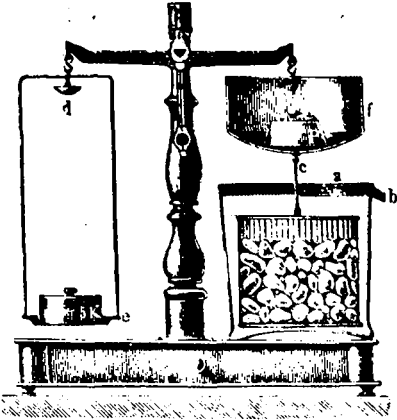


Fig. 15 a.

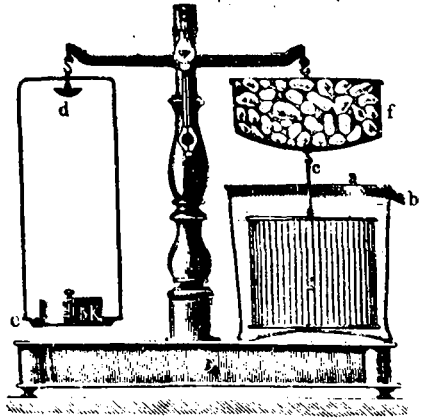


Fig. 15 b.

Fesca a établi des tables donnant le poids spécifique des pommes de terre d'après le poids d'eau qu'elles déplacent lorsqu'elles sont immergées. Les tables de tous les appareils analogues sont basées sur le poids que les pommes de terre conservent dans l'eau.

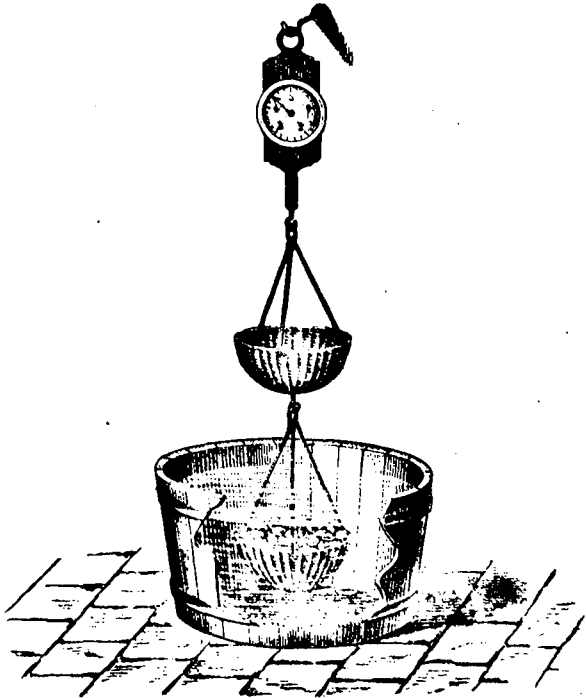


Fig. 16.

Maercker n'a pas cru nécessaire de donner les tables de Fesca, car les autres conviennent aussi bien.

Hurtzig a modifié la balance de Fesca comme l'indique la figure 16 qui ne nécessite pas d'explication.

Pendant que le panier inférieur plonge dans l'eau, on pèse dans le panier supérieur 5—10—15 livres de pommes de terre. Le poids est indiqué par une aiguille qui se meut sur un cadran gradué. Un tour complet du cadran représente 5 livres. On change ensuite les paniers et on lit le poids des pommes de terre plongées dans l'eau. Les tables donnent alors, d'après le poids trouvé, le poids spécifique des pommes de terre. Nous donnons ces tables un peu plus loin.

Schwarzer (fig. 17) a construit une balance romaine sur le fléau de laquelle on peut lire directement la teneur en amidon des pommes de terre essayées.

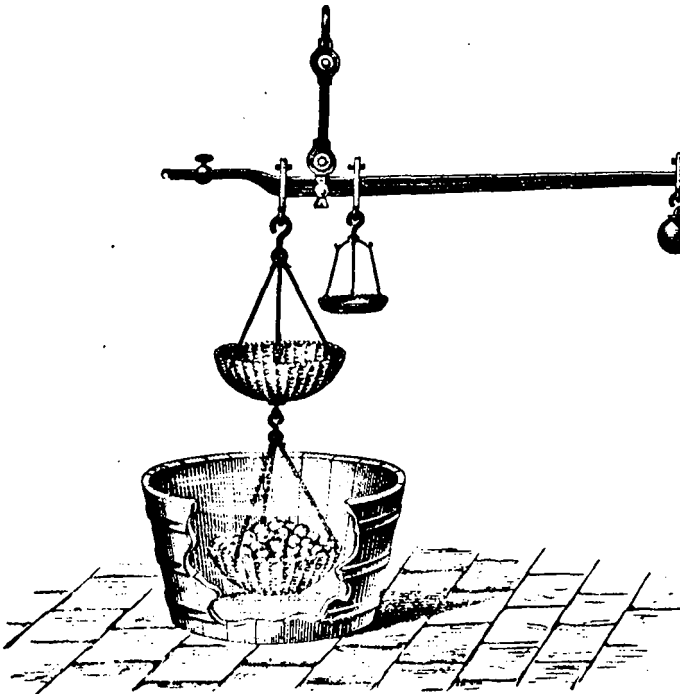


Fig. 17.

Enfin Reimann (fig. 18) a construit une balance fixée sur le réservoir à eau.

Les précautions suivantes sont utiles à observer pour la détermination du poids spécifique des pommes de terre :

1° Les pommes de terre doivent être brossées et lavées, puis séchées avec un linge ou à l'air libre. Dans ce dernier cas, il ne faut pas les laisser trop longtemps à l'air, car elles abandonnent, dans ces conditions, une partie de leur eau naturelle.

2° Il n'est pas indispensable que l'eau employée pour la pesée des pommes de terre soit de l'eau distillée ; mais il est préférable d'employer de l'eau de pluie, ou de l'eau provenant de la condensation de la vapeur ayant servi au chauffage, car, avec de l'eau de puits, il se dépose à la longue du carbonate de chaux sur les fils de fer du panier et la balance n'est plus juste. Ce dépôt est, d'ailleurs, le seul inconvénient que donne l'eau de puits.

3° L'eau doit être au même niveau dans le réservoir avant et après la pesée des pommes de terre immergées ; sans cela, les chainettes plongeraient plus ou moins et il en résulterait des inexactitudes. Il suffit de maintenir le réservoir toujours complètement plein.

4° Lors de la pesée, il faut avoir soin, si les pommes de terre sont gâtées, d'enlever les parties atteintes. Pour arriver à un parfait équilibre des plateaux, il faut ajouter, à la fin, des morceaux de pommes de terre.

5° Les résultats que donnerait un essai fait avec des pommes de terre pourries, gelées, malades, germées, etc., etc., seraient complètement faux, les tables ayant été établies d'après les résultats obtenus avec des pommes de terre saines et normales.

6° On conseille généralement, lorsqu'il se présente des pommes de terre très légères (par suite de nombreuses cavités d'air) qui flottent dans l'eau, de les maintenir dans le panier en les recouvrant avec des pommes de terre normales ; les résultats ainsi obtenus seront toujours, néanmoins, inexacts. En effet, en opérant ainsi, on trouverait pour ces pommes de terre, qui, sans aucun doute, contiennent beaucoup d'amidon (car elles renferment peu d'eau et beaucoup d'air), de faibles quantités de ce corps, et, de plus, leur force ascen-

sionnelle, provenant de leur légèreté, diminuerait également le poids spécifique des pommes de terre normales qui les recouvrent. On doit donc exclure ces pommes de terre anormales de tout essai.

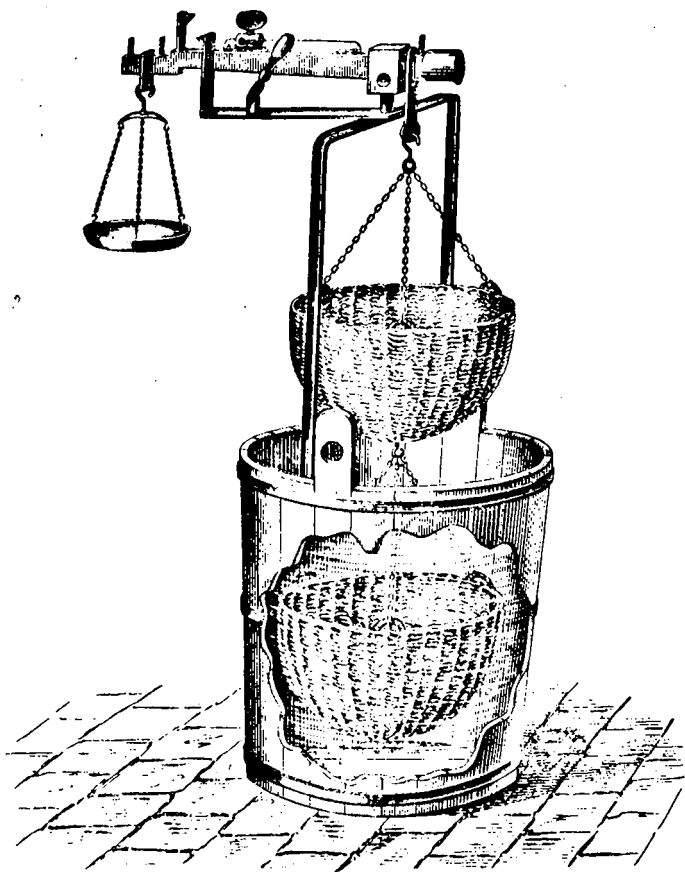


Fig. 18.

On fait dégager les bulles d'air, qui restent fixées sur les pommes de terre immergées, en agitant le panier avant la pesée. On agite ensuite à nouveau, et on repèse ; si les deux poids sont égaux, c'est que les bulles d'air se sont bien dégagées.

7° La température de l'eau doit être de 14° R. = 17 1/2° C., car les tables ont été établies à cette température ; si la température de l'eau était plus basse, le poids spécifique trouvé serait trop faible, car l'eau déplacée par les pommes de terre serait plus dense ; l'inverse aurait lieu si la température de l'eau dépassait 17,5° C.

8° La prise d'échantillon des pommes de terre doit être faite soigneusement, car, quoiqu'étant de la même variété et récoltées sur la même terre, les pommes de terre présentent de très grandes variations. Voici les résultats trouvés sur un échantillon de tubercules de Saxe :

Poids d'un seul tubercule. grammes.	Poids spécifiques.	Amidon %	Poids d'un seul tubercule. grammes.	Poids spécifiques.	Amidon %
29,30	1,1244	23,3	87,15	1,1216	22,9
105,35	1,1335	25,5	63,75	1,1296	24,6
155,25	1,1183	22,0	32,35	1,1214	22,7
30,40	1,1144	21,1	70,60	1,1254	23,5
53,65	1,1316	25,0	76,20	1,0906	16,2
58,20	1,0849	14,9	21,10	1,1296	24,6
119,90	1,1266	23,7	45,50	1,1065	19,7

On rencontre donc des différences, dans la teneur en amidon, variant de 14,9 à 25,5 % pour le même lot.

Krocker trouva d'aussi grandes variations ; ainsi, sur 40 pommes de terre essayées, il y eut :

1	pommes de terre	qui donna	23,27	%	d'amidon.
3	"	"	20,12	"	"
12	"	"	18,93	"	"
15	"	"	17,75	"	"
7	"	"	16,11	"	"
1	"	"	14,49	"	"
1	"	"	13,58	"	"

Un petit échantillon ne permet donc pas de connaître exactement la teneur en amidon d'un lot de pommes de terre, et, même avec de nombreux échantillons, on n'obtient pas des résultats absolument sûrs. Ainsi, sur un lot de 2500 kgr., on préleva 6 échantillons de 1 kgr. à des places différentes, et on obtint les résultats suivants :

1 ^o	échantillon	1008,5 gr.	donna	20,1	% d'amidon	et un poids spécifique de	1,109
2 ^o	"	1029,1	"	20,5	"	"	1,111
3 ^o	"	1016,6	"	20,9	"	"	1,113
4 ^o	"	1083,2	"	21,6	"	"	1,116
5 ^o	"	1087,8	"	22,2	"	"	1,119
6 ^o	"	1047,5	"	22,2	"	"	1,119

Différence de.. 2,1 %

Une autre série d'essais, sur un même lot de pommes de terre, donna les résultats suivants :

1 ^o	échantillon	1061,8 gr.	donna	23,3	% d'amidon	avec une densité de	1,124
2 ^o	"	959,3	"	23,5	"	"	1,125
3 ^o	"	1036,0	"	24,4	"	"	1,129
4 ^o	"	1007,1	"	24,6	"	"	1,130

Différence de.. 1,3 %

On voit donc que de petits échantillons, et même de 1 kg., ne donneraient que de médiocres résultats ; on ne devrait donc jamais prendre d'échantillons au-dessous de 5 kilogr. Aussi nous ne parlerons pas des nombreuses méthodes qui reposent sur l'emploi de faibles échantillons, ou même d'une seule pomme de terre.

9^o Nous avons déjà dit, aux observations 5 et 6, que les pommes de terre ayant subi la pourriture sèche, ou la pourriture humide, ne pouvaient être essayées ; en effet, elles contiennent toujours des cavités remplies d'air, et les résultats que donneraient les méthodes ci-dessus seraient erronés par défaut. Les chefs distillateurs le savent bien, d'ailleurs, et, lorsqu'ils ont une prime sur le rendement en alcool obtenu par 100 kilos d'amidon des pommes de terre, rendement déterminé par le poids spécifique, ils prennent volontiers les pommes de terre gâtées.

TABLE I

POUR DÉTERMINER LA TENEUR EN AMIDON ET EN MATIÈRES SÈCHES
DES POMMES DE TERRE, D'APRÈS LEUR POIDS SPÉCIFIQUE.

(Pour 2,500 kgr. pommes de terre, avec les balances de Hurtzig
et Reimann).

Poids des 2,500 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spéci- fiques.	Teneur en amidon. %	Teneur en matières sèches. %	Poids des 2,500 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spéci- fiques.	Teneur en matières sèches. %	Teneur en amidon. %
187,5	1,080	13,9	19,7	267,5	1,120	28,3	22,5
190	1,081	14,1	19,9	270	1,121	28,5	22,7
192,5	1,083	14,5	20,3	272,5	1,123	28,9	23,1
195	1,084	14,7	20,5	275	1,124	29,1	23,3
197,5	1,086	15,1	20,9	277,5	1,125	29,3	23,5
200	1,087	15,4	21,2	280	1,126	29,5	23,7
202,5	1,088	15,6	21,4	282,5	1,127	29,8	24,0
205	1,089	15,8	21,6	285	1,129	30,2	24,4
207,5	1,091	16,2	22,0	287,5	1,130	30,4	24,6
210	1,092	16,4	22,2	290	1,131	30,6	24,8
212,5	1,093	16,6	22,4	292,5	1,132	30,8	25,0
215	1,094	16,9	22,7	295	1,134	31,3	25,5
217,5	1,095	17,1	22,9	297,5	1,135	31,5	25,7
220	1,097	17,5	23,3	300	1,136	31,7	25,9
222,5	1,098	17,7	23,5	302,5	1,138	32,1	26,3
225	1,099	17,9	23,7	305	1,139	32,3	26,5
227,5	1,100	18,2	24,0	307,5	1,140	32,5	26,7
230	1,101	18,4	24,2	310	1,142	33,0	27,2
232,5	1,102	18,6	24,4	312,5	1,143	33,2	27,4
235	1,104	19,0	24,8	315	1,144	33,4	27,6
237,5	1,105	19,2	25,0	317,5	1,146	33,8	28,0
240	1,106	19,4	25,2	320	1,147	34,1	28,3
242,5	1,107	19,7	25,5	322,5	1,148	34,3	28,5
245	1,109	20,1	25,9	325	1,149	34,5	28,7
247,5	1,110	20,3	26,1	327,5	1,151	34,9	29,1
250	1,111	20,5	26,3	330	1,152	35,1	29,3
252,5	1,112	20,7	26,5	332,5	1,153	35,4	29,6
255	1,113	20,9	26,7	335	1,155	35,8	30,0
257,5	1,114	21,1	26,9	337,5	1,156	36,0	30,2
260	1,115	21,4	27,2	340	1,157	36,2	30,4
262,5	1,117	21,8	27,6	342,5	1,159	36,4	30,6
265	1,119	22,2	28,0	345	1,160	36,6	30,8

TABLE II

**POUR DÉTERMINER LA TENEUR EN AMIDON ET EN MATIÈRES SÈCHES
DES POMMES DE TERRE, D'APRÈS LEUR POIDS SPÉCIFIQUE.**

(Pour 5,000 kgr. pommes de terre, avec les balances Hurtzig,
Reimann et Schwarzer).

Poids des 5,000 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spécifiques.	Teneur en matières sèches. %	Teneur en amidon. %	Poids des 5,000 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spécifiques.	Teneur en matières sèches. %	Teneur en amidon. %
375	1,080	19,7	13,9	535	1,120	28,3	22,5
380	1,081	19,9	14,1	540	1,121	28,5	22,7
385	1,083	20,3	14,5	545	1,123	28,9	23,1
390	1,084	20,5	14,7	550	1,124	29,1	23,3
395	1,086	20,9	15,1	555	1,125	29,3	23,5
400	1,087	21,2	15,4	560	1,126	29,5	23,7
405	1,088	21,4	15,6	565	1,127	29,8	24,0
410	1,089	21,6	15,8	570	1,129	30,2	24,4
415	1,091	22,0	16,2	575	1,130	30,4	24,6
420	1,092	22,2	16,4	580	1,131	30,6	24,8
425	1,093	22,4	16,6	585	1,132	30,8	25,0
430	1,094	22,7	16,9	590	1,134	31,3	25,5
435	1,095	22,9	17,1	995	1,135	31,5	25,7
440	1,097	23,3	17,5	600	1,136	31,7	25,9
445	1,098	23,5	17,7	605	1,138	32,1	26,3
450	1,099	23,7	17,9	610	1,139	32,3	26,5
455	1,100	23,0	18,2	615	1,140	32,5	26,7
460	1,101	23,2	18,4	620	1,142	33,0	27,2
465	1,102	23,4	18,6	625	1,143	33,2	27,4
470	1,104	23,8	19,0	630	1,144	33,4	27,6
475	1,105	25,0	19,2	635	1,146	33,8	28,0
480	1,106	25,2	19,4	640	1,147	34,1	28,3
485	1,107	25,5	19,7	645	1,148	34,3	28,5
490	1,109	25,9	20,1	650	1,149	34,5	28,7
495	1,110	26,1	20,3	655	1,151	34,9	29,1
500	1,111	26,3	20,5	660	1,152	35,1	29,3
505	1,112	26,5	20,7	665	1,153	35,4	29,6
510	1,113	26,7	20,9	670	1,155	35,8	30,0
515	1,114	26,9	21,1	675	1,156	36,0	30,2
720	1,115	27,2	21,4	680	1,157	36,2	30,4
525	1,117	27,4	21,6	685	1,159	26,4	30,6
530	1,119	28,0	22,2				

TABLE III

POUR DÉTERMINER LA TENEUR EN AMIDON ET EN MATIÈRES SÈCHES
DES POMMES DE TERRE, D'APRÈS LEUR POIDS SPÉCIFIQUE.

(Pour 7,500 kgr. pommes de terre, avec les balances Hurtzig
et Reimann).

Poids de 7,500 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spécifiques.	Teneur en matières sèches. %	Teneur en amidon %	Poids des 7,500 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spécifiques.	Teneur en matières sèches. %	Teneur en amidon. %
562,5	1,080	19,7	13,9	795	1,119	28,0	22,2
570	1,081	19,9	14,1	802,5	1,120	28,3	22,5
577,5	1,083	20,3	14,5	810	1,121	28,5	22,7
585	1,084	20,5	14,7	817,5	1,123	28,7	22,9
592,5	1,086	20,9	15,1	825	1,124	28,9	23,1
600	1,087	21,2	15,4	832,5	1,125	29,3	23,5
607,5	1,088	21,4	15,6	840	1,126	29,5	23,7
615	1,089	21,6	15,8	847,5	1,127	29,8	24,0
622,5	1,091	22,0	16,2	855	1,129	30,2	24,4
630	1,092	22,2	16,4	862,5	1,130	30,4	24,6
637,5	1,093	22,4	16,6	870	1,131	30,6	24,8
645	1,094	22,7	16,9	877,5	1,132	30,8	25,0
652,5	1,095	22,9	17,1	885	1,134	31,3	25,5
660	1,097	23,1	17,3	892,5	1,135	31,5	25,7
667,5	1,098	23,5	17,7	900	1,136	31,7	25,9
675	1,099	23,7	17,9	907,5	1,138	31,9	26,1
682,5	1,100	24,0	18,2	915	1,139	32,3	26,5
690	1,101	24,2	18,4	922,5	1,140	32,5	26,7
697,5	1,102	24,4	18,6	930	1,142	32,8	27,0
705	1,104	24,8	19,0	937,5	1,143	33,2	27,4
712,5	1,105	25,0	19,2	945	1,144	33,4	27,6
720	1,106	25,2	19,4	952,5	1,146	33,8	28,0
727,5	1,107	25,5	19,7	960	1,147	34,1	28,3
735	1,109	25,9	20,1	967,5	1,148	34,3	28,5
742,5	1,110	26,1	20,3	975	1,149	34,5	28,7
750	1,111	26,3	20,5	982,5	1,151	34,9	29,1
757,5	1,112	26,5	20,7	990	1,152	35,1	29,3
765	1,113	26,7	20,9	997,5	1,153	35,4	29,6
772,5	1,114	29,9	21,1	1005	1,155	35,8	30,0
780	1,115	27,2	21,4	1012,5	1,156	36,0	30,2
787,5	1,117	27,6	21,8	1020	1,157	36,2	30,4
				1027,5	1,159	36,6	30,8

TABLE IV

POUR DÉTERMINER LA TENEUR EN AMIDON ET EN MATIÈRES SÈCHES
DES POMMES DE TERRE, D'APRÈS LEUR POIDS SPÉCIFIQUE.

(Pour 10,000 kgr. pommes de terre, avec les balances de Hurtzig
et Reimann).

Poids des 10,000 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spécifiques.	Teneur en matières sèches. %	Teneur en amidon. %	Poids des 10,000 kgr. pommes de terre immergées. grammes.	Poids spécifiques.	Teneur en matières sèches. %	Teneur en amidon. %
750	1,080	19,7	13,9	1070	1,120	28,3	22,5
760	1,081	19,9	14,1	1080	1,121	28,5	22,7
770	1,083	20,3	14,5	1090	1,123	28,9	23,1
780	1,084	20,5	14,7	1100	1,124	29,1	23,3
790	1,086	20,7	14,9	1110	1,125	29,3	23,5
800	1,087	21,2	15,4	1120	1,126	29,5	23,7
810	1,088	21,4	15,6	1130	1,127	29,8	24,0
820	1,089	21,6	15,8	1140	1,129	30,2	24,4
830	1,091	22,0	16,2	1150	1,130	30,4	24,6
840	1,092	22,2	16,4	1160	1,131	30,6	24,8
850	1,093	22,4	16,6	1170	1,132	30,8	25,0
860	1,094	22,7	16,9	1180	1,134	31,0	25,2
870	1,095	22,9	17,1	1190	1,135	31,5	25,7
880	1,097	23,3	17,5	1200	1,136	31,7	25,9
890	1,098	23,5	17,7	1210	1,138	31,9	26,1
900	1,099	23,7	17,9	1220	1,139	32,3	26,5
910	1,100	24,0	18,2	1230	1,140	32,5	26,7
920	1,101	24,2	18,4	1240	1,142	33,0	27,2
930	1,102	24,4	18,6	1250	1,143	33,2	27,4
940	1,104	24,8	19,0	1260	1,144	33,4	27,6
950	1,105	25,0	19,2	1270	1,146	33,8	28,0
960	1,106	25,2	19,4	1280	1,147	34,1	28,3
970	1,107	25,5	19,7	1290	1,148	34,3	28,5
980	1,109	25,9	20,1	1300	1,149	34,5	28,7
990	1,110	26,1	20,3	1310	1,151	34,9	29,1
1000	1,111	26,3	20,5	1320	1,152	35,1	29,3
1010	1,112	26,5	20,7	1330	1,153	35,4	29,6
1020	1,113	26,7	20,9	1340	1,155	35,8	30,0
1030	1,114	26,9	21,1	1350	1,156	36,0	30,2
1040	1,115	27,2	21,4	1360	1,157	36,2	30,4
1050	1,117	27,6	21,8	1370	1,159	36,6	30,8
1060	1,119	28,0	22,2				

I. — ANALYSE CHIMIQUE DES POMMES DE TERRE.

Les progrès, tout récents, de la fabrication de l'alcool, ont amené Maercker à donner plus de détails sur la composition des pommes de terre, dans la quatrième édition de son traité sur la fabrication de l'alcool.

1. — *Détermination des matières insolubles des pommes de terre (Pelures et parois cellulaires).*

On découpe finement 100 gr. de pommes de terre lavées, et on les maintient en ébullition avec 500 cc. d'eau, dans une capsule en porcelaine, pendant quelque temps; on en fait alors une bouillie homogène, et, après refroidissement à 70° C., on y verse 100 cc. d'extrait de malt filtré et obtenu en laissant digérer 100 gr. de malt sec, finement pulvérisé, dans 1 litre d'eau. On laisse agir la diastase pendant une heure à la température de 60° C. On filtre, on lave le dépôt à l'eau, puis 2 ou 3 fois avec de l'alcool, on dessèche à 100° et on pèse.

2. — *Détermination des cendres des pommes de terre.*

On incinère 20 gr. de pommes de terre sèches, dans une capsule de platine, jusqu'à disparition des matières organiques qui brunissent la cendre. On traite alors le résidu par de l'eau chaude, pour dissoudre toutes les parties solubles; on filtre et on dessèche les matières insolubles restées sur le papier. On incinère ensuite ces matières insolubles et le filtre, dans la même capsule de platine, jusqu'à destruction complète du charbon, et on ajoute à ce résidu le liquide contenant les sels solubles. On évapore l'eau jusqu'à dessiccation complète et on incinère au rouge sombre. On laisse refroidir sous l'exsiccateur et on pèse. Ces diverses manipulations sont nécessaires, afin d'éviter la perte d'une partie des alcalis qui se volatiliserait au rouge vif.

3. — *Détermination des matières azotées.*

On détermine l'azote total des pommes de terre au moyen du procédé Will et Varrentrapp, à la chaux sodée. Les matières

azotées des pommes de terre ne sont pas exclusivement composées de matières albuminoïdes; aussi la teneur en matières azotées, qu'on obtient en multipliant l'azote total par 6,25, n'est pas exacte. On doit donc doser séparément les matières azotées sous forme de matières protéiques et d'amides, par la méthode Stutzer que nous développerons plus loin.

4. — Détermination de la cellulose.

Cette détermination se fait par la méthode ordinaire, c'est-à-dire par des ébullitions successives avec des acides étendus et des alcalis.

5. — Détermination de l'amidon.

Nous avons déjà décrit la méthode.

6. — Détermination de l'humidité et des matières sèches par pesées.

On dessèche d'abord 500 à 1000 gr. de pommes de terre, finement découpées, à une température moyenne; puis on pèse et on broie rapidement ces pommes de terre en partie desséchées, et l'on termine la dessiccation dans un courant de gaz d'éclairage ou d'hydrogène. On obtient ainsi l'humidité et les matières sèches.

Ces dernières se décomposent en : matières insolubles et matières solubles, ces dernières comprenant l'amidon, le sucre, les amides et des sels minéraux. Ces sels devraient être dosés, mais il est assez exact d'admettre que les 75/100 des matières salines sont à l'état soluble. On aura donc le tableau suivant :

Matières insolubles.	{	Matières protéiques.
	{	Matières salines (25/100 des matières salines totales).
	{	Cellulose et matières incrustantes.
Matières solubles.	{	Amidon et sucre.
	{	Amides.
	{	Matières salines.
	{	Autres matières solubles non fermentescibles.

La proportion des matières solubles non fermentescibles se détermine par la différence entre le poids des matières solubles totales et celui de l'amidon plus le sucre; elles permettent de prévoir la densité de chute du moût fermenté.

II. — ANALYSE DES GRAINS.

1. — *Détermination de l'amidon.*

Cette détermination se fera d'après les indications données pour la détermination de l'amidon des pommes de terre.

L'essentiel est de pulvériser les grains très finement.

On emploiera, pour arriver à ce but, le broyeur imaginé par Maercker et que nous avons décrit (fig. 8).

2. — *Détermination des matières azotées.*

On déterminera les matières azotées en dosant l'azote, par le procédé Will et Varrentrapp, et en multipliant le résultat par 6,25. En effet, les grains mûrs, non germés, ne contiennent pas d'amides. Il n'en est plus ainsi, et la proportion d'amide peut atteindre 25 % des matières albuminoïdes, lorsque les grains ont subi l'action de la pluie et ont germé sur le champ. On doit alors avoir recours à la méthode de Stutzer, basée sur l'emploi de l'hydrate d'oxyde de cuivre.

3. — *Détermination de la teneur en matières albuminoïdes par le procédé Stutzer.*

On dissout 100 gr. de sulfate de cuivre dans 5 litres d'eau contenant 2,5 cc. de glycérine. On précipite ensuite l'hydrate d'oxyde de cuivre, $\text{Cu O}^2 \text{H}^2$, en ajoutant de la lessive de soude étendue, jusqu'à ce que le liquide ait une réaction alcaline. On filtre et on lave le précipité, dans une capsule, avec de l'eau contenant 5 gr. de glycérine par litre, jusqu'à ce que le dépôt n'ait plus aucune réaction alcaline. On filtre à nouveau, et on conserve l'oxyde de cuivre ainsi obtenu dans de l'eau contenant 10 gr. de glycérine par litre. On dose enfin la quantité de $\text{Cu O}^2 \text{H}^2$ maintenu en suspension dans 10 cc.

On traite alors à chaud 1 gr. des grains à essayer, finement pulvérisés, par de l'alcool contenant un peu d'acide acétique (100 cc. d'alcool + 1 cc. acide acétique), puis on décante le liquide clair et on le remplace par 100 cc. d'eau bouillante. On laisse ensuite refroidir vers 40 à 50°, et on ajoute un volume de la liqueur cuivrique représentant 0,3 à 0,4 gr. de $\text{Cu O}^2 \text{H}^2$.

On filtre après quelques minutes ; on lave le précipité, d'abord avec de l'eau, puis avec de l'alcool, et finalement on dessèche.

On détermine, dans le précipité qui a entraîné toutes les matières albuminoïdes, la teneur en azote, et, en la multipliant par 6,25, on a la proportion de matières albuminoïdes.

4. — *Détermination de l'albumine assimilable.*

Stutzer a proposé une méthode pour déterminer la proportion des matières albuminoïdes solubles dans les sucs acides de l'estomac. Nous allons la décrire rapidement.

Stutzer prépare comme suit les liquides digestifs : On découpe, en petits morceaux, la membrane muqueuse de l'estomac d'un porc, et on la fait macérer, dans un ballon ou un flacon à large goulot, avec 5 litres d'eau et 75 cc. d'une dissolution d'acide muriatique, contenant 10 gr. d'HCl dans 100 cc. On laisse la dissolution s'opérer pendant 2 à 3 jours, en agitant fréquemment le ballon. On filtre alors sur un morceau de flanelle, sans presser le résidu, puis on filtre à nouveau le liquide sur un filtre de papier ordinaire et on le met en flacons. Pour conserver ce suc gastrique pendant plusieurs mois, il suffit d'ajouter à l'eau acidulée, pendant l'attaque de la membrane, 2,5 gr. d'acide salicylique. Cette faible quantité suffit pour empêcher toute décomposition, même pendant les fortes chaleurs.

Pour déterminer la teneur en matières albuminoïdes insolubles dans le suc gastrique, on prend 2 gr. des grains à essayer et on les chauffe au bain-marie, vers 40° C., pendant 1 à 2 heures, avec 250 cc. du liquide digestif de Stutzer. Cette réaction se fait dans un vase à précipitation chaude, fermé par un verre de montre. On ajoute alors, toutes les 2 à 3 heures, de l'acide muriatique, en quantité telle que l'acidité, comptée en acide muriatique, augmente, après chaque addition, de 0,1 %, de manière à avoir, après 12 heures de chauffage à 40°, une teneur en acide muriatique de 0,5 %. Pour plus de sûreté, Stutzer recommande de chauffer à nouveau pendant 12 heures à 40°, en ajoutant régulièrement, toutes les 2-3 heures, de l'acide muriatique, pour en avoir à la fin une teneur de 1 %. On filtre alors, on lave le dépôt à l'eau, puis à l'alcool, et on y dose l'azote qu'on multiplie par 6,25 pour avoir les matières albuminoïdes non assimilables, et, par différence avec les matières albuminoïdes totales, on détermine l'albumine assimilable.

5. — *Détermination des matières azotées solubles.*

D'après Delbrück, on procède comme suit :

On forme une épaisse bouillie avec 50 gr. des grains à essayer, finement pulvérisés, et une faible quantité d'eau ; on étend alors à 500 cc., et on chauffe pendant 4 heures à 50° C., au bain-marie. On laisse ensuite refroidir, puis on étend à un litre. On prélève 50 cc. du liquide filtré ; on évapore à sec dans un vase en verre très mince, qu'on pile avec le résidu après dessiccation complète, et l'on dose l'azote au moyen de la chaux sodée.

6. — *La détermination des matières grasses, de la cellulose et des cendres se fait, pour les grains, d'après les mêmes méthodes que pour les pommes de terre.*

7. — *Pour déterminer l'amidon des grains d'une façon approximative, on peut employer le procédé de Balling. On chauffe 50 gr. des grains finement pulvérisés, avec 500 cc. d'eau, jusqu'à formation d'empois (cette opération dure assez longtemps), en restituant de l'eau au fur et à mesure qu'il s'en dégage par évaporation. On laisse alors refroidir à 60° C., et on ajoute 100 cc. d'extrait de malt filtré (100 gr malt vert ou sec dans 1 litre d'eau). On maintient cette température, au bain-marie, pendant 4 à 5 heures ; tout l'amidon se dissout, on étend à 1 litre, puis on procède de la manière suivante :*

1° 100 cc. de ce liquide filtré sont évaporés à sec, puis desséchés à 100° C, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de perte de poids. On retranche alors du poids ainsi obtenu celui qui provient des 10 cc. d'extrait de malt qui se trouvent dans les 100 cc. évaporés. (Pour connaître le poids des matières dissoutes dans l'extrait de malt, il est nécessaire d'en évaporer à sec un volume donné.)

2° On détermine le degré saccharométrique du liquide, et on en déduit les degrés provenant de l'extrait de malt. Par exemple, 50 gr. de maïs ont été traités par 100 cc. d'extrait de malt, indiquant 5° au pèse Balling ; le liquide, étendu à 1 litre, marquait 3°,9 B. Ce dernier liquide contenait donc 39 gr. de matières dissoutes, par litre, desquels il faut retrancher 5 gr. provenant des 100 cc. d'ex-

trait de malt. Il reste donc 34 gr. provenant des 50 gr. maïs, soit 68 % de sucre. En réduisant ce dernier résultat dans le rapport de 100 : 90, on a la teneur en amidon.

Ce procédé est simple et d'une exécution facile ; mais il n'est pas bien exact. D'abord, les produits qui prennent naissance par l'action du malt ne consistent pas en dextrose pure, mais en un mélange de dextrine et de maltose, dont on ne connaît pas la densité réelle ; de plus, les grains contiennent des matières solubles qui ne sont pas des sucres (gommés, matières azotées. etc.), et qui indiquent une teneur en sucre supérieure à la richesse réelle des grains essayés.

Ce procédé est d'ailleurs beaucoup plus utile aux brasseurs qu'aux distillateurs, pour déterminer l'extrait des différentes sortes de malt.

III. — BETTERAVES.

La détermination du sucre dans les betteraves se fait au moyen du polarimètre.

Mais c'est surtout en sucrerie que cette méthode est employée ; aussi nous ne la décrivons pas et nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spéciaux, tels que ceux d'Otto et de Stammer, sur la fabrication du sucre.

IV. — MÉLASSE.

Pour déterminer la richesse des mélasses, on emploie l'aréomètre de Baumé.

Nous donnons plus loin une table au moyen de laquelle on peut connaître le poids spécifique d'une mélasse d'après son degré à l'aréomètre Baumé. (Voir page 178). La détermination de la richesse de la mélasse, au moyen de l'aréomètre, ne donne que des résultats approchés ; nous savons, en effet, qu'outre le sucre, la mélasse contient des matières organiques solubles et des sels. De plus, l'emploi des aréomètres est assez difficile dans les liquides épais. On emploie aussi le saccharimètre ; mais les résultats que donne cet appareil ne sont guère exacts, lorsqu'il s'agit de mélasses.

**COMPARAISON ENTRE LES DEGRÉS BALLING, BEAUME
ET LES POIDS SPÉCIFIQUES.**

Degrés Balling.	Degrés Beaumé	Sucre par litre. kgr.	Degrés Balling.	Degrés Beaumé	Sucre par litre. kgr.	Degrés Balling.	Degrés Beaumé	Sucre par litre. kgr.
0,00	0,000	0,00000	23,50	13,241	0,25830	47,00	26,111	0,57170
50	284	501	24,00	13,519	0,26435	50	379	57907
1,00	0,568	0,01004	50	798	27042	48,00	26,647	0,58647
50	852	1509	25,00	14,076	0,27652	50	915	59391
2,00	1,135	0,02016	50	354	28264	49,00	27,182	0,60137
50	419	2524	26,00	14,632	0,28879	50	449	60887
3,00	1,703	0,03035	50	909	29496	50,00	27,716	0,61639
50	986	3548	27,00	15,187	0,30116	50	982	62395
4,00	2,270	0,04063	50	464	30738	51,00	28,248	0,63154
50	553	4580	28,00	15,741	0,31364	50	514	63917
5,00	2,836	0,05099	50	16,018	31991	52,00	28,780	0,64683
50	3,120	5619	29,00	16,295	0,32622	50	29,045	65452
6,00	3,403	0,06142	50	571	33255	53,00	29,310	0,66224
50	686	6667	30,00	16,848	0,33800	50	574	67000
7,00	3,969	0,07195	50	17,124	34528	54,00	29,839	0,67779
50	4,252	7724	31,00	17,400	0,35169	50	30,103	68501
8,00	4,534	0,08255	50	675	35813	55,00	30,367	0,69347
50	817	8788	32,00	17,951	0,36459	50	630	70137
9,00	5,100	0,09324	50	18,226	37108	56,00	30,893	0,70928
50	383	9862	33,00	18,501	0,37760	50	31,156	71725
10,00	5,665	0,10401	50	776	38414	57,00	31,418	0,72524
50	947	10943	34,00	19,051	0,39071	50	680	73327
11,00	6,229	0,11488	50	325	39731	58,00	31,942	0,74133
50	511	12034	35,00	19,600	0,40394	50	32,204	74943
12,00	6,793	0,12582	50	874	41060	59,00	32,465	0,75756
50	7,077	13133	36,00	20,148	0,41728	50	726	76573
13,00	7,356	0,13686	50	421	42399	60,00	32,986	0,77303
50	638	14241	37,00	20,695	0,43073	50	33,247	78217
14,00	7,919	0,14798	50	968	43750	61,00	33,507	0,79044
50	8,201	15358	38,00	21,241	0,44430	50	766	79875
15,00	8,482	0,15920	50	513	45112	62,00	34,025	0,80710
50	763	16484	39,00	21,786	0,45798	50	284	81548
16,00	9,044	0,17051	50	22,058	46486	63,00	34,543	0,82390
50	325	17619	40,00	22,330	0,47178	50	801	83235
17,00	9,605	0,18190	50	602	47872	64,00	35,059	0,84084
50	886	18764	41,00	22,873	0,48509	50	316	84936
18,00	10,166	0,19339	50	23,145	49269	65,00	35,573	0,85703
50	447	19917	42,00	23,416	0,49972	50	830	86653
19,00	10,727	0,20498	50	686	50678	66,00	36,086	0,87517
50	11,007	21081	43,00	23,957	0,51387	50	342	88384
20,00	11,286	9,21666	50	24,227	52100	67,00	36,598	0,89255
50	566	22253	44,00	24,497	0,52815	50	853	90130
21,00	11,846	6,22843	50	767	53533	68,00	37,108	0,91009
50	12,125	23436	45,00	25,036	0,54254	50	363	91891
22,00	12,404	0,24031	50	305	54979	69,00	37,617	0,92777
50	683	24628	46,00	25,574	0,55706	50	871	93608
23,00	12,962	0,25228	50	843	56437	70,00	38,124	0,94562

Degrés Balling.	Degrés Beaumé	Sucre par litre. kgr.	Degrés Balling.	Degrés Beaumé	Sucre par litre. kgr.	Degrés Balling.	Degrés Beaumé	Sucre par litre. kgr.
70,50	38,377	0,95459	80,50	43,356	1,14247	90,55	48,165	1,34703
71,00	38,630	0,96361	81,00	43,601	1,15229	91,00	48,401	1,35771
50	882	97267	50	845	16215	50	636	36844
72,00	39,134	0,98176	82,00	44,089	1,17206	92,90	48,871	1,37922
50	386	99089	50	332	18201	50	49,105	39004
73,00	39,637	1,00006	83,00	44,575	1,19199	93,00	49,339	1,40091
50	888	928	50	818	20203	50	572	41182
74,00	40,138	1,01853	84,00	45,060	1,21211	94,00	49,805	1,42278
50	388	2782	50	301	22222	50	50,037	43378
75,00	40,638	1,03715	85,00	45,542	1,23239	95,00	50,269	1,44483
50	887	4652	50	783	24259	50	500	45592
76,00	41,136	1,05593	86,00	46,023	1,25283	96,00	50,731	1,46706
50	384	6538	50	263	26313	50	961	47825
77,00	41,632	1,07488	87,00	46,502	1,27346	97,00	51,191	1,48948
50	880	8441	50	741	28384	50	420	50076
78,00	42,127	1,09398	88,00	46,980	1,29426	98,00	51,649	1,51208
50	374	10360	50	47,218	30472	50	878	52345
79,00	42,620	1,11325	89,00	47,455	1,31523	99,00	52,105	1,53487
50	866	12295	50	692	32578	50	333	54634
80,00	43,111	1,13269	90,00	47,929	1,33638	100,00	52,560	1,55785

Outre le sucre cristallisable, dextrogyre, celles-ci renferment très souvent du sucre incristallisable, lévogyre, et d'autres matières influant plus ou moins sur le pouvoir rotatoire, tantôt à droite, tantôt à gauche.

On emploie aussi la liqueur de Fehling ; mais, pendant l'ébullition de la mélasse avec les acides pour l'inversion, il se forme des corps qui réduisent la liqueur de cuivre, quoiqu'ils ne soient pas des sucres. Aussi cette méthode donne-t-elle toujours des résultats exagérés.

Il existe encore une autre méthode pour la détermination du sucre : « *Méthode par fermentation.* »

On peut opérer de deux manières différentes : soit en déterminant la perte de poids provenant du dégagement de l'acide carbonique, soit en dosant l'alcool dans la liqueur, après la fermentation. Pour faire ces déterminations, on met en fermentation 100 cc. de mélasse diluée marquant 5 à 10 Balling (100 gr. mélasse dans 1 litre), au moyen de 10 à 20 cc. de levure fraîche, réduite en une pâte fluide avec de l'eau. On maintient le tout à une température constante voisine de 30° C. Il est nécessaire d'acidifier la mélasse, et l'acide le plus favorable est l'acide tartrique.

Comme l'addition de cet acide dans la mélasse produit la décomposition des carbonates existants, il faut porter la mélasse à l'ébullition, pour chasser l'acide carbonique qui pourrait rester dissous, puis la ramener à la température de 30° C., et y verser la levure.

Par suite de la fermentation, le sucre se décompose en alcool et acide carbonique.

Ce dernier, en se dégageant, produit une diminution de poids de l'appareil dans lequel se fait l'essai.

Comme l'acide carbonique pourrait entraîner de l'eau, on

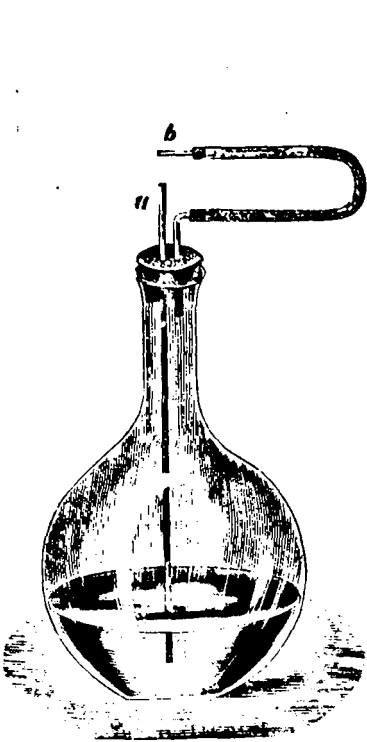


Fig. 19.



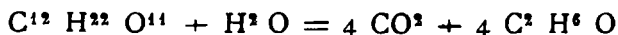
Fig. 20.

le fait passer, avant sa sortie de l'appareil, dans un tube contenant du chlorure de calcium saturé d'acide carbonique, ou dans un tube contenant de l'acide sulfurique. La figure 19 représente un appareil à fermentation muni d'un tube contenant du chlorure de calcium, et la fig. 20 un appareil semblable muni d'un tube contenant de l'acide sulfurique. Lorsque la fermentation est

terminée, on chauffe légèrement, en agitant, puis on aspire par *b* et on fait passer dans l'appareil un courant d'air sec au moyen du tube *a*. La perte de poids de l'appareil provient du dégagement de l'acide carbonique, et, d'après la formule :



ou pour du sucre cristallisable :



on calcule la quantité de sucre. Une partie d'acide carbonique représente 1,941 parties de sucre cristallisable, et, comme d'après Pasteur il n'y a jamais plus des 95 à 96 centièmes du sucre qui se décompose en alcool et acide carbonique, on peut dire que pratiquement 1 partie d'acide carbonique correspond à 2 parties de sucre cristallisable.

Ce procédé, pour la détermination du sucre des mélasses, est encore plus exact que ceux qui sont basés sur les pouvoirs rotatoire et réducteur.

Si on veut déterminer la richesse en sucre d'après la quantité d'alcool obtenu, les tubes à chlorure de calcium ou acide sulfurique sont inutiles. Il suffit de laisser la fermentation se produire librement et de déterminer ensuite la richesse en alcool du liquide par la distillation, ou par toutes les autres méthodes que nous exposons plus loin.

Il est nécessaire d'apporter beaucoup de soins à l'analyse des mélasses difficilement fermentescibles. Nous en reparlerons d'ailleurs au chapitre : « *Fabrication de l'alcool de mélasse.* » D'après Neale, il faut attribuer la difficulté de faire fermenter certaines mélasses à la présence d'acides gras volatils, notamment d'acide butyrique et d'acide formique.

Pour déterminer la proportion de ces acides dans une mélasse, on chauffe vivement la mélasse étendue avec un excès d'acide. Les acides volatils se dégagent et on continue à chauffer jusqu'à ce que la moitié du liquide soit passée à la distillation. On neutralise alors le liquide recueilli avec de l'eau de chaux ou de baryte, puis on sépare l'excès de base par un courant d'acide carbonique à chaud ; on filtre et on évapore le liquide filtré dans une capsule de platine, on dessèche à 100° et on pèse.

On incinère alors le dépôt au rouge vif, pour détruire les acides

organiques et pour produire de la chaux vive ou de la baryte caustique, et on pèse à nouveau. La différence entre les deux pesées donne les acides organiques volatilisés.

D'après Neale, les mélasses difficilement fermentescibles contiennent plus de 1 % d'acides gras volatils, tandis que celles qui fermentent normalement n'en contiennent jamais plus de 0,5 %.

Dans le liquide obtenu par distillation, on reconnaît la présence de l'acide butyrique à son odeur spéciale, et l'acide formique à sa propriété de réduire les solutions alcalines d'argent.

Les nitrites rendent aussi la fermentation des mélasses très difficile : ils nuisent à la fermentation plus que les acides gras.

On reconnaît la présence des nitrites en faisant agir la mélasse, suffisamment acidifiée pour que l'acide nitreux soit en liberté, sur de l'iodure de potassium en présence d'empois d'amidon. L'acide nitreux met en liberté de l'iode qui colore l'amidon en bleu.

Toutefois, les acides gras et l'acide nitreux n'empêchent la fermentation que s'ils sont à l'état libre. On doit donc, lors de l'essai d'une mélasse, la rendre toujours acide; sans cela, on pourrait être induit en erreur. Maercker neutralise d'abord la mélasse exactement, puis y ajoute, par litre, 5^{cc.} d'une dissolution d'acide sulfurique ou muriatique contenant 20 % d'acide. Cette addition suffit dans tous les cas pour mettre les acides nuisibles en liberté, sans gêner la fermentation dans le cas où il ne s'en trouverait pas.

On ne doit pas non plus trop diluer la mélasse, car on pourrait trouver que des mélasses non fermentescibles sont parfaitement fermentescibles, si la dilution a été exagérée. Neale, dans ses nombreux essais, ne descendit jamais au-dessous de 12° Beaumé, soit 21,7° Balling.

V. — ANALYSE DU MALT ET DES MATIÈRES PREMIÈRES SERVANT A SA PRÉPARATION.

Les méthodes d'analyse des matières premières employées à la préparation du malt ne sont pas aussi perfectionnées qu'on pourrait le supposer.

1. — DES GRAINS EMPLOYÉS POUR LA PRÉPARATION DU MALT.

Les recherches doivent se porter sur les points suivants :

1° *Détermination de l'humidité.* — L'orge fraîche est beaucoup

plus humide que l'orge conservée; ainsi Belohoubeck trouva les résultats suivants :

Orge de Bohême, après la récolte, en octobre 1878 : 15,106 % d'eau.
» conservée jusqu'en mai 1879 : 11,998 % »

Il y a donc lieu de tenir compte de la teneur en eau de l'orge employée. Lintner a d'ailleurs reconnu que l'orge fraîche donnait toujours des résultats moins satisfaisants que l'orge conservée, pour la préparation du malt.

2° *De la régularité des différents grains d'orge.* — Pour obtenir une germination régulière, il est nécessaire d'employer une orge dont tous les grains aient approximativement les mêmes dimensions; les gros grains germent, en effet, plus lentement que les petits.

Il est d'ailleurs indispensable de ne travailler qu'une même qualité d'orge, car la trempe et la germination ne sauraient être régulières si on opère sur un mélange d'orge fraîche et d'orge conservée. Il en serait de même pour un mélange d'orges à peaux dure et tendre. On détermine facilement la grosseur des grains en les passant sur des cribles ou tamis; quant aux autres différences, on ne peut les apprécier que par des moyens empiriques.

3° *Détermination des impuretés.* — Cette opération se fera au moyen d'une loupe ou du microscope; la quantité d'impuretés est quelquefois énorme. Belohoubeck trouva, dans une orge de la Pologne russe, 23,6 % d'impuretés consistant surtout en semences de vesces (15 %). Il faut aussi comprendre, dans la recherche des impuretés, les moisissures et les germes de fermentations nuisibles. Le microscope suffit pour ces recherches; mais il est bon de frotter les grains d'orge sous l'eau, ce qui enlève tous les germes, et d'examiner ensuite l'eau de lavage au microscope ou à la loupe.

4° *Détermination du poids de 100 grains de l'orge à essayer.* — Cette détermination doit se faire sur l'orge sèche, car la teneur en eau des diverses orges est très variable.

100 grains d'une orge moyenne de Galicie pesèrent 3,36 gr.
100 » bonne orge de Bohême » 3,6265 gr.

5° *Détermination du poids d'un hectolitre d'orge.* — On arrive à ce résultat en pesant un volume exact d'orge (1/4 à 1/2 litre) et en se servant d'appareils spéciaux. On déduit du résultat ainsi trouvé le poids d'un hectolitre.

6° *Poids spécifique de l'orge.* — Ce résultat est donné par le poids d'un hectolitre d'orge; toutefois, le poids spécifique ainsi obtenu n'est guère exact, par suite de la variété des grains formant l'échantillon. Il serait bon d'employer pour cette détermination des dissolutions de sel de concentrations différentes dans lesquelles on verserait l'orge.

Les orges peuvent être classées comme suit, d'après leurs poids spécifiques :

Orge lourde	densité	1,3 et au-dessus.
Orge de bonne qualité	•	1,2 à 1,3
Orge de qualité moyenne	•	1,15 à 1,2
Orge légère	»	1,05 à 1,15.
Orge à grains creux et vides	•	1,05 et au-dessous.

On commencerait par verser l'échantillon d'orge dans une dissolution de chlorure de calcium, par exemple, d'une densité de 1,3, puis on retirerait de ce vase tous les grains non déposés et on les verserait dans une dissolution de 1,2 de densité, et ainsi de suite jusqu'au dernier vase contenant une dissolution de 1,05 de densité.

Pour déterminer exactement le poids spécifique de l'orge, on peut aussi procéder comme suit : Un flacon, contenant 50 cc. et pesant un poids g , est rempli de pétrole. Soit G le poids du flacon et du pétrole. On vide alors le pétrole du flacon, et on verse dans celui-ci un poids M d'orge, puis on ajoute du pétrole de manière que le flacon soit aussi plein que lors de la pesée du pétrole seul. Soit P le poids du flacon contenant l'orge et le pétrole. Le poids spécifique S de l'orge sera donné par la formule :

$$S = \frac{0,02 M (G - g)}{M - (P - G)} \quad (1)$$

(1) Voici comment s'obtient cette formule .

Le poids spécifique de l'orge étant égal à son poids M divisé par son volume, on a : $S = \frac{M}{V}$.

7° *Détermination des grains écrasés ou ayant subi une altération quelconque à la surface.* — Les grains présentant ces défauts ne doivent pas être employés pour la préparation du malt, car les surfaces ainsi exposées présentent un terrain favorable au développement des ferments nuisibles.

8° *De l'odeur et du goût de l'orge.* — Pendant la récolte ou postérieurement, l'orge peut avoir été mouillée ; elle devient, par ce fait, impropre à la préparation du malt. Cette avarie est facile à reconnaître, en général ; mais, si cette orge a été aérée et nettoyée, puis mélangée à de l'orge bien saine, il est beaucoup plus difficile de la découvrir. L'odeur spéciale, que dégage l'orge qui a été mouillée, se reconnaît cependant en mettant une certaine quantité de cette orge dans un flacon bien bouché et en l'y laissant pendant une heure environ. En débouchant le flacon et en constatant l'odeur qui la dégage, on reconnaîtra la présence de grains avariés s'il y en a.

L'odeur serait encore plus intense en séparant l'échantillon à essayer, suivant l'aspect et la couleur des grains, en plusieurs lots, et en conservant chacun des lots, pendant une heure, dans un flacon fermé.

9° *De la couleur de l'orge.* — La couleur de l'orge est un élément très important. L'orge blanche, à peau fine et tendre, est la plus recherchée ; puis vient l'orge jaune et enfin les orges foncées.

L'orge présentant une teinte brune ou noire aux pointes donnera de mauvais résultats.

Or le volume de l'orge est égal au poids du pétrole déplacé divisé par sa densité, c'est-à-dire :

$$\frac{G - g - (P - M - g)}{\text{densité du pétrole}} = \frac{G - P + M}{\text{densité du pétrole}} = \frac{M - (P - G)}{\text{densité du pétrole}}$$

La densité du pétrole est connue ; puisque le poids $G - g$ de ce corps correspond à un volume de 50 cc., elle est égale à $\frac{G - g}{50}$, et, par suite, le volume du pétrole

déplacé, et par conséquent celui de l'orge = $50 \times \frac{M - (P - G)}{G - g} = \frac{M - (P - G)}{0,02 (G - g)}$.

En remplaçant enfin V par sa valeur dans la formule ci-dessus, donnant le poids spécifique S de l'orge, on obtient :

$$S = \frac{0,02 M (G - g)}{M - (P - G)}. \quad (\text{Note des traducteurs}).$$

10° *De la dureté de l'orge et de l'aspect de sa cassure.* — On vérifie la dureté de l'orge en coupant un grain avec les dents ; les grains mous sont généralement des grains qui ne sont pas arrivés à maturité ou qui ont été mouillés. La cassure doit être blanche et farineuse ; si elle est grise et transparente, on dit que l'orge est grasse et sa valeur est moindre.

L'orge présentant une cassure variant du jaune au brun est la moins estimée.

Maecker indique bien ici que toutes ces considérations se rapportent surtout à l'orge de brasserie et que, pour la distillerie, l'orge ne doit pas toujours avoir des qualités identiques à celle qu'emploient les brasseurs.

11° *De l'acidité de l'orge.* — Cette détermination a été recommandée par Belohoubeck, tout récemment. Elle se fait en broyant 5 à 10 grammes d'orge qu'on chauffe avec de l'eau. On dose ensuite l'acidité avec de la liqueur de soude étendue au 1/10 de la liqueur normale. L'orge contenant plus de 0,4 % d'acide (acide lactique) ne se travaille pas facilement (Belohoubeck). Dans un grand nombre d'essais faits par cet auteur, l'acidité varia de 0,2917 à 0,4061 %.

12° *Recherche, à l'aide du microscope, des ferments organisés produisant la moisissure ou la pourriture.* — Il est inutile de faire ressortir l'importance de cet essai ; nous verrons, en effet, dans les chapitres suivants, que ces ferments sont les ennemis les plus redoutables de la fermentation alcoolique. L'orge ne doit pas en contenir.

13° *Détermination de la teneur en azote de l'orge.* — Comme l'orge n'est employée, dans la fabrication de l'alcool, que pour produire de la diastase, et que ce ferment ne provient que des matières azotées de l'orge, il est certain que, plus la teneur en azote d'une orge sera élevée, plus la formation de diastase sera grande. Il est vrai que cette opinion n'a pas été confirmée par des essais, mais ce chapitre renferme plutôt des indications destinées à être vérifiées et étudiées que des faits bien établis.

14° *De la détermination de l'albumine et des amides de l'orge.* — Cette détermination est précieuse ; elle montre si le grain a déjà subi des avaries. Si le grain est avarié, on rencontre toujours des amides, et d'autant plus que l'avarie est plus grave.

Il n'est pas nécessaire, pour la détermination des amides, d'avoir recours à la méthode de Sachsse et Kormann ou de Schultze; il suffit d'appliquer le procédé de Stutzer (voir page 174).

La différence, entre l'azote total et celui que donne la méthode de Stutzer représente l'azote contenu dans l'orge sous forme d'amides. L'orge saine ne contient pas d'amides.

15° *De la détermination de la régularité du trempage.* — On soumet l'échantillon d'orge à la trempage, et on vérifie ensuite, sur un grand nombre de grains, si l'hydratation s'est faite également.

Une grande régularité est nécessaire pour que la germination se fasse normalement.

16° *De la détermination du pouvoir de germination de l'orge.* — Les grains d'orge qui ne germent pas ne produisent pas de diastase et n'ont donc pas de valeur pour la préparation du malt. On peut vérifier facilement la faculté de germer en procédant comme suit :

On sème 100 grains d'orge dans du sable humide, de manière qu'ils soient seulement recouverts, et on les conserve dans une chambre chaude en arrosant le sable de temps en temps pour l'entretenir légèrement humide.

D'après le nombre de grains qui subissent la germination, on détermine la plus ou moins grande facilité de germer de l'orge essayée. On peut diminuer l'évaporation de l'eau du sable en recouvrant le tout avec une cloche en verre. On peut aussi mettre les grains sur une plaque de grès ou d'argile cuite qu'on maintient humide et diminuer l'évaporation en recouvrant la plaque d'une cloche; celle-ci ne doit pas fermer d'une façon hermétique, afin de ne pas empêcher l'arrivée d'air. Enfin, on peut même se contenter d'étendre les grains sur une feuille de papier buvard humide recouverte d'une cloche en verre. On doit soulever la cloche, plusieurs fois par jour, afin de renouveler l'air. Pour préserver le papier des moisissures, on peut le tremper au préalable dans une dissolution d'acide salicylique à $1/2$ — 1 %.

Stumpf introduit les grains dans un linge humide et obtient ainsi une germination rapide.

L'appareil de Nobbe, qui est très répandu (chez Paul Parey, à Berlin) est représenté par la figure ci-dessous. Il se compose d'une plaque

d'argile cuite, de 20 centimètres de côté et 4 centimètres de hauteur, munie d'une rigole. On remplit la rigole d'eau distillée, (l'eau de puits boucherait les pores), de manière que le vide central soit maintenu humide seulement et qu'il ne s'y amasse pas d'eau.

On place l'appareil dans une chambre ayant une température moyenne (15 — 18° C.), et, après avoir mis les grains dans la cavité centrale, on les recouvre du couvercle représenté fig. 21 b, qui ne ferme pas hermétiquement à cause de petits rebords fixés aux angles. La plaque d'argile comporte encore 4 godets dans lesquels on introduit de la potasse destinée à absorber l'acide carbonique qui se développe pendant la germination. Le couvercle est percé, pour permettre l'introduction d'un thermomètre.

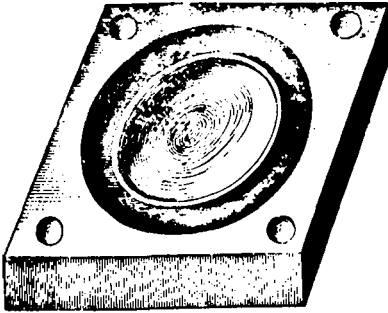


Fig. 21 a.

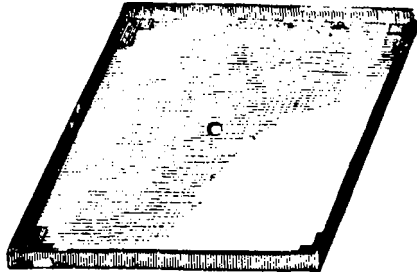


Fig. 21 b.

De Liebenberg a aussi construit un appareil pour les essais de germination : il se compose d'une caisse rectangulaire, en fer-blanc, de 50^{mm} de hauteur, ayant 420^{mm} de longueur 260^{mm} de largeur. On fixe contre les petits côtés des tasseaux de 25^{mm} de hauteur, posant sur le fond, et sur lesquels on pose des bandes de verre de 10^{mm} de largeur. Sur cette surface, on place des bandes de papier buvard dont les extrémités viennent affleurer le fond de la boîte, afin d'attirer, en vertu de la capillarité, l'eau qu'on a versée dans le fond. Sur le papier, on met les grains à essayer.

La boîte est fermée par un couvercle percé de trous sur les côtés, et d'un trou central pour le passage du thermomètre.

Dans le journal « *Zeitschrift für Spiritusindustrie*, 1882, page 289 », il a été décrit un appareil compliqué pour déterminer le

pouvoir de germination des grains ; mais nous n'en parlerons pas, car tous ceux que nous venons de décrire sont suffisants et donnent des indications assez exactes pour les besoins de la pratique.

17° *Détermination de la valeur d'une orge par un essai de maltage.* — Cet essai donne des indications plus sûres que tous ceux dont nous venons de parler.

Il est inutile de le décrire, car il doit être fait dans les mêmes conditions qu'une opération pratique.

2. — DU MALT.

a) *Essai anatomique.* — La plumule du malt vert normal doit atteindre les $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ de la longueur du grain ; elle ne doit point être sortie ou sur le point de sortir. Les radicules doivent avoir $1 \frac{1}{2}$ fois la longueur du grain.

b) *De la recherche des ferments organisés ou des moisissures.* — Les moisissures peuvent se reconnaître à l'œil nu, en examinant les grains brisés ; pour découvrir la présence des ferments, il faut se servir du microscope. Le malt ne doit pas contenir de ferments lactiques, qui diminueraient le pouvoir utile de la diastase. Il ne doit donc pas avoir une forte réaction acide.

e) *De la détermination de l'extrait.* — Cette détermination est beaucoup plus importante pour les brasseurs que pour les distillateurs. Elle se fait en laissant digérer le malt, finement broyé, avec 5 fois son poids d'eau, jusqu'à dissolution complète de tout l'amidon. On étend alors à un volume déterminé et on filtre. Le degré saccharométrique de la liqueur filtrée, ou l'évaporation d'une partie de cette liqueur, donne la quantité de matières dissoutes. Cet essai n'a aucune utilité pour le distillateur, la teneur en diastase du malt étant pour lui le seul élément important.

d) *De la détermination de l'humidité du malt.* — Cette détermination ne se fait que pour le malt vert. On pèse un kilogr. de malt, qu'on dessèche en l'exposant à l'air ou dans une étuve, puis on pèse, et, avant de terminer la dessiccation dans un courant d'hydrogène, on réduit le malt en farine à l'aide d'un broyeur.

Exemple : 1000 gr. donnent, pour la première dessiccation, une perte de 520 gr. ; les 480 gr. qui restent, finement broyés, donnent une

teneur en matière sèche de 85 %; on a donc, pour le malt essayé, ($100 : 85 = 480 : x$; $x = 408$ gr. de matière sèche) une teneur en matière sèche de 40,8 % et, par suite, il contient 59,2 % d'eau.

e) *De la détermination de l'acidité du malt.* — Le malt est toujours acide; mais, par suite d'une fermentation lactique, l'acidité peut être beaucoup trop élevée. L'essai se fait en agitant 10 gr. de malt dans 50cc. d'eau, et en déterminant l'acidité du liquide, non filtré, au moyen d'une liqueur de soude titrée.

f) *De la détermination des quantités d'amides, d'albumine etc, etc, formées pendant la germination.* — Cet essai pourrait donner des indications précieuses, mais, jusqu'à présent, les méthodes découvertes pour ces déterminations n'ont pas été appliquées à la préparation du malt.

g) *De la détermination des matières solubles dans l'alcool.* — Stein prétend qu'un malt de bonne qualité doit contenir 4 % de la matière sèche sous forme de corps solubles dans l'alcool.

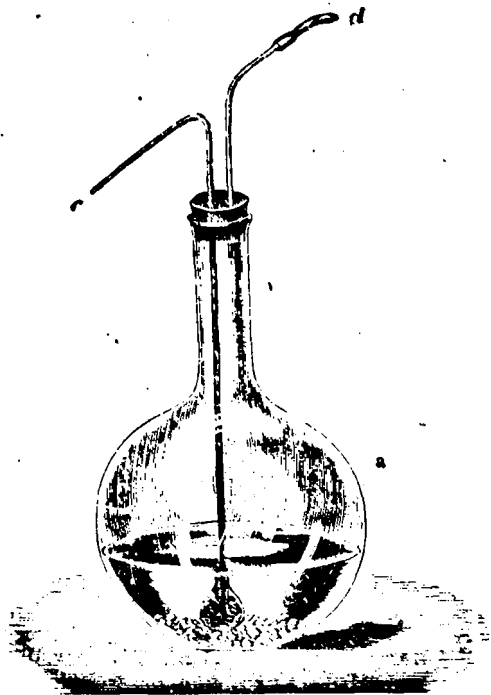


Fig. 22.

Cette détermination peut se faire dans l'appareil représenté par la figure 22.

Cet appareil se compose d'un ballon a, dans lequel on introduit le malt finement broyé. On y verse de l'alcool, et on ferme le ballon avec un bouchon percé de deux trous, dans lesquels passent un tube c terminé en forme d'entonnoir et un tube d.

On place le ballon dans un bain-marie d'eau chaude pour porter l'alcool à l'ébullition.

En soufflant par le tube *d*, on fait sortir l'alcool par le tube *c* et on le reçoit sur un filtre qui retient le malt entraîné.

Le liquide clair est alors évaporé, et on pèse le résidu. L'extrait alcoolique passe difficilement à travers les filtres.

h) De la détermination du pouvoir diastasique du malt. — Dans la 3^e édition de ce livre, Maercker n'avait pu donner que peu de détails sur ce sujet. Depuis, Kjeldahl (Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet, tome I) a étudié cette question et a reconnu que :

1° A des températures variant de 55° à 63° C., l'action de la diastase est constante, et des quantités égales de diastase produisent des quantités égales de maltose et de dextrine, en agissant sur des empois d'amidon.

2° Les quantités de maltose produites sont proportionnelles aux quantités de diastase employées, à condition qu'il y ait un grand excès d'amidon ou de dextrine à transformer.

Kjeldahl employa, pour ces essais, de l'empois d'amidon additionné d'un peu de malt, afin d'obtenir un liquide fluide et comode à manier. Il détermina la proportion du sucre existant dans ce liquide, après l'avoir porté à la température de l'ébullition pour détruire la diastase, et fit alors agir, à la température de 57 à 59° C., des quantités variables de diastase sur ce liquide. L'action de la diastase durait 20 minutes.

L'extrait de malt était formé de 1 partie de malt sec pour 4 parties d'eau.

L'empois d'amidon contenait 4,1 % de matières sèches, dont 0,636 gr. de maltose.

En opérant sur 200 cc. de cet empois, il obtint les résultats suivants :

	Augmentation du sucre.	Différences.
0,5 cc. d'extrait de malt	0,35 gr.	0,35
1,0 •	0,69	0,34
1,5 »	1,03	0,34
2,0 »	1,36	0,33
2,5 »	1,66	0,30
3,0 •	1,91	0,25
3,5 •	2,07	0,16
4,0 •	2,15	0,08

Ces résultats sont représentés par la courbe (fig. 23), dont les abscisses représentent les quantités d'extrait de malt, et les ordonnées les quantités de sucre formé. Il serait préférable d'employer un extrait de malt plus étendu, renfermant, par exemple, une partie de malt sec pour 40 parties d'eau.

Il résulte bien de ces essais que, si on emploie de faibles quantités de malt, en présence de grandes quantités d'amidon, la formation de maltose est proportionnelle à la quantité de malt employé.

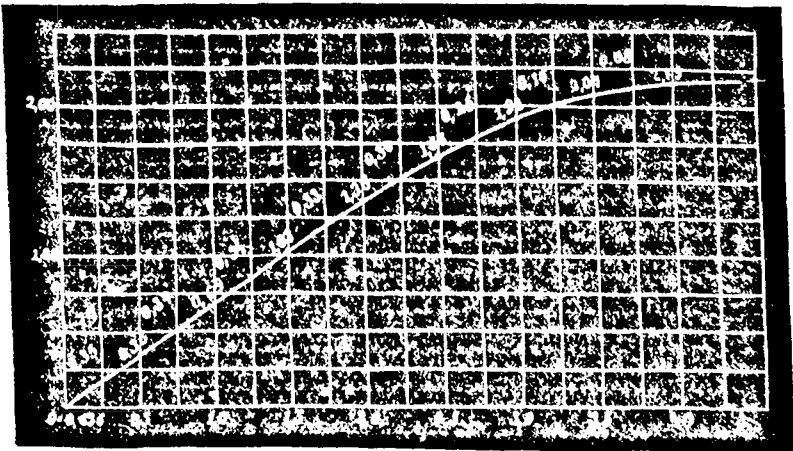


Fig. 23.

Si on représente par $R = 100$ le pouvoir réducteur de la totalité des hydrates de carbone contenus dans le liquide et supposés transformés en dextrose, on reconnaît que la quantité de sucre formé sera proportionnelle à la quantité de diastase employée, jusqu'à ce que le pouvoir réducteur ait atteint $R = 25$ à 30 , ce qui correspond à 40 parties de maltose pour 60 parties de dextrine. Une pareille solution doit encore se colorer en violet-bleu par l'addition d'iode ; donc, si l'iode ne donne plus de réaction, ou même s'il produit une teinte rouge-violacé, c'est l'indice qu'il n'y a pas d'excès d'amidon et que, par suite, la proportionnalité entre la dextrose et la diastase n'existe plus.

3° Pour la préparation de l'extrait, il faut traiter le malt par l'eau pendant assez longtemps, afin que toute la diastase soit dissoute.

Voici, en effet, les résultats trouvés par Kjeldahl, en faisant agir sur de l'empois, pendant des temps variables, 15 cc. d'extrait de malt, obtenu en laissant digérer 25 gr. de malt sec dans 1 litre d'eau

Durée de la digestion.	Augmentation du sucre.
1/2 heure	0,863 gr.
4 "	1,055 "
6 "	1,098 "
12 "	1,105 "

D'après Kjeldahl, on doit laisser le malt sec en contact avec l'eau pendant 6 heures pour obtenir la totalité de la diastase dans l'extrait. Si le malt était finement broyé, au moyen de l'appareil représenté fig. 8, la dissolution de la diastase serait beaucoup plus rapide. Telles sont les différentes observations faites par Kjeldahl.

Maercker conseille de procéder comme suit pour la détermination de la valeur du malt :

1° Nous appellerons unité diastasique la quantité de diastase produisant 1 gr. de maltose dans l'empois de Kjeldahl, le pouvoir réducteur du liquide ne dépassant pas 25 à 30 % de la totalité des hydrates de carbone.

Dans les essais de Kjeldahl, nous avons vu qu'un volume de 5 cc. d'extrait, représentant 0,125 gr. de malt, avait produit 0,34 gr. de sucre; pour 1 gr. de sucre, il faudrait donc 0,368 gr. de malt, et, par suite, ce poids de 0,368 gr. de malt représente une unité diastasique U. D. Le malt essayé en contenait donc :

$$0,368 : 1 = 1 : x ; x = 2,72 \text{ U. D.}$$

2° Pour faire l'essai d'un malt sec, on prendra 25 gr. de ce malt, finement pulvérisé, qu'on versera dans un litre d'eau à la température ordinaire; on laissera digérer pendant 6 heures en agitant fréquemment, puis on filtrera.

Si on avait à essayer du malt vert, on en broierait 25 gr., additionnés d'un peu d'eau, avec un poids égal de sable, puis on le verserait dans 986 cc. d'eau. En effet, le malt vert contient 60 % d'eau, tandis que le malt sec n'en contient que 7,5 %; il s'en suit que les 25 gr. de malt vert contiennent $25 \times 60 \%$, soit 15 gr. d'eau, tandis que les 10 gr. de matières sèches, comptées en malt

sec, ne devraient renfermer que 0,75 gr. d'eau, il y en a donc 15 gr. — 0,75 gr. = 14,25 gr. en trop, qu'il faut déduire du litre d'eau destiné à donner l'extrait. Il faudra donc employer 1000 cc. — 14,25 = 985,75 cc. soit 986 cc. d'eau, pour être dans les mêmes conditions avec le malt vert qu'avec le malt sec.

3° Pour préparer l'empois type, on prend 50 gr. d'amidon de pommes de terre, séché à l'air, qu'on chauffe avec 500 cc. d'eau jusqu'à formation d'empois; on refroidit à 60° C., et on ajoute 25 cc. de l'extrait de malt. On agite fréquemment, et lorsque le liquide est devenu clair, on le ramène à 100° pour tuer la diastase.

On laisse enfin refroidir, on étend à 1 litre, et on dose le sucre dans ce liquide destiné aux essais.

Pour faire l'essai d'un malt, on laisse agir, pendant 20 minutes, 20 cc. d'extrait sur 200 cc. d'empois d'amidon, à la température de 57° à 59° C. au bain-marie, puis on porte jusqu'à l'ébullition et on ramène le liquide au volume primitif en remplaçant l'eau qui s'est évaporée. On détermine alors l'augmentation du sucre. Il va sans dire qu'il faut déterminer, au préalable, la teneur en sucre de l'extrait de malt. Si on trouve que l'augmentation du sucre est comprise entre 0,7 et 1,3 gr., on peut se servir de cet essai pour fixer le nombre d'unités diastasiques contenues dans 1 gr. du malt essayé, car, dans ces conditions, le liquide renferme l'excès d'hydrates de carbone nécessaire. Si, au contraire, l'augmentation du sucre dépasse 1,3 gr. il faut refaire l'essai en n'employant que 10 cc. d'extrait, par exemple, de manière à obtenir environ 1 gr. de sucre.

Si la courbe donnée par Kjeldahl est exacte, elle peut servir aussi pour des augmentations de sucre supérieures. Si, par exemple, pour 20 cc. d'un extrait de malt (1/40), on obtient 2,15 gr. de sucre, on voit que l'abscisse correspondant à 2,15 gr. de sucre égale 4,0; celle qui correspond à 1 gr. de sucre égale 1,4, et par suite :

$$\frac{4,0}{1,4} = \frac{20 \text{ cc. (extrait employé.)}}{x \text{ (extrait à employer pour produire 1 gr. de sucre)}}$$
$$x = 7 \text{ cc.}$$

Il est préférable, cependant, de refaire l'essai et de déterminer l'augmentation de sucre jusqu'à ce qu'on arrive à avoir environ 1 gr. de sucre produit par l'addition d'extrait.

La courbe de Kjeldahl peut, toutefois, servir à faciliter la détermination de la quantité d'extrait nécessaire pour produire 1 gr. de maltose.

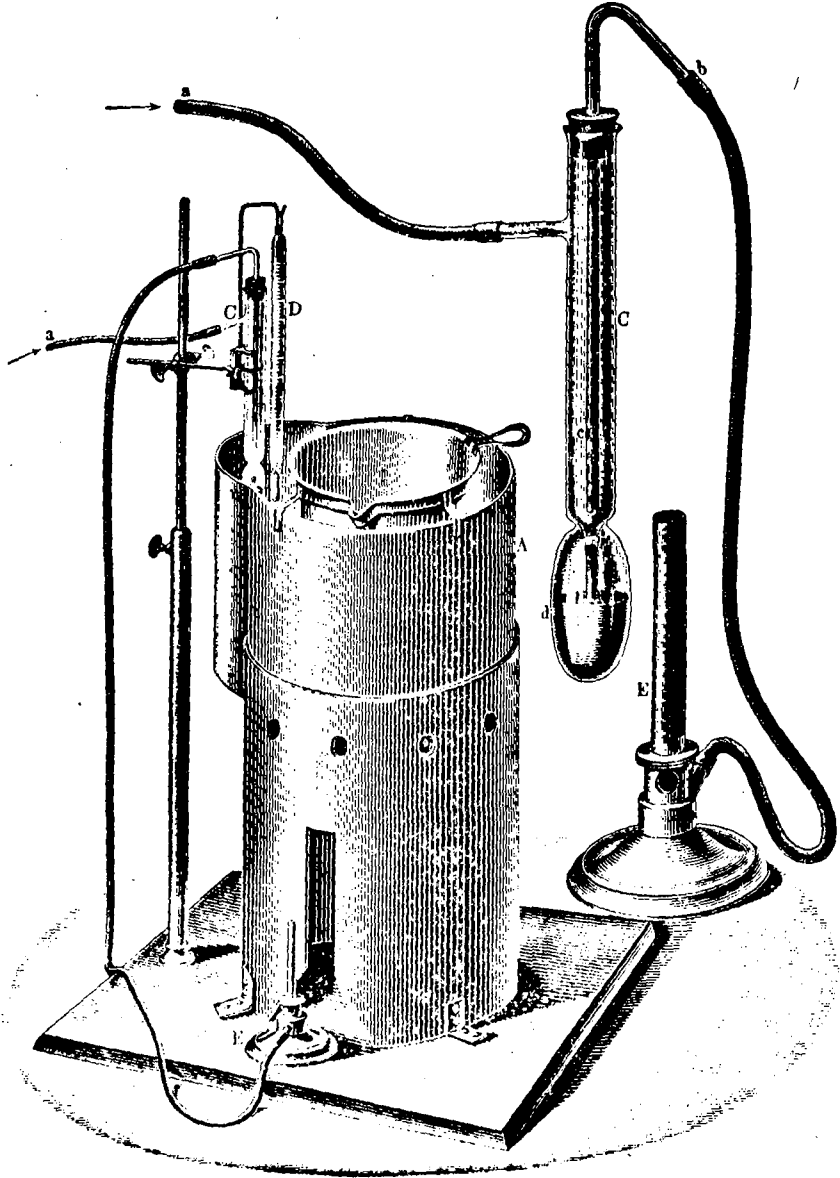


Fig. 24.

Les considérations qui précèdent sont loin d'être suffisantes et n'indiquent pas combien un bon malt doit contenir d'unités diastasiques; cependant cette méthode peut être utilement employée pour comparer deux qualités d'orge entre elles.

Pour faire des essais de saccharification par le malt, il est nécessaire d'avoir un appareil qui donne une température constante. Nous avons représenté fig. 24 l'appareil de Reischauer. Il se compose d'une chaudière en cuivre, contenant de l'huile dans laquelle plonge un réservoir métallique B. On place le vase en verre, contenant le moût, dans le réservoir B. Un thermomètre D et un régulateur de température C sont introduits dans le bain d'huile. La construction du thermorégulateur est très simple. Le gaz y pénètre par *a*, et en sort par les tubes *c* et *b*. Si la température monte, le mercure, contenu au fond du tube C, se dilatera et fermera l'orifice de sortie du gaz *c*. Afin que le bec ne s'éteigne pas, on a ménagé, à la partie supérieure du tube *c*, un petit orifice qui laisse passer la quantité de gaz nécessaire à l'entretien de la flamme.

Si la température du bain d'huile baisse, le mercure se contracte et dégage l'orifice *c*, par lequel passe le gaz.

Soxhlet recommande l'emploi de l'éther pour les basses températures et de l'alcool pour les températures plus élevées (60°).

VI. — ANALYSE DES MOÛTS.

SACCHAROMÉTRIE.

L'essai saccharométrique d'un moût consiste à déterminer le poids spécifique de ce moût au moyen d'un aréomètre spécial appelé *saccharomètre*.

C'est grâce à Balling que cet appareil a été répandu dans les distilleries. La fig. 25 représente un saccharomètre muni d'un thermomètre.

D'après le principe d'Archimède, tout corps plongé dans un

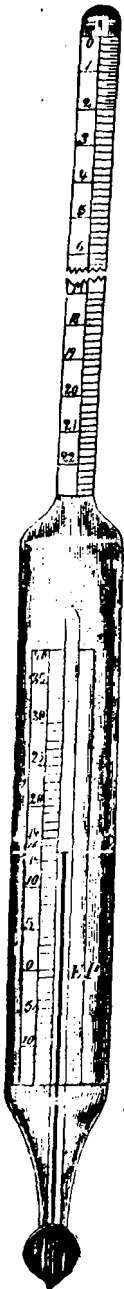


Fig. 25.

liquide perd de son poids, un poids égal à celui du liquide qu'il déplace.

Donc, si l'on plonge un appareil, construit de manière à conserver toujours la direction verticale, dans un liquide d'une densité supérieure à celle d'un autre liquide, et si, dans les deux cas, on suppose que le volume déplacé reste le même, il en résulterait que le poids déplacé serait plus grand dans le premier cas que dans le second.

Supposons, par exemple, qu'un flotteur déplace 50 cc. d'eau, il en résulte pour l'appareil une perte de poids de 50 gr.; si on plonge maintenant le flotteur dans un liquide contenant 20 % de sucre et ayant par suite une densité de 1,0832, et si on admet qu'il déplace encore 50 cc. de ce liquide, il en résulterait une perte de poids de $50 \times 1,0832 = 54,16$ gr. pour le flotteur.

Or cela est impossible, puisque l'appareil flotte dans l'eau avec une perte de poids de 50 gr. seulement; le flotteur plongera donc moins dans la dissolution sucrée, de manière à y déplacer un volume tel que son poids soit de 50 gr. Il est donc facile, en graduant la partie supérieure du flotteur, de déterminer la richesse d'une dissolution quelconque de sucre dans l'eau en y plongeant l'aréomètre et en examinant de quelle quantité il s'enfonce dans le liquide à essayer. La graduation de la tige se fera en plongeant l'aréomètre dans des dissolutions de sucre de richesses connues, et en notant le point d'affleurement correspondant. Il va sans dire que les essais doivent se faire sur des liquides ayant tous la même température.

Les chiffres donnés par Balling ne sont pas rigoureusement exacts; mais ses tables se sont tellement répandues dans la pratique que nous les donnons plus loin, telles qu'elles ont été établies par Balling.

Les précautions suivantes doivent être observées, pour l'emploi du saccharomètre :

1° Le moût à essayer doit être filtré et parfaitement clair. La filtration peut se faire sur un sac en laine ou en toile ; on rejette les premières parties, qui sont généralement troubles et dont le poids spécifique pourrait être influencé par le liquide restant de la filtration précédente. De petites quantités de matières en suspension influant sur les résultats, on ne doit opérer, nous le répétons, que sur des liquides parfaitement filtrés.

On ne doit donc jamais presser sur le sac pour activer la filtration. Il est aussi indispensable d'éviter l'évaporation pendant la filtration ;

2° Le sac à filtrer doit être lavé après chaque opération et ne doit être employé à nouveau qu'après séchage à l'air ;

3° On remplira le vase recevant le liquide filtré jusqu'au bord, de manière qu'après y avoir introduit l'aréomètre il soit complètement plein ;

4° Le point d'affleurement sera la ligne d'intersection du plan formé par la surface du liquide et de l'aréomètre, et non le point auquel arrive le liquide sur la tige de celui-ci.

La figure 26 montre que le véritable degré est 4° 4, intersection du plan *a* et du saccharomètre, et non 3° 6 hauteur à laquelle arrive le liquide sur la tige.

5 L'aréomètre doit être plongé lentement dans le liquide, afin que la partie non immergée ne soit pas mouillée ;

6° L'aréomètre doit être propre et sec ; les matières grasses, changeant l'adhésion avec les liquides, modifieraient les résultats ;

7° La détermination de la richesse doit être faite à la température pour laquelle l'aréomètre a été construit. En général, les aréomètres sont construits pour les températures de 15°,5 ou 17°,5 C.

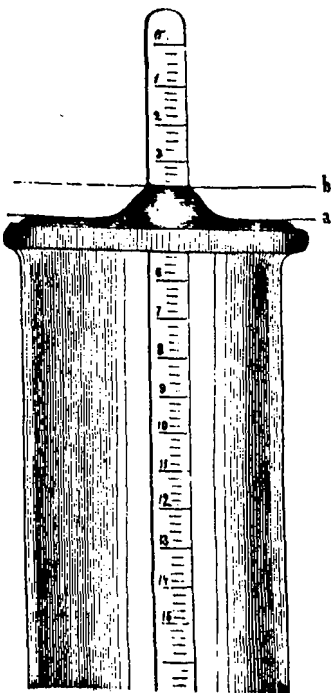


Fig. 26.

TABLE POUR LA TRANSFORMATION DES POIDS SPÉCIFIQUES EN DEGRÉS
SACCHAROMÉTRIQUES BALLING.

Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.
1,0000	0,000	1,0046	1,150	1,0092	2,300	1,0138	3,450	1,0184	4,600
1	0,025	47	175	93	325	139	475	185	625
2	050	48	200	94	350	140	500	186	650
3	075	49	225	95	375	141	525	187	675
4	100	1,0050	250	96	400	142	550	188	700
5	125	51	275	97	425	143	575	189	725
6	150	52	300	98	450	144	600	1,0190	750
7	175	53	325	99	475	145	625	191	775
8	200	54	350	1,0100	500	146	650	192	800
9	225	55	375	101	525	147	675	193	825
1,0010	250	56	400	102	550	148	700	194	850
11	275	57	425	103	575	149	725	195	875
12	300	58	450	104	600	1,0150	750	196	900
13	325	59	475	105	625	151	775	197	925
14	350	1,0060	500	106	650	152	800	198	950
15	375	61	525	107	675	153	825	199	975
16	400	62	550	108	700	154	850	1,0200	5,000
17	425	63	575	109	725	155	875	201	025
18	450	64	600	1,0110	750	156	900	202	050
19	475	65	625	111	775	157	925	203	075
1,0020	500	66	650	112	800	158	950	204	100
21	525	67	675	113	825	159	975	205	125
22	550	68	700	114	850	1,0160	4,000	206	150
23	575	69	725	115	875	161	025	207	175
24	600	1,0070	750	116	900	162	050	208	200
25	625	71	775	117	925	163	075	209	225
26	650	72	800	118	950	164	100	1,0210	250
27	675	73	825	119	975	165	125	211	275
28	700	74	850	1,0120	3,000	166	150	212	300
29	725	75	875	121	025	167	175	213	325
1,0030	750	76	900	122	050	168	200	214	350
31	775	77	925	123	075	169	225	215	375
32	800	78	950	124	100	1,0170	250	216	400
33	825	79	975	125	125	171	275	217	425
34	850	1,0080	2,000	126	150	172	300	218	450
35	875	81	025	127	175	173	325	219	475
36	900	82	050	128	200	174	350	1,0220	500
37	925	83	075	129	225	175	375	221	525
38	950	84	100	1,0130	250	176	400	222	550
39	975	85	125	131	275	177	425	223	575
1,0040	1,000	86	150	132	300	178	450	224	600
41	025	87	175	133	325	179	475	225	625
42	050	88	200	134	350	1,0180	500	226	650
43	075	89	225	135	375	181	525	227	675
44	100	1,0090	250	136	400	182	550	228	700
45	1,125	91	2,275	137	3,425	183	4,575	229	5,725

Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.
1,0230	5,750	1,0280	6,975	1,0330	8,195	1,0380	9,413	1,0430	10,619
231	775	281	7,700	331	219	381	438	431	642
232	800	282	7,700	332	244	382	463	432	666
233	825	283	7,700	333	268	383	488	433	690
234	850	284	048	334	292	384	512	434	714
235	875	285	097	335	316	385	536	435	738
236	900	286	122	336	341	386	560	436	761
237	925	287	146	337	365	387	584	437	785
238	950	288	170	338	389	388	609	438	809
239	975	889	195	339	413	389	633	439	833
1,0240	6,000	1,0290	219	1,0340	438	1,0390	657	1,0440	857
241	024	291	244	341	463	391	681	441	881
242	048	292	268	342	488	392	706	442	904
243	073	293	292	343	512	393	731	443	928
244	097	294	316	344	536	394	756	444	952
245	122	295	341	345	560	395	780	445	976
246	146	296	365	346	584	396	804	446	11,000
247	170	297	389	347	609	397	828	447	023
248	195	298	413	348	633	398	853	448	047
249	219	299	438	349	657	399	877	449	071
1,0250	244	1,0300	463	1,0350	681	1,0400	901	1,0450	095
251	268	301	488	351	706	401	925	451	119
252	292	302	512	352	731	402	950	452	142
253	316	303	536	353	756	403	975	453	166
254	341	304	560	354	780	404	10,000	454	190
255	365	305	584	355	804	405	023	455	214
256	389	306	609	356	828	406	047	456	238
257	413	307	633	357	853	407	071	457	261
258	438	308	657	358	877	408	095	458	285
259	463	309	681	359	901	409	119	459	309
1,0260	488	1,0310	706	1,0360	925	1,0410	142	1,0460	333
261	512	311	731	361	950	411	166	461	357
262	536	312	756	362	975	412	190	462	381
263	560	313	780	363	9,000	413	214	463	404
264	584	314	804	364	024	414	238	464	428
265	609	315	828	365	048	415	261	465	452
266	633	316	853	366	073	416	285	466	476
267	657	317	877	367	097	417	309	467	500
268	681	318	901	368	122	418	333	468	523
269	706	319	925	369	146	419	357	469	547
1,0270	731	1,0320	950	1,0370	170	1,0420	381	1,0470	571
271	756	321	975	371	195	421	404	471	595
272	780	322	8,000	372	219	422	428	472	619
273	804	323	024	373	244	423	452	473	642
274	828	324	048	374	268	424	476	474	666
275	853	325	073	375	292	425	500	475	690
276	877	326	097	376	316	426	523	476	714
277	901	327	122	377	341	427	547	477	738
278	925	328	146	378	365	428	571	478	761
279	6,950	329	8,170	379	9,389	429	10,595	479	11,785

Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.
1,0480	11,809	1,0530	13,000	1,0580	14,190	1,0630	15,371	1,0680	16,534
481	833	531	023	581	214	631	395	681	557
482	857	532	047	582	238	632	418	682	581
483	881	533	071	583	261	633	441	683	604
484	904	534	095	584	285	634	464	684	627
485	928	535	119	585	309	635	488	685	650
486	952	536	142	586	333	636	511	686	674
487	976	537	166	587	357	637	534	687	697
488	12,000	538	190	588	381	638	557	688	721
489	023	539	214	589	404	639	581	689	744
1,0490	047	1,0540	238	1,0590	428	10,640	604	1,0690	767
491	071	541	261	591	452	641	627	691	790
492	095	542	285	592	476	642	650	692	814
493	119	543	309	593	500	643	674	693	837
494	142	544	333	594	523	644	697	694	860
495	166	545	357	595	547	645	721	695	883
496	190	546	381	596	571	646	744	696	907
497	214	547	404	597	595	647	767	697	930
498	238	548	428	598	619	648	790	698	953
499	261	549	452	599	642	649	814	699	976
1,0500	285	1,0550	476	1,0600	666	1,0650	837	1,0700	17,000
501	309	551	500	601	690	651	860	701	022
502	333	552	523	602	714	652	883	702	045
503	357	553	547	603	738	653	907	703	067
504	381	554	571	604	761	654	930	704	090
505	404	555	595	605	785	655	953	705	113
506	428	556	619	606	809	656	976	706	136
507	452	557	642	607	833	657	16,000	707	158
508	476	558	666	608	857	658	023	708	181
509	500	559	690	609	881	659	046	709	204
1,0510	523	1,0560	714	1,0610	904	6,0660	070	1,0710	227
511	547	561	738	611	928	661	093	711	250
512	571	562	761	612	952	662	116	712	272
513	595	563	785	613	976	663	139	713	295
514	619	564	809	614	15,000	664	162	714	318
515	642	565	833	615	023	665	186	715	340
516	666	566	857	616	046	666	209	716	363
517	690	567	881	617	070	667	232	717	386
518	714	568	904	618	093	668	255	718	409
519	738	569	928	619	116	669	278	719	431
1,0520	761	1,0570	952	1,0620	139	1,0670	302	1,0720	454
521	785	571	976	621	162	671	325	721	477
522	809	572	14,000	622	186	672	348	722	500
523	833	573	023	623	209	673	371	723	522
524	857	574	047	624	232	674	395	724	545
525	881	575	071	625	255	675	418	725	568
526	904	576	095	626	278	676	441	726	590
527	928	577	119	627	302	677	464	727	613
528	952	578	142	628	325	678	488	728	636
529	12,976	579	14,166	629	15,348	679	16,511	729	17,659

Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.	Poids spécifiques.	Degrés Balling correspondants.
1,0730	17,681	1,0745	18,022	1,0760	18,363	1,0775	18,704	1,0790	19,045
731	704	746	045	761	386	776	727	791	067
732	727	747	067	762	409	777	750	792	090
733	750	748	090	763	431	778	772	793	113
734	772	749	113	764	454	779	795	794	136
735	795	1,0750	136	765	477	1,0780	818	795	158
736	818	751	158	766	500	781	841	796	181
737	841	752	181	767	522	782	863	797	204
738	863	753	204	768	545	783	886	798	227
739	886	754	227	769	569	784	909	799	250
1,0740	909	755	250	1,0770	590	785	931	1,0800	19,272
741	931	756	272	771	613	786	954		
742	954	757	295	772	636	787	977		
743	977	758	318	773	659	788	19,000		
744	18,000	759	18,340	774	18,681	789	19,022		

TABLE DE BRIX

POUR LES SOLUTIONS SUCRÉES CONCENTRÉES, DONNANT LES POIDS SPÉCIFIQUES ET LES TENEURS EN SUCRE CORRESPONDANTES.

Sucre %	Poids spécifiques.	Sucre %	Poids spécifiques.	Sucre %	Poids spécifiques.	Sucre %	Poids spécifiques.
19,0	1,07884	20,8	1,08688	22,6	1,09503	24,4	1,10329
19,1	928	20,9	733	22,7	549	24,5	375
19,2	973	21,0	778	22,8	595	24,6	421
19,3	1,08017	21,1	824	22,9	640	24,7	468
19,4	062	21,2	869	23,0	686	24,8	514
19,5	106	21,3	914	23,1	732	24,9	560
19,6	151	21,4	959	23,2	777	25,0	607
19,7	196	21,5	1,09004	23,3	823	25,1	653
19,8	240	21,6	049	23,4	869	25,2	700
19,9	285	21,7	095	23,5	915	25,3	746
20,0	329	21,8	140	23,6	961	25,4	793
20,1	374	21,9	185	23,7	1,10007	25,5	839
20,2	419	22,0	231	23,8	053	25,6	886
20,3	464	22,1	276	23,9	099	25,7	932
20,4	509	22,2	321	24,0	145	25,8	979
20,5	553	22,3	367	24,1	191	25,9	1,11026
20,6	599	22,4	412	24,2	237	26,0	072
20,7	643	22,5	458	24,3	283		

TABLE DE BALLING

DONNANT LA TENEUR EN SUCRE DES DISSOLUTIONS DE CE CORPS DANS
L'EAU, D'APRÈS LEURS POIDS SPÉCIFIQUES A LA TEMPÉRATURE
DE 14° R. = 17°,5 C.

Sucre % en poids.	Poids spécifiques.	Sucre % en poids.	Poids spécifiques.	Sucre % en poids.	Poids spécifiques.	Sucre % en poids.	Poids spécifiques.
0	1,0000	20	1,0832	40	1,1794	60	1,2900
1	1,0040	21	1,0877	41	1,1846	61	1,2959
2	1,0080	22	1,0922	42	1,1898	62	1,3019
3	1,0120	23	1,0967	43	1,1951	63	1,3079
4	1,0160	24	1,1013	44	1,2004	64	1,3139
5	1,0200	25	1,1059	45	1,2057	65	1,3199
6	1,0240	26	1,1106	46	1,2111	66	1,3260
7	1,0281	27	1,1153	47	1,2156	67	1,3321
8	1,0322	28	1,1200	48	1,2219	68	1,3383
9	1,0363	29	1,1247	49	1,2274	69	1,3445
10	1,0404	30	1,1295	50	1,2329	70	1,3507
11	1,0446	31	1,1343	51	1,2385	71	1,3570
12	1,0488	32	1,1391	52	1,2441	72	1,3633
13	1,0530	33	1,1440	53	1,2497	73	1,3696
14	1,0572	34	1,1490	54	1,2553	74	1,3760
15	1,0614	35	1,1540	55	1,2610	75	1,3824
16	1,0657	36	1,1590	56	1,2667	75,35	1,3847
17	1,0700	37	1,1641	57	1,2725		dissolu- tion
18	1,0744	38	1,1692	58	1,2783		sucrée
19	1,0788	39	1,1743	59	1,2841		saturée à 14° R.

Pour chaque variation de température, il y a lieu de faire une correction donnée par la table ci-dessous :

Exemple : Quel est le poids spécifique et la teneur en extrait, à 15°,5 C., d'un liquide marquant 20° Balling à la température de 30 C. ?

20° Balling à 30° C. donnent $20° + 14°,5 (30 - 15,5) \times 0,0446$
= 20 + 0,647 soit 20° 65 Balling à 15°,5 C.

De même, pour le poids spécifique, on aura :

$$1,08805 + 14°,5 \times 0,000188 = 1,09078$$

TABLE DE POHL

POUR LA CORRECTION DES POIDS SPÉCIFIQUES ET DES TENEURS EN
EXTRAIT DES MOUTS AUX DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES
(CALCULÉE D'APRÈS LES OBSERVATIONS DE STEINHEIL).

(Tirée du traité « Holzner, Atténuations lehr »).

Poids spécifiques à 15°,5 C.	Corrections des poids spécifiques par 1° C. de température.	Degrés saccharométriq.	Corrections des degrés du saccharomètre par 1° C. de temp.	Poids spécifiques à 15°,5 C.	Corrections des poids spécifiques par 1° C. de température.	Degrés saccharométriq.	Corrections des degrés du saccharomètre par 1° C. de temp.
1,00406	0,0000 66	1	0,0163	1,04712	0,000091	11	0,0224
1,00818	0,0000 67	2	0,0166	1,05161	0,000095	12	0,0235
1,01234	0,0000 69	3	0,0170	1,05613	0,000100	13	0,0247
1,01655	0,0000 71	4	0,0175	1,06066	0,000106	14	0,0261
1,02080	0,0000 73	5	0,0180	1,06521	0,000112	15	0,0277
1,02510	0,0000 75	6	0,0185	1,06977	0,000120	16	0,0296
1,02943	0,0000 78	7	0,0192	1,07434	0,000130	17	0,0321
1,03380	0,0000 81	8	0,0199	1,07891	0,000145	18	0,0357
1,03821	0,0000 84	9	0,0207	1,08348	0,000165	19	0,0397
1,04265	0,0000 87	10	0,0215	1,08805	0,000188	20	0,0446

Les corrections que donne la table ci-dessus doivent être ajoutées au poids spécifique et à la teneur en extrait apparents, pour des températures supérieures à la température normale, et retranchées pour des températures inférieures.

En effet, on sait que le poids spécifique des liquides aqueux augmente jusqu'à + 4° C., température à laquelle correspond le maximum de densité, et qu'au contraire il diminue quand la température du liquide augmente. Un aréomètre plongé dans un liquide froid s'enfoncera moins que dans un liquide chaud, de même composition que le liquide froid, et indiquera par suite une teneur en extrait trop

élevée; l'inverse aurait lieu si la température du liquide était supérieure à la température normale.

Pour des moûts marquant environ 20° au saccharomètre, chaque 1° R. de différence avec la température normale correspond à une correction de 0°,05 du saccharomètre.

Maercker recommande tout spécialement la vérification de chaque saccharomètre, car on rencontre parfois de grandes différences entre ces instruments.

La vérification est d'ailleurs facile à faire; il suffit de préparer des dissolutions de sucre candi sec, de richesses connues, et d'y plonger l'aréomètre.

Il est bon de remarquer que, pour avoir une dissolution de sucre à 10 %, il faut dissoudre 10 gr. de sucre dans 90 gr. d'eau, et non dans 100 gr.

Il existe des saccharomètres, autres que ceux de Balling et de Brix, appelés : « Saccharomètres pour les moûts », qui sont encore basés sur les anciennes mesures et les anciens poids, et indiquent 18° au lieu de 20° B. et 1°,5 au lieu de 2° B. Ils donnent donc de trop faibles teneurs en sucre pour les moûts sucrés.

Peut-on déterminer exactement la teneur en matières fermentescibles (Maltose et Dextrine) d'un moût au moyen du saccharomètre ?

La réponse à cette question doit être négative, car toutes les matières premières employées contiennent, outre les sucres et l'amidon, d'autres corps solubles. Ainsi, pour les pommes de terre, page 83, on trouve 19,806 % d'hydrates de carbone et 3,92 % d'autres matières solubles (non sucre) contenant 1/3, soit 1 % environ, de matières albuminoïdes qui se coaguleront par la chaleur. Il restera donc 2,9 % de matières solubles qui ne constituent pas du sucre et que le saccharomètre indiquera. De plus, par la saccharification au moyen de la diastase, les 3/4 de l'amidon seulement se transforment en sucre, soit 14,85 % qui, se combinant avec de l'eau, donnent 15,68 % de maltose. On aura donc la quantité suivante de matières dissoutes :

15,68 % (maltose) + 4,95 % d'amidon + 2,9 % matières diverses
soit 23,5 % indiquées par le saccharomètre, pour une teneur réelle

en hydrates de carbone de 20,6 % seulement. Il serait utile d'employer, en distillerie, le quotient de pureté, c'est-à-dire le rapport du sucre aux matières dissoutes totales multiplié par 100, qui est d'un emploi général en sucrerie. Dans l'exemple ci-dessus, ce quotient serait

$$\frac{20,6}{23,5} \times 100 = 87,6$$

La connaissance du quotient serait très utile pour calculer les rendements en alcool, car nous verrons plus loin qu'on peut évaluer approximativement la quantité d'alcool que fournira un moût d'après son poids spécifique. Ce calcul donnerait des résultats rigoureusement exacts, si le quotient de pureté était constant ; mais il n'en est pas ainsi, par suite de la grande variété des matières premières.

Delbrück et Maercker prennent pour quotient de pureté le rapport des degrés saccharométriques à la teneur en dextrose déterminée par l'inversion des sucres (maltose et dextrine) au moyen des acides.

Les résultats ainsi obtenus ne sont pas absolus, car dans les moûts il n'y a pas de dextrose, mais de la maltose et de la dextrine.

Or, 100 parties d'amidon correspondent à

100 de dextrine
105,6 de maltose
111,1 de dextrose.

Supposons, qu'un moût, marquant 21°,4 B., ait une teneur en dextrose de 21,15 % ; son quotient de pureté serait

$$\frac{21,15}{21,40} \times 100 = 98,8, \text{ et indiquerait que ce moût ne contient que}$$

0,25 % de matières dissoutes non fermentescibles. Il n'en est pourtant pas ainsi, car les 21,15 % de dextrose correspondent à 19,04 % d'amidon, dont les 3/4, soit 14,28 %, ont été transformés en sucre par la saccharification et ont donné 15,08 % de maltose.

Le total des sucres est donc :

$$15,08 \text{ (maltose)} + 4,76 \text{ (amidon)} = 19,84$$

et le quotient réel devient :

$$\frac{19,84}{21,4} \times 100 = 92,5.$$

La teneur en non sucre est $21,4 - 19,8 = 1,6 \%$.

D'après le coefficient apparent, 98,8, on pourrait croire que la densité finale du moût fermenté doit être $0^{\circ},25$ B.; cependant, le moût, renfermant $1,6 \%$ de non sucre, ne pourra pas descendre au-dessous du degré qui correspond à cette teneur, en admettant, naturellement, que l'alcool ait été chassé du moût fermenté.

On ne doit donc pas oublier que, par l'emploi du coefficient apparent, les résultats qu'on obtient pour le non sucre sont tout à fait erronés. Si on veut avoir des résultats exacts, il faut avoir recours au calcul ci-dessus.

Behrend et Maercker ont fait un grand nombre d'essais sur des moûts de pommes de terre et ont trouvé les quotients suivants :

	minimum.	moyenne.	maximum.
Pommes de terre très riches.....	86	90	92
" riches.....	83	85	86
" moyennes..	80	82	85

Il ressort de ces chiffres que les pommes de terre riches ont un quotient plus élevé que les pommes de terre pauvres. Ce fait s'explique naturellement par la composition des pommes de terre. Nous savons, en effet, que l'augmentation de la teneur en amidon ne coïncide pas avec une augmentation proportionnelle du non sucre. Delbrück a également déterminé un grand nombre de quotients de moûts de pommes de terre, et il a obtenu des résultats variant entre 81 et 89. Il a trouvé pour les moûts de maïs obtenus

sous pression 90—91
 et par les anciens procédés..... 99.

Cette différence doit provenir, pour les moûts de maïs obtenus sous pression, de la décomposition des matières grasses et de la mise en liberté de glycérine lourde et soluble.

Pour des moûts de seigle obtenus, soit sous pression, soit par les anciens procédés, le quotient trouvé a été de 84 à 87.

Maercker, avec la collaboration de Werenskiold, trouva pour les moûts de maïs les résultats suivants (Zeitschrift für Spiritusindustrie 1880, p. 343) :

	Saccharomètre.	Teneur en sucre.	Quotients.
Essai I.	21°,4	21,15 %	98,8
" II.	20°,8	20,32 "	97,7
" III.	21°,4	20,99 "	98,1
" IV.	22°,4	22,10 "	98,7
" V.	21°,4	21,06 "	98,4

ANALYSE DES JUS SUCRÉS.

1. — ANALYSE QUALITATIVE.

On trouve des renseignements à ce sujet aux chapitres « Etude de la Saccharification » et « Matières insolubles contenues dans les moûts ».

a) *Filtration du moût à analyser.* — Pour analyser un moût, on doit d'abord le filtrer ; cette opération se fera au moyen d'un sac de forme allongée, en coton. Si on veut procéder à une analyse quantitative, il va sans dire que le sac doit être complètement sec. On doit, de plus, rejeter les premières parties du liquide qui sont généralement troubles.

b) *Étude chimique de la saccharification.* — Toutes les distilleries devraient avoir de l'iode en dissolution pour suivre la marche de la saccharification. C'est un réactif excellent.

En général, tous les traités de distillerie recommandent de traiter le moût par une dissolution d'iode, et d'observer la coloration produite. Si la teinte bleue apparaît, on peut être sûr que la transformation de l'amidon n'est pas complète ; toutefois, lorsque la coloration bleue ne se produit pas, il se peut encore que la quantité de maltose formée ne soit nullement normale.

L'emploi rationnel de l'iode repose sur les considérations suivantes :

Par suite de l'action de la diastase sur l'amidon, à l'état d'empois, ce corps se transforme en amidon soluble dans l'eau qui donne encore, avec l'iode, une teinte bleue ; une action plus prolongée de la diastase produit de l'amyloextrine qui se colore en violet, en présence d'iode. La coloration rouge, en présence de ce réactif, prend naissance lorsque l'amyloextrine est passée à l'état d'erythroextrine (Brücke) ; puis, lorsque la transformation en maltose et achroodextrine est complète, l'iode ne donne plus aucune teinte, quoique l'achroodextrine puisse, comme les autres dextrines, absorber ce corps (Nægeli).

Les phases successives sont donc :

BLEU, VIOLET, ROUGE, INCOLORE.

On peut facilement se rendre compte de ce phénomène. Il suffit de chauffer 3 gr. d'amidon de pommes de terre (l'amidon de froment subit l'inversion plus difficilement) avec de l'eau, pour en faire de l'empois, puis de refroidir cet empois à 60° C. et d'y ajouter l'extrait filtré de 1 à 2 gr. de malt.

On maintient cette température de 60° C. pendant quelque temps, puis on prélève, de minute en minute, un échantillon de la masse soumise à la saccharification.

On verse ces échantillons dans de petits flacons contenant de l'eau chargée d'un peu d'iode ; on reconnaît alors parfaitement les diverses teintes bleu, violet et rouge.

La maltose prend naissance dans les moûts soumis à la saccharification, dès le début ; mais on n'en obtient le maximum que lorsqu'il ne se produit plus aucune coloration avec l'iode. Il en existe alors dans le moût environ 80 %, soit les $\frac{4}{5}$ de la quantité totale que pourrait donner tout l'amidon contenu dans le liquide ; lorsque la teinte rouge apparaît, il n'y en a guère plus de 50 %. La teinte bleue, donnée par un moût saccharifié, indique donc que l'opération est complètement manquée ; la teinte rouge signifie que la saccharification a bien commencé, mais qu'elle n'a pas été complète ; et l'absence de coloration prouve que l'opération a été bien conduite jusqu'à la fin. L'auteur a toujours remarqué que les moûts sucrés qui donnaient la teinte rouge avec l'iode ne contenaient plus de diastase active. Il en résultait de mauvaises fermentations, la

diastase ne pouvant pas agir, pendant ce phénomène, pour transformer la dextrine non fermentescible en sucre fermentescible.

L'absence de toute coloration ne correspond pas toujours au maximum de maltose; cependant la transformation de l'achroodextrine en maltose se faisant très rapidement, et tout l'amidon étant passé à l'état d'achroodextrine, dans ce cas, le maximum de maltose tend toujours à se produire.

Voici quelles sont les précautions à observer pour l'essai des moûts au moyen de l'iode :

Le moût doit être filtré sur du papier, et ce n'est que sur un liquide parfaitement clair que doit porter l'essai.

Le moût doit être refroidi; nous savons, en effet, que la chaleur modifie les réactions que donne l'iode, en présence d'amidon.

L'iode s'emploiera sous la forme d'une dissolution d'iode dans de l'eau chargée d'iodure de potassium, et non à l'état de teinture alcoolique d'iode.

Pour préparer de la liqueur d'iode, on broiera, dans un mortier, deux parties d'iodure de potassium et une partie d'iode, puis on ajoutera de l'eau jusqu'à ce qu'on ait un liquide rouge brun. Pour obtenir la réaction, on fera agir 4 à 5 volumes de moût sur 1 volume de la liqueur d'iode.

Tous les flacons, ballons, etc., etc., doivent être propres et surtout ne doivent contenir aucune base (ammoniaque, chaux).

On peut aussi rechercher la présence de l'amidon ou de la dextrine dans les moûts fermentés, et, si on en rencontre (teinte rouge), on peut affirmer que la saccharification n'a pas été normale.

c) *Recherche de l'amidon non dissous.* — On remplit un sac, en coton, avec le moût à essayer, puis on le presse vivement pour en expulser le liquide. On agite alors le résidu avec de l'eau, dans un vase cylindrique très haut, puis on laisse déposer.

On décante le liquide clair, on remet de l'eau sur le dépôt et l'on agite.

Lorsqu'il s'est formé un nouveau dépôt, on décante le liquide clair et l'on traite le résidu par l'iode qui donne la coloration bleue si le moût contient de l'amidon non dissous. Avec les nouveaux appareils, sous pression, on ne trouve plus d'amidon non transformé

d) *Etude physique du moût.* — Pour se rendre compte de l'état de division des matières premières contenues dans le moût, on verse $1/2$ à 1 litre de moût sur un tamis dont les mailles ont 1 mm. carré, puis on laisse couler sur le tamis un filet d'eau, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun entrainement de la matière. Le résidu contient alors les grains et les morceaux de maïs, malt, pommes de terre, etc., etc., et donne une idée de l'état de division du moût.

Une analyse quantitative pourrait seule donner des indications certaines.

2. — ANALYSE QUANTITATIVE.

a) *Détermination de l'amidon non dissous dans les moûts sucrés.*

On pèse 1000 gr. de moût, puis on les verse dans un flacon d'une contenance de 8 à 10 litres; on y ajoute de l'eau, tout en laissant un vide suffisant pour pouvoir agiter vivement le liquide. Après agitation, on laisse reposer pendant 24 heures environ, puis on décante le liquide clair avec un siphon ou une pipette. On recommence cette opération 10 fois, afin d'enlever toutes les matières solubles et surtout la maltose et la dextrine, car l'amidon insoluble doit se doser à l'état de dextrose après inversion.

Il suffit, après le premier lavage, de laisser le liquide déposer pendant 8 heures environ au lieu de 24 heures. Après le dernier lavage, on amène le dépôt sur un filtre, puis, après l'avoir lavé à l'eau, on le lave à l'alcool et enfin à l'éther.

Avant que l'éther soit complètement évaporé, on détache le dépôt du filtre, ce qui est très facile, puis, après dessiccation à 100°C. , on le laisse à l'air pour qu'il s'hydrate légèrement et on le pèse. On le broie alors très finement, et on chauffe 2 à 3 gr. de la farine, additionnée d'eau, dans des flacons sous pression à la température de 135° à 140°C. On transforme ensuite en dextrose, par l'acide muriatique, l'amidon devenu soluble, en procédant de la manière que nous avons indiquée page 146.

Autrefois, on traitait directement la farine, additionnée d'eau acidulée, sous pression; mais les résultats ainsi obtenus étaient trop élevés. L'extrait de malt ne pouvait être employé, car l'amidon non dissous résiste à l'action de la diastase.

Pour des analyses qualitatives, le lavage à l'eau du moût, et la

manière dont le dépôt se forme, donnent des indications très sûres. En agitant énergiquement un litre de moût avec 6 à 8 litres d'eau, puis en laissant déposer, on voit d'abord que les morceaux de pommes de terre ou les grains de malt gagnent le fond, puis viennent les parties plus fines. On peut de la sorte reconnaître facilement la quantité de morceaux de pommes de terre non attaqués, et surtout les grains de malt qui n'ont pas été écrasés par le broyeur.

b) Détermination de la maltose et de la dextrine. — Cette détermination est nécessaire pour connaître la teneur du moût en hydrates de carbone et aussi pour savoir quel est le rapport de la maltose et de la dextrine.

Si on appelle R le pouvoir réducteur des hydrates de carbone contenus dans le moût après l'inversion par l'acide muriatique, on doit avoir, pour le moût non interverti par les acides, un pouvoir réducteur $= \frac{R}{2}$ ou, si, on admet que $R = 100$, on doit trouver pour le moût naturel 50 à 52, si la saccharification par la diastase a été bonne. Ce pouvoir réducteur correspond à 75 à 80 de maltose pour 25 à 20 de dextrine, ce qui est le rendement normal.

La détermination du pouvoir réducteur du moût, en présence de liqueur cuivrique, est donc très importante. Anciennement, on représentait le rapport de la maltose à la dextrine par les lettres $\frac{S}{D}$ (rapport du sucre à la dextrine), parce qu'on croyait que le sucre formé (maltose) était de la dextrose ou du sucre interverti, et on admettait que, pour un moût bien saccharifié, le rapport de $\frac{S}{D}$ devait être égal à 1, car le pouvoir réducteur de la dextrose est beaucoup plus élevé que celui de la maltose.

Nous savons maintenant que le rapport de la maltose à la dextrine $\frac{S}{D} = \frac{3}{1}$, quand la saccharification a été normale.

Voici comment on détermine la teneur en hydrates de carbone d'un moût et le rapport de $\frac{S}{D}$.

Détermination de la teneur en maltose ; On pèse exactement 10 gr.

de moût qu'on étend avec de l'eau à 250 cc. On emploie 25 cc. de cette dissolution pour la réduction de la solution cuivrique, en suivant les indications données à la page 134. On doit se rappeler que la maltose réduit lentement la liqueur cuivrique, et qu'il faut une ébullition de 4 minutes, en présence d'un excès de réactif, pour avoir une réduction complète. En opérant avec une liqueur contenant 1 % de maltose, 100 parties de maltose réduisent 113 parties de cuivre (pas de sousoxyde), et avec une liqueur à 1/2 % de maltose, 100 parties réduisent 114 parties de cuivre.

Détermination de la totalité des hydrates de carbone fermentescibles. — 50 gr. de moût sucré sont étendus à 250 cc. On prend 50 cc. de ce liquide qu'on étend à 200 cc., puis on y ajoute 20 cc. d'acide muriatique, et on opère la saccharification dans un flacon qu'on maintient pendant 3 heures à la température de 100° C. On sature l'acidité du liquide, après refroidissement, avec une liqueur de soude d'un titre connu, puis on étend à 500 cc., et on prélève 25 cc. de cette liqueur qu'on fait agir sur la solution cuivrique. Le résultat se calcule au moyen des tables d'Allihn pages 135, 136 et 137.

Exemple : *Détermination de la maltose* : 9,877 gr. de moût furent étendus à 250 cc.; 25 cc. de ce liquide réduisirent 0,1833 gr. de cuivre (après déduction des cendres et du cuivre retenu par le papier); ils contenaient donc

$$0,1833 \times \frac{100}{113} = 0.1622 \text{ gr. maltose}$$

soit 16,42 %.

Détermination de la dextrose. — 50 gr. de moût furent étendus à 250 cc., puis 50 cc. de ce liquide furent saccharifiés et étendus à 500 cc.; 25 cc. réduisirent 0,2201 gr. de cuivre = 0,1133 gr. de dextrose (d'après la table d'Allihn) soit 22,66 % de dextrose.

Or les 16,42 % de maltose correspondent à 17,29 % de dextrose; il reste donc 22,66 — 17,29 = 5,37 % de dextrose provenant de la dextrine existant dans le moût. Comme 100 de dextrose correspondent à 90 de dextrine, il y avait donc dans le moût naturel :

$$5,37 \times \frac{90}{100} = 4,83 \text{ \% de dextrine,}$$

et la composition réelle du moût était

Degrés saccharométriques.....	25°,9	
Maltose.....	16,42	} 22,66 de dextrose.
Dextrine.....	4,83	
Non sucre.....	4,65	
D (1)	$\frac{1}{1}$	
M	$\frac{1}{3,4}$	
Quotient de pureté réel (2).	82,0	
Quotient apparent (3)	87,5	

Pour déterminer le sucre (maltose) formé dans les moûts par l'action de la diastase, on peut faire agir le moût dilué (10 gr. de moût étendus à 250 cc., traités par 25 cc. et 60 cc. liqueur de Fehling) directement sur la liqueur cuivrique en suivant les prescriptions données précédemment. Les résultats sont généralement un peu trop élevés, tant à cause de la précipitation d'une petite quantité de phosphate de chaux, que par suite de l'action réductrice des non sucres. On peut éviter cet inconvénient en traitant le moût par le sous-acétate de plomb, et, afin de faciliter la filtration, en produisant dans le liquide un précipité volumineux qui entraîne le précipité plombique.

On peut employer, dans ce but, du sulfate d'alumine et du phosphate de soude, ou bien une dissolution de tannin en présence d'un excès d'acétate de plomb. Il suffit, d'ailleurs, dans la généralité des cas, d'ajouter au moût quelques gouttes d'acide sulfurique qui donnent du sulfate de plomb insoluble englobant le précipité organique et facilitant son dépôt.

Les agents de clarification n'agissent cependant qu'à condition d'être employés dans des dissolutions étendues.

c) Détermination des autres matières contenues dans les moûts.

— Dans certains cas, on peut avoir intérêt à doser les matières azotées contenues dans les moûts. L'azote se déterminera en évaporant 8 à 10 gr. de moût filtré dans l'évaporateur de Hoffmeister et en suivant la méthode de Stutzer. L'acidité du

(1) Rapport de la dextrine à la maltose.

(2) Quotient obtenu d'après la teneur en maltose et dextrine.

(3) Quotient obtenu d'après la teneur en dextrose

moût se dosera d'après les procédés que nous donnons plus loin pour faire ce dosage dans le levain et dans les moûts fermentés.

La détermination de la matière sèche se fait souvent au moyen du saccharomètre; si on veut la doser plus exactement, on desséchera, dans le tube de Liebig, 15 à 20 gr. de moût, dans un courant d'hydrogène, ou de gaz d'éclairage, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de perte de poids. On peut aussi avoir recours à l'évaporateur de Hoffmeister; mais, dans ce cas, il ne faut opérer que sur 10 gr. au plus de moût filtré et dessécher dans l'étuve à 100° C., jusqu'à poids constant.

Les échantillons de moût sucré doivent toujours être prélevés avant l'addition du levain, car, quels que soient les moyens d'agitation dont on dispose, on ne peut éviter que le levain ne monte à la surface et que, par suite, l'échantillon prélevé n'indique une teneur en sucre inférieure à la richesse réelle.

On obtient aussi presque toujours, lorsqu'on procède ainsi, un rendement en alcool supérieur à celui qu'aurait dû donner la richesse en sucre du moût mis en fermentation.

Dans le chapitre traitant des moûts fermentés, on trouvera des indications concernant les corrections que nécessite le *marc* des moûts.

ANALYSE DE LA LEVURE.

On recherche dans la levure les mêmes éléments que dans les moûts : maltose, dextrine, alcool, en suivant les procédés que nous venons de décrire.

1) *Détermination de l'acidité de la levure.* — Cette détermination se faisait anciennement avec l'oxymètre de Lüdersdorff qui a été remplacé par un nouvel appareil inventé par Delbrück.

Les résultats que donne la méthode de Delbrück sont plus exacts, d'ailleurs, que ceux obtenus par le procédé de Lüdersdorff.

L'appareil de Lüdersdorff se compose d'un tube divisé portant à sa partie inférieure une boule dans laquelle on introduit la levure ou le moût à essayer. L'appareil est rempli jusqu'au zéro avec la levure, puis on y ajoute graduellement une dissolution étendue



Fig. 27.

laine *d*. Pour arriver à avoir le volume exact de moût dans la

d'ammoniaque, jusqu'à ce que le papier de tournesol rouge passe au bleu lorsqu'on le trempe dans le liquide. Il faut, après chaque addition d'ammoniaque, agiter vivement le ballon.

L'appareil de Lüdersdorff est représenté par la figure 27.

Cet appareil contient, jusqu'au zéro, 13,34 à 13,36 cc. et chaque division du col représente 0,462 à 0,464 cc.

La dissolution ammoniacale a un poids spécifique de 0,997 et contient 1,24 % d'ammoniac.

Le papier de tournesol se prépare en trempant du papier collé dans de la teinture de tournesol neutralisée par de l'acide.

La méthode de Delbrück s'applique avec l'appareil représenté par la figure 28.

On remplit de moût filtré la pipette *c* jusqu'au trait, puis on verse ce liquide dans une capsule en porce-

pipette, on la remplit de manière que le liquide dépasse un peu le trait, en aspirant à la partie supérieure; puis on bouche le trou avec le doigt, et, en soulevant celui-ci légèrement, on laisse couler le liquide hors de la pipette, goutte à goutte, jusqu'à ce que le niveau coïncide avec le trait de jauge. Le volume de moût ainsi obtenu représente 20 cc. Pour saturer l'acidité de ce moût, on emploie de la liqueur de soude normale qu'on laisse tomber goutte à goutte dans la capsule *d* au moyen de la burette *b*, qu'on remplit à chaque essai jusqu'au zéro avec le réservoir à liqueur de soude *a*.

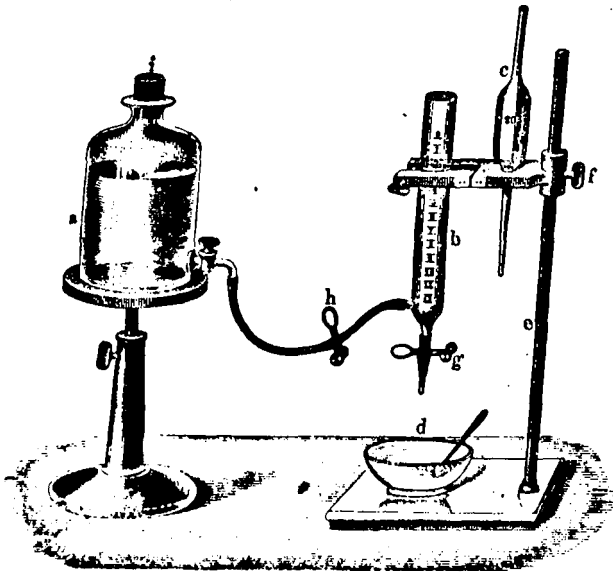


Fig. 28.

Il suffit, pour cela, de presser légèrement la pince *h* et de donner un peu d'air au réservoir en soulevant le bouchon. La burette peut glisser le long du support *e*, de manière à utiliser jusqu'à la dernière goutte de liqueur de soude du réservoir *a*, sans toucher à celui-ci. Cette disposition évite les pertes de liqueur. Lorsque la burette est pleine jusqu'au zéro, on laisse tomber goutte à goutte la liqueur de soude dans le liquide à essayer, contenu dans la capsule en porcelaine, jusqu'à ce que toute l'acidité soit saturée. On reconnaît que la neutralisation est atteinte lorsqu'un papier de tournesol ne se colore plus en rouge quand on le trempe dans le liquide

Il ne faut pas verser de la teinture de tournesol dans la capsule de porcelaine, car le tournesol donne avec le moût une teinte verte qui rend difficile l'appréciation de la neutralisation.

La liqueur de soude est telle qu'un centimètre cube correspond à

0,09 gr. d'acide lactique,
0,06 gr. d'acide acétique,
0,049 gr. d'acide sulfurique.

Donc, si pour 20 cc. de moût, on emploie 1 cc. de liqueur de soude, un litre de moût contient :

$$\frac{0,09 \text{ gr.}}{20} \times 1000 = 4,5 \text{ gr. d'acide lactique.}$$

On ne doit pas employer plus de :

1 cc. liqueur de soude pour	20 cc. de moût fermenté.
2 cc. "	20 cc. de moût-levain (1).
2,5 cc. "	20 cc. de levain (2).

1 cc. liqueur de soude représente approximativement 2 degrés d'acidité Lüdersdorff.

Delbrück appelle degrés d'acidité le nombre de centimètres cubes de liqueur de soude employés à la saturation de 20 cc. du liquide à essayer.

2) *Pouvoir fermentescible de la levure.* — Les méthodes employées pour la détermination du pouvoir fermentescible de la levure n'ont été appliquées qu'à la levure pressée; mais elles peuvent aussi bien être utilisées pour l'essai du levain des distilleries. Elles reposent toutes sur la mesure de l'énergie avec laquelle la levure décompose les solutions sucrées et sur l'intensité du commencement de la fermentation.

(1) Nous entendons par moût-levain, le liquide sucré dans lequel on a développé la fermentation lactique, avant l'addition de la levure.

(2) Le levain est le liquide sucré, acidifié par l'acide lactique, dans lequel, après l'arrêt de la fermentation lactique, on a développé la fermentation alcoolique par l'addition d'une certaine quantité de levure d'une opération précédente. Lorsque la levure ajoutée s'est suffisamment développée, on prélève du levain une quantité de levure égale à celle qu'on a ajoutée, pour l'utiliser pour la préparation d'un nouveau levain. (Note des traducteurs).

On mesure facilement ces deux éléments d'après l'acide carbonique dégagé par suite de la décomposition du sucre. L'acide carbonique peut être mesuré directement (Hayduck) (1 cc. d'acide carbonique humide à la température moyenne de 17°,5 C. et à la pression atmosphérique normale pèse 1,812 mgr. et correspond à 3,521 mgr. de sucre cristallisable) ou bien déterminé par perte de poids au moyen d'appareils spéciaux que nous avons décrits à propos de l'analyse des mélasses.

Tous ces procédés n'ont d'ailleurs de valeur que lorsqu'ils sont appliqués dans des conditions identiques ; il faut opérer sur des quantités égales de levure et sur des moûts de même concentration, les températures des fermentations et leur durée doivent être aussi semblables si l'on veut obtenir des résultats comparables entre eux. Il serait donc nécessaire qu'une entente se produisît à cet égard ; cependant, l'auteur, ne saurait encore faire de propositions définitives à cause du grand nombre de points obscurs qui existent dans ce procédé d'analyse.

Ainsi, par exemple, les résultats différeront sensiblement si on emploie de l'eau de forage ou de l'eau distillée pour la dissolution du sucre, à cause des matières salines nutritives qui se trouvent dans la première. Meissl a proposé l'emploi d'un mélange de 25 gr. de phosphate d'ammoniaque ou de potasse et de 400 gr. de sucre cristallisable.

Hayduck conteste l'avantage de ce mélange, et Meissl, de son côté, prétend que le procédé de Hayduck, basé sur la mesure du volume de l'acide carbonique, est inexact, de sorte que cette question n'est pas encore résolue et que nous devons renvoyer le lecteur aux discussions qui ont eu lieu dans le journal « *Zeitschrift für Spiritus industrie* » Hayduck, 1882, p. 226 ; Meissl, 1883, p. 933 ; Hayduck, 1883, p. 965 ; Meissl, 1884, p. 129 ; Hayduck, 1884, p. 135.

3^o *Méthode consistant à évaluer, au microscope, le nombre de cellules de la levure.* Cette méthode a été indiquée par Panum (Nord. med. archiv.) et Pedersen, après l'avoir expérimentée avec l'appareil Hayem-Nacbet, l'a décrite dans le volume I, *Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet*.

Ce procédé consiste à délayer une certaine quantité de levure dans

de l'eau et à compter, par un examen au microscope, le nombre de cellules existant dans un très petit volume connu.

La fig. 29 représente le récipient employé pour mesurer la levure délayée. Sur le plateau du microscope, qui doit être rigoureusement plan, on pose un morceau de verre d'une épaisseur égale à 0,1 à 0,2 mm. et portant un vide circulaire. Connaissant le diamètre de ce trou, on peut facilement calculer le volume de liquide qu'il peut contenir lorsqu'on le remplit complètement et qu'on le recouvre ensuite d'une petite plaque de verre bien plane. Il suffit d'un agrandissement de 150 fois pour pouvoir

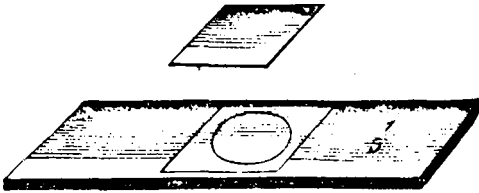


Fig. 29.

compter les cellules de levure; mais, comme il serait trop long de les compter toutes, l'objectif est divisé en carrés ayant 0,05 mm. de côté. Le carré que l'œil aperçoit con-

tient, pour une surface de 0,0025 mm. carrés et une hauteur de liquide de 0,1 mm., 0,00025 mm. cubes et est considéré comme *unité de volume*.

MANIÈRE D'OPÉRER. — On mesure exactement 50 cc. du moût à essayer non filtré, et on les verse dans un vase contenant 500 cc.; on remplit ce dernier avec de l'eau distillée, on agite convenablement, puis on en prélève rapidement une goutte au moyen d'un tube en verre et on la dépose dans la chambre qu'on recouvre aussitôt avec la plaque de verre. Lorsque le moût est très riche en levure, on étend les 50 cc., pris comme échantillon, à 1000 cc.; d'ailleurs, l'addition d'eau doit être telle qu'il ne se trouve que 2 à 3 cellules de levure dans l'unité de volume. A l'examen du microscope, on voit, dans un sens, environ 12 unités de volume; on compte le nombre de cellules dans chacune d'elles, puis on déplace le verre et on recommence à compter ainsi à 4 ou 5 places différentes. Pour obtenir des résultats rigoureusement exacts, il est nécessaire de faire l'examen de 3 à 4 échantillons de la levure diluée, de sorte qu'il y a lieu de faire en tout 15 à 20 additions, de prendre la moyenne de

ces résultats et de la rapporter au moût non dilué. Pour trouver le nombre absolu de cellules contenues dans un litre de moût, il suffit de se baser sur l'unité de volume qui égale 0,00025 mm. cubes.

Cette méthode donne d'excellents résultats et est très employée pour des essais comparatifs dans les distilleries, et notamment pour constater 1° à quel moment de la fermentation la levure se reproduit ; 2° quand la reproduction prend fin ; 3° si le nombre de cellules employées est suffisant pour la mise en fermentation ; 4° si la reproduction des cellules est suffisante pendant la fermentation ; 5° si des modifications apportées au travail produisent une augmentation ou une diminution de la levure ; 6° jusqu'à quel point la levure disparaît par l'enlèvement de la mousse, dans la fabrication de la levure pressée.

R. Zeiss, fournisseur de l'association des distillateurs de Berlin, livre des plaques de verre pour ces essais de levure.

4° *Examen microscopique de la forme de la levure.* — D'après Delbrück, on ne peut reconnaître la qualité de la levure par le microscope que dans des cas spéciaux, et notamment lorsqu'on se trouve en présence de levure très avariée ou très chargée de bactéries.

Par contre, le microscope peut rendre d'utiles services dans une usine pour l'examen comparatif, lorsqu'il s'agit, pour des raisons pratiques, de produire de la levure d'un aspect déterminé. Lors de l'examen microscopique, on doit tenir compte de la grandeur des cellules, de leur uniformité, de leur forme (ovale ou ronde), de l'épaisseur des parois des cellules, de l'apparition de gouttelettes grasses, de l'état du contenu des cellules, etc., etc.

Le procédé indiqué par Lintner pour distinguer les cellules saines des cellules mortes, d'après leur faculté d'absorber des matières colorantes (bleu d'aniline), n'est d'aucune utilité, d'après Delbrück, dans le travail de la distillerie ; par contre, l'auteur a appris que ce procédé pouvait rendre de grands services dans la brasserie. D'après Lintner, les cellules vivantes n'absorbent pas de matière colorante, tandis que les cellules mortes sont immédiatement pénétrées par la matière colorante. Le bleu d'aniline, recommandé par Lintner, ne paraît pas être convenable pour les essais faits avec des moûts

riches en alcool ; dans ce cas, le bleu d'indigo neutre, ou présentant des traces d'acide, conviendrait mieux.

La dissolution d'indigo se prépare en broyant 4 parties d'acide sulfurique concentré avec une partie d'indigo finement pulvérisé; on laisse reposer pendant 24 heures, puis on ajoute au mélange 20 à 30 fois son volume d'eau distillée et on chauffe vers 40° à 50° au bain-marie. On sature ensuite presque complètement l'acide par de la craie, on décante et on termine la neutralisation par du carbonate de potasse ou de soude.

Pour faire l'essai avec la levure, on prend une goutte de moût, passé à travers un tissu très fin, à laquelle on ajoute une goutte de la dissolution d'indigo qu'on laisse agir pendant quelques secondes. On étend alors l'échantillon coloré avec 20 gouttes d'une faible dissolution sucrée, on le mélange convenablement et on en porte une goutte sur l'objectif du microscope. Plus on y trouvera de cellules colorées, moins la levure sera bonne; dans une bonne levure, on ne doit pas trouver plus de 3 à 4 % de cellules colorées. Dans tout examen microscopique de la levure, on doit attacher une grande importance à la présence de ferments secondaires et d'organismes nuisibles au développement de la levure. Ces recherches étant encore très récentes, l'auteur ne saurait en parler. Hansen a fait des recherches sur ce sujet et les a publiées dans le *Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet*.

5° *Contrôle de la teneur en azote et de sa transformation dans la levure.* On a souvent occasion de faire des essais dans ce sens, lorsqu'on étudie le pouvoir reproducteur de la levure, son énergie fermentescible, etc. Le procédé employé pour ces déterminations a déjà été décrit.

On doit rechercher :

- 1° L'azote total du levain (du liquide et de la levure);
- 2° L'azote soluble;
- 3° L'azote insoluble;
- 4° L'azote contenu dans les cellules de levure. La teneur en azote des cellules varie, d'après les essais de Hayduck et Delbrück, dans de grandes proportions; il semble que plus la levure est riche en azote, plus son pouvoir fermentescible est élevé. Pour faire cette détermination, on devra séparer la levure du moût par filtration,

puis la laver à l'eau, la sécher et déterminer l'azote sur la levure sèche ;

5° Les divers composés de l'azote dans le moût et dans la levure. Il y a lieu, pour cela, de déterminer :

a) Les matières albuminoïdes, d'après la méthode de Stutzer.

b) Les matières albuminoïdes décomposables, d'après leur solubilité dans le suc gastrique chargé de pepsine (méthode Stutzer). Ce dernier considère que les matières albuminoïdes insolubles dans ce liquide sont de la nucléine, et ne peuvent être utilisées par les cellules de levure. Des recherches dans cette voie pourraient apporter beaucoup d'éclaircissements à la relation qui existe entre le pouvoir fermentescible de la levure et sa teneur en matières albuminoïdes.

c) Les matières azotées non albuminoïdes (amides).

Cette détermination peut se faire d'après la méthode de Sachsse-Kormann, ou par différence entre les matières azotées totales et les matières albuminoïdes.

6° *La teneur en amidon de la levure pressée.* Cette détermination ne peut se faire, en aucun cas, par l'inversion directe de la levure à essayer au moyen de l'acide chlorhydrique, car, non seulement l'amidon, mais aussi d'autres substances, acquerraient le pouvoir de réduire la dissolution cuivrique. Comme, en général, la levure n'est falsifiée que par de la féculé de pommes de terre pure, on peut la déterminer facilement en opérant comme suit : 10 gr. de levure additionnés de 100 cc. d'eau sont chauffés à 60-70° C., pendant 20 minutes, pour obtenir de l'empois, puis additionnés de 10 cc. d'extrait de malt (100 gr. de malt vert dans 500 cc. d'eau) et chauffés au bain-marie à 60° C. pendant une demi-heure ; on étend ensuite à 250 cc., on filtre et on traite 200 cc. par 15 cc. d'acide muriatique de 1,125 de densité ; lorsque l'inversion est complète, on étend à 500 cc. et on utilise 25 cc. pour l'essai avec la liqueur cuivrique.

ANALYSE DES MOUTS FERMENTÉS.

La précaution la plus importante à observer pour l'analyse des moutés fermentés est d'éviter toute évaporation pendant la filtration.

Il est nécessaire aussi d'avoir des liquides tout à fait clairs, car la densité est modifiée par les matières en suspension.

ESSAIS QUALITATIFS.

1. *Essai de la diastase.* — Cette recherche est très importante, car la diastase devant agir, pendant la fermentation, sur la dextrine du moût, il est de toute nécessité qu'elle n'ait pas été détruite pendant la saccharification. On devra la rechercher dans tous les vins dont la fermentation a été mauvaise, et dont la mauvaise chute ne peut être expliquée par d'autres raisons. Pour la déterminer, on fera agir 10 cc. d'empois (obtenu par la cuisson de 1 gr. d'amidon dans 100 cc. d'eau) sur 100 cc. de vin filtré, à la température de 60° C., pendant une $\frac{1}{2}$ heure. L'essai fait alors avec la solution d'iode ne doit pas donner de coloration.

2. *Essai microscopique de la levure pour constater la présence de ferments secondaires et d'organismes nuisibles (bactéries sphériques ou allongées).* On emploie, pour ces essais, du vin étendu avec 10 à 20 fois son volume d'eau; on trouvera dans le chapitre concernant les phénomènes de la fermentation quelques figures se rapportant à ces essais.

ESSAIS QUANTITATIFS.

1. *Détermination de la maltose et de la dextrine.* — Cet essai est plus délicat que pour des moûts non fermentés, car on ne saurait se dispenser de l'emploi d'acétate de plomb.

On opère comme suit : on introduit 200 cc. de vin filtré dans un flacon contenant 250 cc. et on y ajoute 2 à 3 cc. d'acétate de plomb.

Le liquide ainsi obtenu filtre souvent mal et présente une teinte opaline. Pour obvier à cet inconvénient, on peut ajouter au vin, additionné d'acétate de plomb, quelques centimètres cubes d'une faible solution d'acide phosphorique; on complète le volume de 250 cc. et on filtre. On prend 50 cc. du liquide filtré qu'on introduit dans un flacon de 250 cc. et on y ajoute, pour la précipitation du plomb en excès, qui exercerait une action réductrice sur la liqueur de Fehling, un petit excès d'une solution d'acide

sulfurique à 5 %; on complète le volume de 250 cc. avec de l'eau, et on en emploie, après filtration, 25 cc. = 4 cc. de la solution initiale pour agir sur la liqueur cuivrique. Cet essai donne la maltose non fermentée; si on veut déterminer la dextrine et la maltose, on devra saccharifier d'abord 200 cc. de vin additionnés de 10 cc. d'acide chlorhydrique. Les tables d'Allihn permettent de calculer les proportions de maltose et de dextrine.

2. *Essai saccharométrique des vins. Détermination du degré saccharométrique après fermentation.* — Cette détermination, faite dans le vin filtré avec les précautions nécessaires, donne des indications excellentes et indispensables sur la marche de la fermentation. Ces indications sont soumises à de nombreuses causes d'erreur; cependant, Maercker, en exposant ces diverses causes, n'entend nullement diminuer la valeur de ces essais.

Le degré saccharométrique d'un vin n'indique pas la teneur réelle en matières fermentescibles, à cause :

- 1° Des matières — non sucres — dissoutes dans le moût sucré;
- 2° Des produits qui prennent naissance pendant la fermentation (acides lactique, butyrique, acétique, glycérine, acide succinique, etc.);

3° De l'alcool produit, dont le poids spécifique, plus léger que celui de l'eau, vient diminuer le degré saccharométrique.

Cette dernière cause d'erreur peut être facilement évitée; en effet, si on représente par S le poids spécifique du vin supposé débarrassé de l'alcool, par S_1 le vin normal alcoolique et par s le poids spécifique d'une solution alcoolique d'eau de même teneur que le vin, on trouve que

$$S = S_1 + (1 - s).$$

Exemple : un moût fermenté indique au saccharomètre $1^{\circ},5 = 1,006$; sa richesse alcoolique est de 10 %, il s'en suit que $s = 0,9866$ et, par suite, la densité réelle du vin est :

$$1,006 + (1 - 0,9866) = 1,0194 = 4^{\circ},75.$$

C'est d'après cette formule que la table (page 227) a été calculée.

Elle permet de trouver, pour des moûts à teneur variable en alcool, la densité réelle; connaissant la densité apparente.

Exemple : Degré saccharométrique du moût sucré additionné de levain $21^{\circ},5$, chute $2^{\circ},2$, teneur alcoolique $9,5\%$; la chute réelle, d'après la table, est $= 5,4^{\circ}$, et la proportion de sucre fermenté est de $21,5 - 5,4 = 16,1\%$.

Par l'exemple ci-dessus, on voit combien le degré saccharométrique apparent $2,2$ est faussé par la proportion de $9,5\%$ d'alcool; néanmoins, ces déterminations sont très utiles et donnent surtout d'excellentes indications comparatives.

On peut, d'ailleurs, admettre pratiquement que, pour des moûts de pommes de terre, le degré saccharométrique apparent indique très approximativement la teneur en matières sucrées fermentescibles, les matières « non sucres » produisant une augmentation de densité compensée par la diminution correspondant à la teneur alcoolique.

Exemple : Le moût ci-dessus, de densité apparente $2,2$ et de richesse alcoolique $9,5\%$, contient réellement $5,4\%$ de matières solides parmi lesquelles il y a $2,2$ de matières sucrées et $3,2$ de non sucres.

Il n'en est pas de même pour les moûts de maïs dont le quotient de pureté est beaucoup plus élevé, et, par suite, la proportion de non sucres beaucoup plus faible. Ainsi, un vin à $0^{\circ},4$ degré Balling et 9% d'alcool ne contient pas $0,4\%$ de matières sucrées, comme ce serait le cas pour un moût de pommes de terre, mais $3,45\%$ de matières solides, parmi lesquelles $2,5$ à 3% de matières fermentescibles.

3. *Détermination des matières azotées.* — Cet essai se fait de la même façon pour les vins que pour le levain.

4. *Détermination de l'acidité des vins.* — Cette recherche se fait avec les appareils que nous avons décrits pour l'analyse de la levure. Pour que le résultat ait une signification utile, il faut prendre aussi l'acidité du moût sucré avant la fermentation et après l'addition du levain. La différence entre l'acidité du vin et celle du moût additionné de levain indique l'acide formé pendant la fermentation.

TABLE
POUR LA DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ RÉELLE D'UN VIN D'APRÈS SA DENSITÉ APPARENTE ET SA TENEUR EN ALCOOL.

Chute apparente.	CHUTE RÉELLE POUR UNE TENEUR ALCOOLIQUE DU VIN DE :							14 % en volume
	7 %	8 %	9 %	10 %	11 %	12 %	13 %	
0,4	2,85	3,15	3,45	3,75	4,05	4,33	4,00	4,88
6	3,05	3,35	3,65	3,95	4,25	4,53	4,20	5,08
8	3,25	3,55	3,85	4,15	4,45	4,73	4,40	5,28
1,0	3,45	3,75	4,05	4,35	4,65	4,93	5,20	5,48
2	3,65	3,95	4,25	4,55	4,85	5,13	5,40	5,68
4	3,85	4,15	4,45	4,75	5,05	5,33	5,60	5,88
6	4,05	4,35	4,65	4,95	5,25	5,53	5,80	6,07
8	4,25	4,55	4,85	5,15	5,45	5,73	6,00	6,27
2,0	4,45	4,75	5,05	5,35	5,65	5,93	6,20	6,46
2	4,65	4,95	5,25	5,55	5,85	6,12	6,39	6,66
4	4,85	5,15	5,45	5,75	6,05	6,32	6,58	6,85
6	5,05	5,35	5,65	5,95	6,24	6,51	6,78	7,05
8	5,25	5,55	5,85	6,15	6,44	6,71	6,98	7,24
3,0	5,45	5,75	6,05	6,34	6,63	6,90	7,17	7,44
2	5,65	5,95	6,24	6,54	6,83	7,10	7,37	7,63
4	5,85	6,15	6,44	6,73	7,02	7,30	7,56	7,83
6	6,05	6,34	6,63	6,93	7,22	7,49	7,76	8,02
8	6,24	6,54	6,83	7,12	7,41	7,68	7,95	8,22
4,0	6,44	6,73	7,02	7,32	7,61	7,88	8,15	8,41
2	6,63	6,93	7,22	7,51	7,80	8,07	8,34	8,61
4	6,83	7,12	7,41	7,71	8,00	8,27	8,54	8,80
6	7,02	7,32	7,61	7,90	8,20	8,46	8,73	9,00
8	7,22	7,51	7,80	8,10	8,40	8,66	8,93	9,20
5,0	7,41	7,70	8,00	8,30	8,58	8,85	9,12	9,39

5. *De la teneur des moûts en marc.* — D'après Fischern, les moûts contiennent les proportions ci-dessous de matières en suspension :

TABLE DE FISCHERN
DONNANT LE VOLUME DE MOÛT CLAIR ET LA TENEUR EN MARC.
 1 Litre de moût contient :

Degrés saccharométriques.	Moût clair. cc.	Matières en suspension cc.	Degrés saccharométriques.	Moût clair. cc.	Matières en suspension cc.
5	990,1	9,9	16	968,3	31,7
6	988,1	11,9	17	966,3	33,7
7	986,1	13,9	18	964,4	35,6
8	984,2	15,8	19	962,4	37,6
9	982,2	17,8	20	960,4	39,6
10	980,2	19,8	21	958,4	41,6
11	978,2	21,8	22	956,4	43,6
12	977,2	23,8	23	954,5	45,5
13	974,3	25,7	24	952,5	47,5
14	972,3	27,7	25	950,5	49,5
15	970,3	29,7			

Cette table est la seule qui ait été faite pour ces déterminations et elle ne peut être considérée comme exacte dans les conditions actuelles de travail; d'après ses essais, Maercker a trouvé que les chiffres donnant les matières en suspension étaient trop élevés, et il pense que, pour des moûts obtenus avec des pommes de terre de richesse moyenne, on peut admettre qu'il y a 30 cc. de matières en suspension pour 970 cc. de liquide clair.

6. *Analyse du moût pendant la fermentation.* — Pour bien étudier les phénomènes de la fermentation, il est utile d'interrompre brusquement celle-ci en détruisant la levure afin de stériliser le moût.

On obtient ce résultat en chauffant le liquide en fermentation, ce qui est peu commode, ou en l'additionnant de produits antiseptiques, parmi lesquels Maercker recommande une dissolution de sublimé corrosif dans la proportion de 1 % du moût, la dissolution de sublimé en contenant 10 grammes par litre.

7. *Détermination de la teneur alcoolique des vins.* — Cette détermination se fait généralement sur le vin filtré, à cause de l'entraînement qui se produit pendant l'ébullition, lorsqu'on opère sur le vin naturel. Cependant, la proportion des matières en suspension, et par suite la correction à apporter au résultat trouvé, n'étant pas facile à déterminer exactement, il vaudrait mieux opérer sur le vin non filtré; l'entraînement pourrait d'ailleurs être facilement évité en ajoutant au vin un petit morceau de paraffine. La détermination de l'alcool peut se faire de différentes façons :

a) *Méthode par distillation.* — Delbrück emploie pour cet essai l'appareil représenté plus loin; il provient du laboratoire de recherches de l'association des distillateurs. 100 cc. de vin sont versés dans un ballon, relié à un réfrigérant, et distillés jusqu'à ce qu'on ait obtenu 50 cc.; on étend ces derniers jusqu'au volume initial du vin, et, au moyen d'un alcoomètre, on en détermine la richesse alcoolique.

Il est préférable de soumettre à la distillation un volume de 200 cc. de vin, et de plonger l'alcoomètre directement dans les 100 cc. obtenus, en divisant le résultat trouvé par 2. Les alcoomètres doivent être assez petits pour flotter facilement dans 100 cc.; chaque degré est divisé en 5 parties et doit avoir au moins 10 millimètres de hauteur. Chaque alcoomètre ne comporte qu'environ 3 degrés.

Des essais ont démontré qu'après réduction de moitié du volume du vin, par distillation, il n'y restait plus trace d'alcool. Ces essais de distillation sont d'autant plus exacts qu'ils se font sur de plus grandes quantités de vin. Il sera donc bon, dans une distillerie, d'installer un récipient de 6 litres de contenance, par exemple, muni d'un serpentín relié à la tuyauterie de vapeur de l'usine et permettant d'opérer sur 3 litres de vin. Lorsque la distillation a produit 1 litre, on peut arrêter l'opération, car il ne reste plus trace d'alcool dans le vin à ce moment. Si on veut distiller les vinasses, il suffit, pour un échantillon de 3 litres, de recueillir 300 cc.

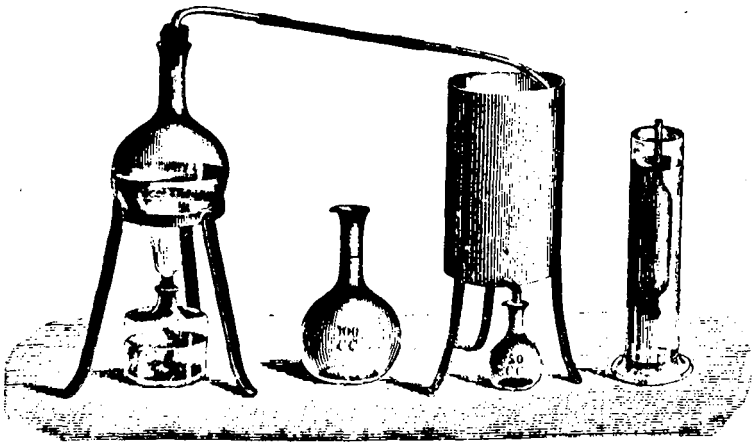


Fig. 30. •

Nous donnons ci-après les tables de Hehner permettant, avec la densité, de trouver le poids et le volume % de l'alcool contenu dans le liquide essayé.

TABLE DE HEHNER

d'après FRÉSENIUS, Zeitschrift, f. anal. Chemie, vol. XIX.

Poids spéci- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volun.e.	Poids spéci- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.	Poids spéci- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.
1,0000	0,00	0,00	0,9949	2,89	3,62	0,9898	6,00	7,48
0,9999	0,05	0,07	8	2,94	3,69	7	6,07	7,57
8	0,11	0,13	7	3,00	3,76	6	6,14	7,66
7	0,16	0,20	6	3,06	3,83	5	6,21	7,74
6	0,21	0,26	5	3,12	3,90	4	6,28	7,83
5	0,26	0,33	4	3,18	3,98	3	6,36	7,92
4	0,32	0,40	3	3,24	4,05	2	6,43	8,01
3	0,37	0,46	2	3,29	4,12	1	6,50	8,10
2	0,42	0,53	1	3,35	4,20	0	6,57	8,18
1	0,47	0,60	0	3,41	4,27	0,9880	6,64	8,27
0	0,53	0,66	0,9939	3,47	4,34	8	6,71	8,36
0,9989	0,58	0,73	8	3,53	4,42	7	6,78	8,45
8	0,63	0,79	7	3,59	4,49	6	6,86	8,54
7	0,68	0,86	6	3,65	4,56	5	6,93	8,63
6	0,74	0,93	5	3,71	4,63	4	7,00	8,72
5	0,79	0,99	4	3,76	4,71	3	7,07	8,80
4	0,84	1,06	3	3,82	4,78	2	7,13	8,88
3	0,89	1,13	2	3,88	4,85	1	7,20	9,06
2	0,95	1,19	1	3,94	4,93	0	7,27	9,04
1	1,00	1,26	0	4,00	5,00	0,9879	7,33	9,13
0	1,06	1,34	0,9929	4,06	5,08	8	7,40	9,21
0,9979	1,12	1,42	8	4,12	5,16	7	7,47	9,29
8	1,19	1,49	7	4,19	5,24	6	7,53	9,37
7	1,25	1,57	6	4,25	5,32	5	7,60	9,45
6	1,31	1,65	5	4,31	5,39	4	7,67	9,54
5	1,37	1,73	4	4,37	5,47	3	7,73	9,62
4	1,44	1,81	3	4,44	5,55	2	7,80	9,70
3	1,50	1,88	2	4,50	5,63	1	7,87	9,78
2	1,56	1,96	1	4,56	5,71	0	7,93	9,86
1	1,62	2,04	0	4,62	5,78	0,9869	8,00	9,95
0	1,69	2,12	0,9919	4,69	5,86	8	8,07	10,03
0,9969	1,75	2,20	8	4,75	5,94	7	8,14	10,12
8	1,81	2,27	7	4,81	6,02	6	8,21	10,21
7	1,87	2,35	6	4,87	6,10	5	8,29	10,30
6	1,94	2,43	5	4,94	6,17	4	8,36	10,38
5	2,00	2,51	4	5,00	6,24	3	8,43	10,47
4	2,06	2,58	3	5,06	6,32	2	8,50	10,56
3	2,11	2,62	2	5,12	6,40	1	8,57	10,65
2	2,17	2,72	1	5,19	6,48	0	8,64	10,73
1	2,22	2,79	0	5,25	6,55	0,9859	8,71	10,82
0	2,28	2,86	0,9909	5,31	6,63	8	8,79	10,91
0,9959	2,33	2,93	8	5,37	6,71	7	8,86	11,00
8	2,39	3,00	7	5,44	6,78	6	8,93	11,08
7	2,44	3,07	6	5,50	6,86	5	9,00	11,17
6	2,50	3,14	5	5,56	6,94	4	9,07	11,26
5	2,56	3,21	4	5,62	7,01	3	9,14	11,35
4	2,61	3,28	3	5,69	7,09	2	9,21	11,44
3	2,67	3,35	2	5,75	7,17	1	9,29	11,52
2	2,72	3,42	1	5,81	7,25	0	9,36	11,61
1	2,78	3,49	0	5,87	7,32	0,9849	9,43	11,70
0	2,83	3,55	0,9899	5,94	7,40	8	9,50	11,79

Poids spéci- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.	Poids spéci- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.	Poids spéci- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.
0,9847	9,57	11,87	0,9794	13,62	16,80	0,9741	18,00	22,09
6	9,64	11,96	3	13,69	16,89	0,9740	18,08	22,18
5	9,71	12,05	2	13,77	16,98	0,9739	18,15	22,27
4	9,79	12,13	1	13,85	17,08	8	18,23	22,36
3	9,86	12,22	0	13,92	17,17	7	18,31	22,46
2	9,93	12,31	0,9789	14,00	17,26	6	18,38	22,55
1	10,00	12,40	8	14,09	17,37	5	18,46	22,64
0	10,08	12,49	7	14,18	17,48	4	18,54	22,73
0,9839	10,15	12,58	6	14,27	17,59	3	18,62	22,82
8	10,23	12,68	5	14,36	17,70	2	18,69	22,92
7	10,31	12,77	4	14,45	17,81	1	18,77	23,01
6	10,38	12,87	3	14,55	17,92	0	18,85	23,10
5	10,46	12,96	2	14,64	18,03	0,9729	18,92	23,19
4	10,54	13,05	1	14,73	18,14	8	19,00	23,28
3	10,62	13,15	0	14,82	18,25	7	19,08	23,38
2	10,69	13,24	0,9779	14,91	18,36	6	19,17	23,48
1	10,77	13,34	8	15,00	18,48	5	19,25	23,58
0	10,85	13,43	7	15,08	18,58	4	19,33	23,68
0,9829	10,92	13,52	6	15,17	18,68	3	19,42	23,78
8	11,00	13,62	5	15,25	18,78	2	19,50	23,88
7	11,08	13,71	4	15,33	18,88	1	19,58	23,98
6	11,15	13,81	3	15,42	18,98	0	19,67	24,08
5	11,23	13,90	2	15,50	19,08	0,9719	19,75	24,18
4	11,31	13,99	1	15,58	19,18	8	19,83	24,28
3	11,38	14,09	0	15,67	19,28	7	19,92	24,38
2	11,46	14,18	0,9769	15,75	19,39	6	20,00	24,48
1	11,54	14,27	8	15,83	19,49	5	20,08	24,58
0	11,62	14,37	7	15,92	19,59	4	20,17	24,68
0,9819	11,69	14,46	6	16,00	19,68	3	20,25	24,78
8	11,77	14,56	5	16,08	19,78	2	20,33	24,88
7	11,85	14,65	4	16,15	19,87	1	20,42	24,98
6	11,92	14,74	3	16,23	19,96	0	20,50	25,07
5	12,00	14,84	2	16,31	20,06	0,9709	20,58	25,17
4	12,08	14,93	1	16,38	20,15	8	20,67	25,27
3	12,15	15,02	0	16,46	20,24	7	20,75	25,37
2	12,23	15,12	0,9759	16,54	20,33	6	20,83	25,47
1	12,31	15,21	8	16,62	20,43	5	20,92	25,57
0	12,38	15,30	7	16,69	20,52	4	21,00	25,67
0,9809	12,46	15,40	6	16,77	20,61	3	21,08	25,76
8	12,54	15,49	5	16,85	20,71	2	21,15	25,86
7	12,62	15,58	4	16,92	20,80	1	21,23	25,95
6	12,69	15,68	3	17,00	20,89	0	21,31	26,04
5	12,77	15,77	2	17,08	20,99	0,9699	21,38	26,13
4	12,85	15,86	1	17,17	21,09	8	21,46	26,22
3	12,92	15,96	0	17,25	21,19	7	21,54	26,31
2	13,00	16,05	0,9749	17,33	21,29	6	21,62	26,40
1	13,08	16,15	8	17,42	21,39	5	21,69	26,49
0	13,15	16,24	7	17,50	21,49	4	21,77	26,58
0,9799	13,23	16,33	6	17,58	21,59	3	21,85	26,67
8	13,31	16,43	5	17,67	21,69	2	21,92	26,77
7	13,38	16,52	4	17,75	21,79	1	22,00	26,86
6	13,46	16,61	3	17,83	21,89	0	22,08	26,95
5	13,54	16,70	2	17,92	21,99	0,9689	22,15	27,04

Poids spé- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.	Poids spé- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.	Poids spé- fiques à 15° 1/2 C.	Alcool absolu % en poids.	Alcool absolu % en volume.
0,9688	22,23	27,13	0,9675	23,23	28,31	0,9662	24,23	29,49
7	22,31	27,22	4	23,31	28,41	1	24,31	29,58
6	22,38	27,31	3	23,38	28,50	0	24,38	29,67
5	22,46	27,40	2	23,46	28,59	0,9659	24,46	29,76
4	22,54	27,49	1	23,54	28,68	8	24,54	29,86
3	22,62	27,59	0	23,62	28,77	7	24,62	29,95
2	22,69	27,68	0,9669	23,69	28,86	6	24,69	30,04
1	22,77	27,77	8	23,77	28,95	5	24,77	30,13
0	22,85	27,86	7	23,85	29,04	4	24,85	30,22
0,9679	22,92	27,95	6	23,92	29,13	3	24,92	30,31
8	23,00	28,04	5	24,00	29,22	2	25,00	30,40
7	23,08	28,13	4	24,08	29,31			
6	23,15	28,22	3	24,15	29,40			

b) Détermination de la teneur alcoolique d'un vin par la différence des poids spécifiques du vin naturel et du vin privé de son alcool.

L'alcool absolu à un poids spécifique — 0,7946 — plus faible que l'eau, ou, à plus forte raison, qu'une dissolution sucrée. Si on chasse, par l'ébullition, l'alcool contenu dans un vin et si on le remplace par un poids égal d'eau, le poids spécifique du vin sera plus élevé, et d'autant plus que le vin contenait davantage d'alcool.

Le poids spécifique d'un vin soumis à l'ébullition augmente dans la même proportion que celui d'une dissolution alcoolique aqueuse de même richesse.

On peut donc déterminer la richesse alcoolique d'un vin par la différence entre ses poids spécifiques avant et après ébullition.

Soit S le poids spécifique avant, S₁ après l'ébullition et 1 le poids spécifique de l'eau, on aura

$$\frac{S_1}{S} = \frac{1}{x}$$

$$x = \frac{S}{S_1}$$

Si S = 1,008 (avant ébullition).

• S₁ = 1,024 (après ébullition).

On trouvera :

$$x = \frac{1,008}{1,024} = 0,9844.$$

Or, d'après la table de Hehner, page 231, un mélange d'eau et d'alcool d'une densité de 0,9844 contient 9,79 % d'alcool en poids ; il en est donc de même du vin essayé.

Enfin de ce qui précède on peut déduire :

$$x = 1 - (S_1 - S) \text{ et pour l'exemple choisi :}$$

$$x = 1 - (1,024 - 1,008) = 0,984.$$

Il est nécessaire de chasser l'acide carbonique du vin avant d'en prendre la densité, et, pour cela, on devra l'agiter dans un grand flacon bouché.

Néanmoins, ce procédé n'est pas rigoureusement exact, car l'acide carbonique n'est jamais complètement dégagé et les résultats indiquent généralement une teneur alcoolique de quelques dixièmes trop élevée.

La méthode par distillation est donc préférable, puisque, d'après les essais de Maercker, il a été constaté qu'on retrouvait ainsi 99,8 % de l'alcool employé.

c) *Détermination de la richesse alcoolique au moyen de la température des vapeurs produites par le vin en ébullition.* — Cette méthode a été préconisée en 1822 par Groening et vérifiée récemment par *Brossard Vidal* pour déterminer la richesse alcoolique des vins.

Elle repose sur ce fait que plus le vin est riche en alcool, moins la température de la vapeur est élevée.

L'appareil de *Brossard Vidal* est constitué par une chaudière munie d'une tubulure agencée pour recevoir un thermomètre dont la graduation indique directement la richesse alcoolique du vin soumis à l'expérience. La graduation va de 0 à 12 % d'alcool en poids. Lorsque le vin arrive à l'ébullition, le mercure du thermomètre reste fixe pendant 6 à 18 secondes, et il suffit de lire à ce moment le chiffre correspondant au niveau du mercure.

Cet appareil s'appelle ébullioscope, et Pohl a établi une table pour son emploi (voir page 234).

La pression atmosphérique influe sur les résultats, et, pour éviter

des corrections, l'appareil est muni d'une graduation mobile; on fait tout d'abord un essai avec de l'eau pure, et on règle l'échelle graduée de manière à faire coïncider le zéro avec la hauteur du mercure correspondant à l'ébullition de l'eau, avant de procéder à l'essai du vin.

Waage a fait des recherches sur l'exactitude de ce procédé et elles ont été publiées dans « *Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie* XVIII, p. 415. » Elles tendent à prouver son exactitude, et Hansen, du laboratoire de Carlsberg, à Copenhague, confirme également la valeur de ce procédé qu'il emploie depuis plusieurs années et qui donne des indications suffisamment exactes de la richesse alcoolique des vins.

POINTS D'ÉBULLITION DES MÉLANGES D'EAU ET D'ALCOOL SOUS UNE
PRESSION ATMOSPHÉRIQUE DE 760^{mm}.

Teneur % en alcool.	Densité à 15° C. = 12° R.	Point d'ébullition corrigé ° C.	Différences ° C.
0	1,000	100,00	—
1	0,9982	98,79	1,21
2	0,9964	97,82	0,97
3	0,9947	96,85	0,97
4	0,9930	95,90	0,95
5	0,9913	95,02	0,88
6	0,9898	94,21	0,81
7	0,9883	93,43	0,78
8	0,9868	92,70	0,73
9	0,9854	92,03	0,67
10	0,9840	91,40	0,63
11	0,9827	90,83	0,57
12	0,9814	90,27	0,56

d) *Détermination de l'alcool par d'autres procédés.* — Dans cette classe rentrent le vaporimètre de Geissler, le dilatomètre de Silbermann, l'essai optique de Steinhil, etc.; mais tous ces procédés ne sont pas applicables aux mouts fermentés.

e) *Procédé Balling.* — Par ce procédé on calcule à l'avance, au moyen de facteurs déterminés, la richesse alcoolique d'un vin d'après les degrés saccharométriques; mais, comme d'égales quantités de sucre ne donnent pas toujours, dans des conditions différentes, d'égales quantités d'alcool, on ne saurait déterminer sûrement, de cette façon, la richesse alcoolique d'un vin. Ceux qui désireraient des renseignements détaillés sur cette méthode pourront se reporter au livre de Otto, « industries agricoles ».

ANALYSE DE L'ALCOOL BRUT ET DE L'ALCOOL RECTIFIÉ.

Il s'agit, en général, dans les essais d'alcool de déterminer la teneur en alcool amylique. Récemment, G. Lunge, Victor Meyer et E. Schultze ont découvert un procédé permettant de faire cette détermination (Chemisches Centralblatt 1884, p. 854).

P. Roese, mettant à profit ces études, a établi une méthode basée sur cette découverte. Elle repose sur la propriété du chloroforme d'absorber plus facilement l'alcool amylique que l'alcool éthylique dans un mélange contenant 50 % d'alcool. Roese opère de la manière suivante :

On étend d'abord l'alcool à essayer de manière à le ramener à une richesse de 50 % (s'il s'agit d'une eau de vie on la ramènera à la richesse de 50 % en y ajoutant de l'alcool absolu pur).

Pour faire l'essai, on emploie un tube en verre fermé à une extrémité et présentant à l'autre bout une partie évasée, en forme de poire, fermée par un bouchon à l'émeri.

Le diamètre de la partie cylindrique est de 20 millimètres, et elle porte une graduation, en $\frac{1}{5}$ de centimètres cubes, allant de 20 à 45 centimètres cubes.

La longueur totale du tube est de 45 centimètres, et son volume de 175 cc. On introduit dans le tube 20 cc. de chloroforme rectifié, puis 100 cc. de l'alcool à essayer, préalablement étendu à une teneur de 50 %; on amène le tout à la température de 15° C., puis on agite vivement et on laisse alors, en maintenant toujours à 15° C., les liquides se superposer par ordre de densité.

De temps en temps, on fait tourner le tube pour faciliter le dégagement des gouttes de chloroforme adhérentes aux parois. Après une heure de repos, on lit le volume du chloroforme.

20 cc. de chloroforme ainsi traité, en présence de 100 cc. d'alcool vinique pur, donnent une couche de chloroforme de 37,10 cc. Un alcool (50 %), contenant 1 % d'alcool amylique, donne une couche de chloroforme de 39,11 cc., de sorte que la présence de 1 % d'alcool amylique en volume donne 2 cc. d'augmentation à la couche de chloroforme. Ce procédé serait excellent si toutes les

impuretés de l'alcool, autres que l'alcool amylique, exerçaient la même influence que celui-ci sur le chloroforme.

Mais il n'en est rien. Ainsi, 1 % d'alcool propylique ne donne que 1 cc. de plus au chloroforme; on devra donc établir, pour les alcools de diverses provenances, les augmentations de chloroforme qu'ils donnent. Pour l'alcool de pommes de terre, par exemple, on a trouvé que 1 % de ses impuretés donnait une augmentation de 1,8 cc. au chloroforme.

Jusqu'à présent le procédé Marbuardt (Ber. d. d. chem. Ges. 1882, N° 10) a été le plus employé.

Il consiste à ramener l'alcool à essayer à une richesse de 30 %, et à l'agiter, à 3 reprises différentes, avec chaque fois 50 cc. de chloroforme par 150 cc. d'alcool. On lave alors le chloroforme avec 150 cc. d'eau pour dissoudre l'alcool, et on recommence 3 fois ce lavage.

Puis on fait agir le chloroforme lavé sur 5 gr. de bichromate de potasse dissous dans 30 gr. d'eau et sur 2 gr. d'acide sulfurique. Cette réaction se fait dans un flacon bien bouché soumis pendant 6 heures à une température de 85° au bain-marie. Pendant le chauffage, on agite fréquemment, puis, lorsque l'oxydation est complète, on soumet le tout à la distillation, et on additionne le liquide recueilli de carbonate de baryte.

On le chauffe encore pendant une 1/2 heure, en faisant retourner dans le ballon les vapeurs condensées, puis on évacue le chloroforme, par distillation; on filtre le liquide restant dans le ballon, pour en séparer le carbonate de baryte en excès, on l'évapore à sec dans une capsule, et on pèse le résidu qui représente des sels de baryte formés par les acides valérique, butyrique, etc., etc., ainsi que du chlorure de baryum qu'on détermine par le dosage du chlore dans le résidu. La différence donne les sels de baryte à acides organiques; le valérate de baryte contient 45,3 % de baryte.

Tous les autres procédés pour la détermination de l'alcool amylique ne méritent guère d'être cités; ils peuvent très bien servir pour déterminer la présence de ce corps, mais non pour en doser la quantité. Parmi ces procédés, on peut noter les suivants: *Procédé à la glycérine*, on additionne l'alcool de glycérine, puis on laisse évaporer; l'alcool amylique moins volatil reste; — *procédé par la distillation sur des corps gras neutres* qui retiennent l'alcool amylique; *procédé au chlorure de calcium*, etc., etc. Enfin Uffel-

mann (Chemiker Zeitung, 1884, N° 29) recommande d'employer le spectroscope pour l'essai des alcools et la détermination de l'alcool amylique et des autres impuretés.

Détermination des aldéhydes. — Les aldéhydes réduisent facilement les dissolutions ammoniacales d'argent, et l'on peut calculer, d'après le poids d'argent réduit, la proportion de ces corps.

Toutefois, Maercker ne considère pas cette méthode comme suffisamment exacte, car l'alcool éthylique, ainsi que l'alcool amylique, réduisent aussi l'argent.

Analyse de l'alcool au moyen du diaphanomètre Savalle. — Savalle se base sur la coloration que donne l'alcool amylique en présence d'acide sulfurique pour déterminer la pureté de l'alcool.

La figure suivante représente l'appareil Savalle. Dans une boîte en chêne sont contenues des plaques de verre coloré de même nature et d'épaisseurs différentes, telles que la plaque 1 n'a que le $\frac{1}{10}$ de l'épaisseur de la plaque 10. Il en résulte que la plaque 10 paraît plus colorée que la plaque 1.

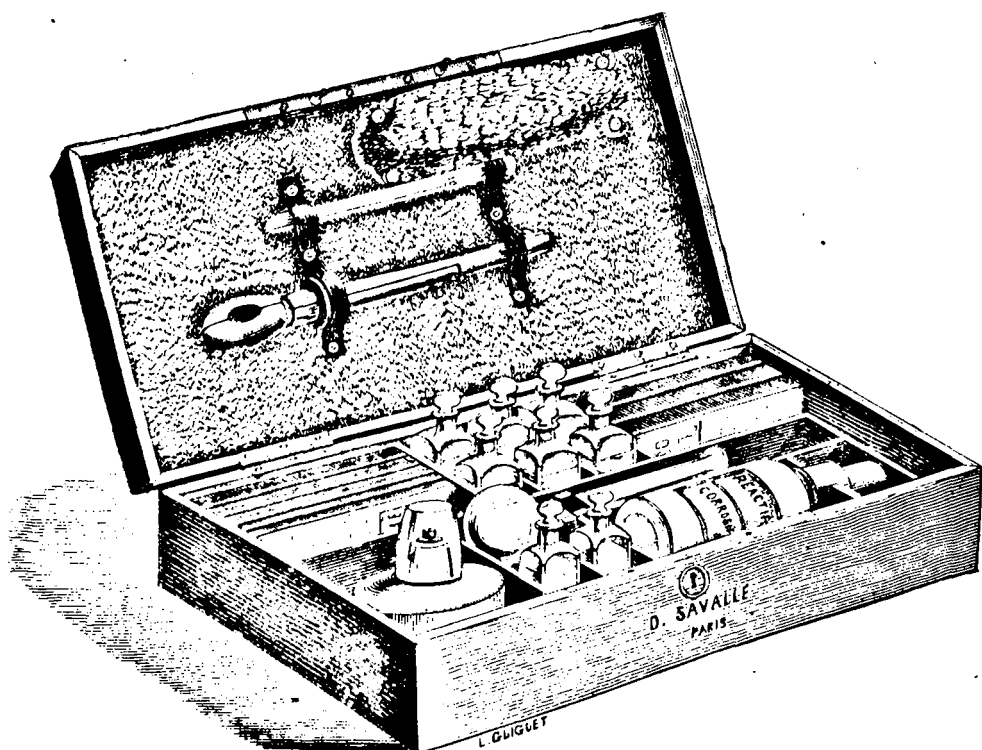


Fig. 31.

Les différents tons varient du jaune clair au brun foncé et sont représentés par la figure 32.

Pour essayer un alcool, on en verse 10 cc. dans un ballon et on y ajoute 10 cc. d'acide sulfurique pur et concentré ; on fait bouillir pendant une minute, puis on verse le liquide refroidi dans un

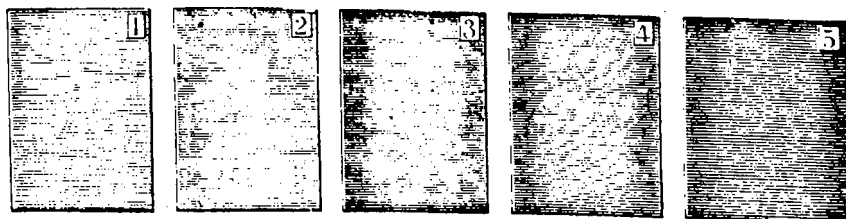


Fig. 32.

flacon spécial et on compare sa teinte à celle des plaques de verre ; chaque degré de la gamme des tons correspond, d'après Savalle, à $\frac{1}{10000}$ d'impuretés ; pour les alcools de diverses provenances, on doit tout d'abord déterminer la série des types.

Si un alcool est très impur, il est nécessaire, avant de faire l'essai au diaphanomètre, de l'étendre de deux à trois fois son volume avec un alcool pur ne donnant aucune coloration en présence d'acide sulfurique à chaud.

Ce procédé n'est pas applicable aux alcools non rectifiés, car ces derniers, même étendus avec de l'alcool pur, donnent avec l'acide sulfurique des teintes brunes foncées.

Enfin nous citerons encore *l'essai à l'iode*, qui permet de déterminer la présence de très petites quantités d'alcool. On ajoute, à la liqueur alcoolique très étendue, quelques grains d'iode, puis une dissolution de potasse ou de soude caustique, jusqu'à ce que la coloration jaune produite par l'iode disparaisse ; on chauffe alors légèrement, sans aller jusqu'à l'ébullition, et, en présence d'alcool en quantité assez notable, il se sépare aussitôt des cristaux caractéristiques, jaune citron, d'iodoforme qui, vus au microscope, ressemblent au croquis ci-contre (*Frésenius Zeitschrift f. anal. Chemie*).



Fig. 33.

Dans le cas où la proportion d'alcool serait faible, les mêmes cristaux se formeraient, mais après quelque temps seulement.

ANALYSE DES DRÊCHES.

Un essai important pour la fabrication consiste à déterminer la présence de l'alcool dans les drèches, et cette détermination devrait être souvent faite, car elle peut, seule, renseigner sur le fonctionnement de l'appareil à distiller. On ne peut employer, pour cet essai, un petit appareil à distiller, car le liquide obtenu serait trop étendu pour donner une indication à l'alcoomètre; par contre, l'appareil à distiller d'une contenance de 3 litres, que nous avons déjà décrit, convient parfaitement. On opérera sur 3 litres de drèches, qu'on devra chauffer très lentement; on ne recueillera que 300 cc. dans lesquels on déterminera la richesse alcoolique après les avoir ramenés à la température normale. Chaque degré alcoolique trouvé représente 1/10 de degré pour la drèche.

Nous donnons d'ailleurs plus loin, au chapitre de la distillation, la description d'appareils permettant le contrôle permanent des drèches.

MODÈLE DU CONTRÔLE DE LA FABRICATION D'APRÈS DELBRUCK.

Pression des chaudières.....	4	6
Force de la machine.....	10 chevaux.	8 chevaux.
Procédé de saccharification.....	{ cuiseur à air libre en fer, broyeurs à cylin- dres, réfrigérant à air. }	Appareil Henze avec réfrigérant à eau.
Broyeur à malt.....	cylindres égaux.....	cylindres égaux.
Appareil à distiller.....	colonne ordinaire....	colonne Nœhring.
Nombre de saccharifications par jour.....	2	2 à 3
Encuvage journalier.....	6800 litres.	5500 à 5800 litres.
 Pommes de terre :		
	Variété DABERT en partie malades.	DABERT saines.
Kilogrammes par cuve.....	2800	2000
Teneur en amidon.....	19,4 %	18,5 %
 Orge :		
	Qualité non déterminée achetée.	Qualité non déterminée récoltée.
Kilogrammes par saccharification	55	43

Préparation du malt :

Durée de la trempé.....	65 heures	55-60 heures
Durée de la germination.....	10 à 11 jours.	5 1/2 jours
Température maxima de la germination.....	21°,5 C.	20°,0 C.
Germination.....	irrégulière	régulière
Broyage du malt.....	bon	bon

Préparation du levain :

Malt vert, Kgr.....	27,50	27,50
Moult de pommes de terre, litres..	90	90
Température finale de la saccharification.....	59 — 60° C.	59
Degré saccharométrique du moult levain.....	17°,5	18°5
Acidité du moult-levain sur 20 cc. (liqueur de soude normale)....	2,2 cc.	2,5 cc.
Température initiale.....	19° C.	18° C.
Température } au moment de l'en- Degré } levement de la le- sacchar. } vure-mère.....	23° C. 9°	22° C. 10°
Température au moment du renforcement.....	25° C.	24° C

Moult sucré :

a) dans la cuve à saccharifier.

Degré saccharométrique.....	23°,3	22°,2
Maltose + Dextrine (M + D) fermentescibles.....	20°,4	19,7
100 parties d'hydrates de carbone contenaient en maltose (il devrait s'y trouver 75).....	70,1	69,5
Quotient du moult.....	87,5	88,7
Residus (marc).....	3,7 %	
Contenant sous forme d'amidon.	0,9 %	

b) dans la cuve à fermenter.

Degré saccharométrique.....	20°,8	20°,2
Température.....	14° C.	15° C.

Fermentation :

Augmentation de la température.	17° C,	15°,5 C.
Aspect de la fermentation.....	rotatoire	légt. rotatoire.

Vin :

Degré saccharométrique.....	3°,1	2°,8
Encore fermentescible (M + D)..	2°,4	2°,4
Acidité (20 cc. = 1 cc. liqueur de soude normale).....	1,8	1,8
Alcool.....	9,0 %	9,1 %
Diastase.....	peu active	peu active
Drèches :	pas d'alcool	pas d'alcool.

Eau ;

Matières organiques ..	néant	peu
Acide nitreux	beaucoup	beaucoup
Ammoniac	beaucoup	peu
Résidu de calcination dans 100000 parties.....	26	12,3

COMPOSITION :

Par 100 litres d'encuvage, pommes de terre kgr	80,0	81,5
Par 100 kgr. de pommes de terre, orge kgr	2,0	2,0

Rendement alcoolique :

Total	285,60 litres	213,00 litres.
Par 100 litres d'encuvage.....	8,3	8,7
Par 100 kilogr. d'amidon.....	49,9	51,8
Pureté de la fermentation.....	83,3	85,0

COMPTE GÉNÉRAL :

Amidon travaillé.....	572 kgr.	411 kgr.		
Dont il y a :	kgr.	%	kgr.	%
Non attaqué.....	25,0	4,4	10,0	2,4
Transformé en alcool.....	399,2	69,7	298,0	72,5
Non fermenté.....	68,3	11,9	50,0	12,2
Non dosé.....	79,8	14,0	53,0	12,9
Totaux	572,0	100,0	411,0	100,0

ALCOOMÉTRIE (1)

Les essais alcoométriques les plus anciens ont été faits par Blagden et Gilpin, à l'instigation du gouvernement anglais (Philosophical Transaction 1794). Les résultats qu'ils ont trouvés ont été admis par le gouvernement allemand, après avoir été vérifiés et modifiés par Tralles, en 1811, car les tables de Gilpin donnent les quantités d'alcool en poids, tandis que les usages du commerce sont basés sur les proportions d'alcool en volume contenu dans les liquides.

En France, les tables de Gay-Lussac servent de règle depuis 1824; elles se rapprochent d'ailleurs beaucoup de celles de Tralles.

Sur la demande du ministre de l'agriculture et des travaux publics, l'académie des sciences nomma une commission, composée de MM. Pouillet, Chevreul, Despretz et Fremy, qui vérifia les tables de Gay-Lussac et trouva que les résultats en étaient suffisamment exacts et qu'il n'y avait pas lieu de les modifier.

Baumhauer et Morse furent aussi chargés par le ministre des finances hollandais de contrôler l'exactitude des différentes tables alcoométriques, et ils les trouvèrent également exactes. La différence avec les tables de Tralles est tout à fait insignifiante, comme l'indique le tableau ci-dessous.

Enfin Mendelejeff, en 1865 (Zeitschrift für Chemie), après de nombreux essais, a aussi reconnu l'exactitude de ces tables.

A. F. W. Brix a corrigé les anciennes tables et ce sont celles qui portent son nom qui font loi en Allemagne.

Alcool % en volumes.	Poids spécifiques à 15°,5 C.		Diffé- rences.	Alcool % en volumes.	Poids spécifiques à 15°,5 C.		Diffé- rences.
	Tralles.	Baumhauer.			Tralles.	Baumhauer.	
0	0,9991	0,9990	+1	55	0,9234	0,9235	-1
5	9919	9919	0	60	9126	9127	-1
10	9857	9856	+1	65	9013	9013	0
15	9802	9801	+1	70	8802	8803	-1
20	9751	9749	+2	75	8705	8706	-1
25	9700	9698	+2	80	8631	8632	-1
30	9646	9643	+3	85	8488	8494	-6
35	9583	9582	+1	90	8332	8334	-2
40	9510	9509	+1	95	8157	8155	+2
45	9427	9424	+3	100	7939	7937	+2
50	9335	9334	+1				

(1) L'alcoomètre et son emploi, 1864, par Brix.

PRATIQUE DE L'ALCOOMÉTRIE.

L'évaluation de la richesse de mélanges ne contenant que de l'eau et de l'alcool peut se faire d'une façon rigoureusement exacte par la détermination du poids spécifique de ces mélanges, car le poids spécifique de l'alcool absolu à la température de 15°,5 C. est de 0,7946, celui de l'eau étant = 1, de sorte que plus le poids spécifique d'un liquide alcoolique se rapprochera de 1, moins ce liquide sera riche en alcool.

On se sert, pour les déterminations spécifiques, d'un aréomètre, appelé *alcoomètre*, dont la tige porte une graduation indiquant la richesse alcoolique du liquide dans lequel il plonge. La partie inférieure est souvent munie d'un thermomètre, afin de faire subir aux résultats les corrections correspondant à la température du liquide.

L'alcoomètre, contrairement au saccharomètre, plonge dans le liquide d'autant plus que la teneur est plus grande en alcool.

Quand on détermine la richesse alcoolique d'un liquide, il y a lieu de considérer les divers points suivants :

I. — *Un poids spécifique déterminé correspond à une richesse alcoolique constante.* La richesse peut être exprimée soit en poids, soit en volume.

La table de la page 250, contient, pour des poids spécifiques donnés, les richesses alcooliques en poids et en volumes, à la température de 15°,5 C., qui correspond à 60° Fahrenheit.

II. — *Pour convertir les volumes en poids, on doit se servir de la table II, page 251.*

On ne comprend pas, à première vue, pourquoi les volumes et les poids d'alcool contenus dans un mélange ne concordent pas ; cela tient à la contraction qui se produit lorsqu'on mélange l'eau et l'alcool. Le volume du mélange est toujours inférieur à la somme des volumes des liquides composants. Si on mélange, par exemple, 100 litres d'alcool absolu et 100 litres d'eau, on n'obtient que 192,8 litres de mélange, dont la teneur en alcool est de 51,8 % en volume, puisqu'il contient 100 litres d'alcool pur.

Par contre, d'après les poids, on aura un tout autre résultat :

100 litres d'alcool absolu pèsent..	79,46 kgr.
100 " d'eau " ..	100,00 "
Total.....	179,46 kgr.

Ces 179,46 kgr., contenant 79,46 kgr. d'alcool pur, en renferment donc, en poids, 44,3 %.

III. — *Les mélanges alcooliques ont des poids spécifiques variant avec leur température.* — Si la température normale de 15°,5 C. n'est pas celle du liquide lors de la détermination de sa richesse, il faudra faire subir au résultat une correction spéciale qu'on trouvera dans la table III de Brix.

IV. — *Lorsqu'on chauffe, ou lorsqu'on refroidit de l'alcool, ou un liquide alcoolique, au-dessous de la température normale de 15°,5 C., il faut tenir compte de la dilatation ou de la contraction du liquide.* — La table IV de Brix donne les coefficients de correction à employer dans ces cas.

V. — *Il se produit une contraction quand on mélange l'eau et l'alcool.* — La table V donne cette contraction. Elle indique aussi les volumes d'eau et d'alcool contenus dans 100 volumes de liquide alcoolique.

VI. — *Lorsqu'on connaît les modifications de volume qui se produisent quand on fait des mélanges d'eau et d'alcool, on peut calculer la proportion d'eau à ajouter à 100 parties d'un liquide alcoolique à fort degré pour le ramener à un degré plus faible.*

VII. — *On peut calculer le volume d'un liquide alcoolique, connaissant son poids et sa richesse.*

On sait en effet que :

le poids spécifique = $\frac{g}{v}$, on en déduit que le volume

$$v = \frac{g}{\text{poids spécifique}}$$

Un liquide alcoolique à 80 %, en volume, d'alcool pur, et 20 %

d'eau a, par exemple, à la température normale, une densité de 0,8639; un kilogramme de ce liquide a donc le volume suivant :

$$\frac{1}{0,8639} = 1,157 \text{ litre.}$$

VIII. — La base du commerce des alcools en Allemagne est le « *Litre pour cent* ». 1 litre d'alcool à 100 % est dit à 100 *Litres pour cent*; 1 litre pour cent correspond donc à 10 cc. d'alcool pur; 1 litre d'alcool à 80 % est dit à 80 *Litres pour cent* (1).

EXEMPLES POUR L'EMPLOI DES TABLES ALCOOMETRIQUES.

I. — *Calculer la richesse alcoolique d'un liquide, connaissant son poids spécifique à la température normale de 15°, 5 C. (table I).*

Exemple : Le poids spécifique est de 0,9677; si on cherche ce chiffre dans la colonne verticale — volumes % — on trouve en regard le chiffre 28, qui indique que le liquide contient, pour 100 volumes, 28 volumes d'alcool; si on le cherche dans la colonne verticale — poids % — on trouve 23, c'est-à-dire que le liquide contient, pour 100 kilos, 23 kilos d'alcool.

Les résultats sont également faciles à déterminer pour des poids spécifiques intermédiaires entre deux chiffres de la table.

II. — *Transformer les volumes % en poids (table II).*

Exemple : A quel poids % correspond un liquide alcoolique ayant une richesse de 82,5 % en volume. A côté du chiffre 82,5, lu dans la colonne des volumes, on trouve 76,5 donnant le poids %.

Il y a lieu, cependant, d'observer que ce résultat ne saurait être appliqué, sans correction, à un vin dont on aurait déterminé la teneur alcoolique en volume par la richesse du liquide obtenu par distillation, car le poids % ainsi trouvé ne se rapporte pas au vin, dont le poids spécifique est supérieur à celui du liquide obtenu par la distillation. Si on appelle S le poids spécifique du liquide

(1) En France, il est d'usage de ramener les alcools à 90° centésimaux dans le commerce (N. d. T.).

distillé, S_1 celui du vin, et P le poids d'alcool % du liquide S , le poids % x du vin sera :

$$x = \frac{P S}{S_1}$$

Exemple : 1 litre de moût marquant $2^{\circ}, 1$ sacch. donne 1 litre de liquide distillé à 11 % d'alcool en volume = 8,87 % en poids (P). D'après la table I, $S = 0,9854$, S_1 marquant $2^{\circ}, 1$ sacch. = 1,0084, et, par suite, le poids d'alcool % contenu dans le vin sera :

$$\frac{8,87 \times 0,9854}{1,0084} = 8,67 \text{ \%}$$

G. Dahm (Zeitschr. f. analyt. Chemie, 1882, p. 485) a calculé des tables donnant directement tous ces résultats.

III. — *Ramener à la température normale les résultats obtenus à une température quelconque* (table III).

Exemple : On a trouvé, en volume, 83 % à la température de 7° R. (1° R. = $1^{\circ}, 25$ C.); on lit, dans la colonne verticale partant de 83, le chiffre en regard de la température 7° , et on trouve 84,9. Des fractions de température, supérieures ou égales à $1/2^{\circ}$, comptent pour un degré, et, si elles sont inférieures à $1/2^{\circ}$, elles sont négligées. ($7 \frac{1}{2} = 8^{\circ}$).

Si le degré à convertir est exprimé en fractions de degré, par exemple 83,7 %, on lit la correction correspondant à 83 % et on lui ajoute les $7/10$ de degré sans modifications : $84,9 + 0,7 = 85^{\circ},6$.

IV. — *Détermination du volume réel d'un liquide alcoolique d'après son volume apparent et sa température* (table IV)

La première ligne horizontale de la table représente les richesses alcooliques de 30 à 100 %; la première colonne verticale, les degrés Réaumur; les chiffres des autres colonnes verticales donnent les coefficients par lesquels on doit multiplier les volumes apparents pour avoir les volumes réels.

Exemple : Quel est le volume, à la température normale, de 100 hectolitres d'alcool à 82 \% et $+ 4^{\circ}$ R. On trouve à la jonction de

la ligne verticale 80 — 84 et de la ligne horizontale + 4° R. le coefficient 1,0101 ; les 100 hectol. donnent donc, à la température normale, $100 \times 1,0101 = 101,01$ litres.

V. — *Transformation en richesse réelle de la teneur alcoolique déterminée à des températures différant de la température normale.*

100 litres à 84 ‰, à la température de + 3° R., contiennent réellement 87,2 ‰, en volume, d'alcool ; de plus, d'après la table IV, ces 100 litres d'alcool à + 3° R. ont un volume de 101,13 litres à la température normale, de sorte que les « litres pour cent » égalent $101,14 \times 87,2 = 8819,4 = 88,194$ litres d'alcool pur.

VI. — *Combien faut-il de litres d'un alcool à une température différant de la température normale, pour donner un volume déterminé d'alcool pur à la température normale ?*

Exemple : On doit livrer 80 litres d'alcool pur, et l'alcool marque à + 3° R. 84 ‰ ; à la température normale, l'alcoomètre marquera 87,2 ‰, et, d'après le problème V ci-dessus, 100 litres de cet alcool contiennent 88,19 litres d'alcool pur, il en faudra donc livrer

$$\frac{80 \times 100}{88,19} = 90,7 \text{ litres.}$$

VII. — *Le mélange d'eau et d'alcool subit une contraction.* — La contraction est la plus forte pour le mélange de 49,722 litres d'eau et 54 litres d'alcool pur ; elle est de 3,722 litres.

La table V n'est d'ailleurs pas indispensable pour calculer la contraction qui se produit lorsqu'on mélange de l'eau et de l'alcool.

On peut la déterminer comme suit :

1° Que est, par exemple, la contraction d'un mélange de 100 litres d'alcool absolu et de 50 litres d'eau ? 100 litres d'alcool absolu (table I) pèsent 79,46 kgr., 50 litres d'eau pèsent 50 kilos ; le poids du mélange sera donc de 129,46 kgr. La teneur alcoolique en poids du mélange est de $\frac{79,46}{129,46} = 61,4 \%$, ce qui correspond (table I) à un poids spécifique de 0,8925 ; d'où le volume égale :

$$\frac{129,4}{0,8925} = 145 \text{ litres.}$$

La contraction a donc été de $(100 + 50) - 145 = 5$ litres.

2° Quelle est la contraction d'un mélange de 50 litres d'eau et de 100 litres d'une dissolution alcoolique ayant une teneur en volume de 80 %? Le poids spécifique de la dissolution alcoolique à 80 % est de 0,8639; le poids du mélange est donc de $86,39 + 50$, soit 136,39 kgr., et ce mélange contient 80 litres d'alcool pur, soit $80 \times 0,7946 = 63,568$ kgr. d'alcool, c'est-à-dire une teneur en poids de 46,6 %. Son poids spécifique est donc 0,9256, et son volume;

$$\frac{136,39}{0,9256} = 147,3 \text{ litres.}$$

La contraction a donc été de 2,7 litres.

VIII. — *Détermination de la quantité d'eau à ajouter à 100 volumes d'une dissolution alcoolique pour produire un liquide de richesse donnée.*

Si on désigne par :

x l'eau nécessaire,

p_1 la teneur en volume du liquide à produire, p , la teneur en volume de l'alcool employé, w la proportion %, en volume, d'eau contenue dans l'alcool employé de richesse p (table V), w_1 la proportion %, en volume, d'eau contenue dans le liquide de richesse p_1 ,

On trouve que :

$$x = \frac{w_1 p}{p_1} - w.$$

Exemple : Combien doit-on ajouter d'eau à 100 litres d'alcool à 80 % pour produire de l'alcool à 35 %.

D'après la table V, on trouve que $w_1 = 68,109$ et $w = 22,82$ litres; la formule ci-dessus donnera donc :

$$x = \frac{68,109 \times 80}{35} - 22,82. = 132,86$$

On devra donc ajouter aux 100 litres d'alcool à 80 %, 132,86 litres d'eau, pour obtenir un mélange à 35 % d'alcool en volume.

IX. — *Détermination du volume d'un alcool dont on connaît le poids et la richesse.*

Le poids ν d'un corps, de poids spécifique s , est donné par la formule

$$\nu = \frac{g}{s}$$

g étant le poids absolu de ce corps.

Le volume de 500 kgr. d'alcool à 85 %, par exemple, sera de

$$\nu = \frac{500}{0,8496} = 589 \text{ litres.}$$

Il est naturellement nécessaire de ne se servir que du poids spécifique réel, c'est-à-dire pris à la température normale.

X. — *Conversion d'un poids donné d'alcool de richesse connue en litres pour cent.*

Soit g le poids absolu de l'alcool considéré, s son poids spécifique, p sa richesse en volume on aura

$$x = \frac{g}{s} \times p$$

Exemple : 100 kgr. d'alcool à 82 % donneront

$$\frac{100}{0,8583} \times 82 = 9553,8 \text{ litres pour cent.}$$

Il est également indispensable de n'employer, dans ce cas, que les richesses réelles rapportées à la température normale.

TABLE I

POIDS SPÉCIFIQUES DES MÉLANGES D'EAU ET D'ALCOOL ET
RICHESSES CORRESPONDANTES, A LA TEMPÉRATURE DE 15° 1/2 C.

Richeesse alcoo- lique. %	En	En	Richeesse alcoo- lique. %	En	En	Richeesse alcoo- lique. %	En	En
	volume	poids		volume	poids.		volume	poids.
	Poids spécifiques.			Poids spécifiques.			Poids spécifiques	
1	0,9985	0,9981	35	0,9592	0,9490	68	0,8949	0,8772
2	9970	9963	36	9579	9472	69	8925	8748
3	9956	9944	37	9565	9453	70	8900	8724
4	9942	9928	38	9550	9433	71	8875	8700
5	9928	9912	39	9535	9413	72	8850	8676
6	9915	9896	40	9519	9394	73	8825	8652
7	9902	9880	41	9503	9374	74	8799	8629
8	9890	9866	42	9487	9353	75	8773	8605
9	9878	9852	43	9470	9332	76	8747	8581
10	9866	9839	44	9452	9311	77	8720	8557
11	9854	9826	45	9435	9291	78	8693	8533
12	9843	9813	46	9417	9269	79	8666	8509
13	9832	9800	47	9399	9248	80	8639	8484
14	9821	9788	48	9381	9227	81	8611	8459
15	9811	9775	49	9362	9204	82	8583	8435
16	9800	9763	50	9343	9183	83	8555	8409
17	9790	9751	51	9323	9160	84	8526	8385
18	9780	9739	52	9303	9138	85	8496	8359
19	9770	9727	53	9283	9116	86	8466	8333
20	9760	9714	54	9263	9094	87	8436	8307
21	9750	9702	55	9242	9072	88	8405	8282
22	9740	9690	56	9221	9049	89	8373	8256
23	9729	9677	57	9200	9027	90	8339	8229
24	9719	9664	58	9178	9004	91	8306	8203
25	9709	9651	59	9156	8981	92	8272	8176
26	9698	9637	60	9134	8958	93	8237	8149
27	9688	9622	61	9112	8935	94	8201	8122
28	9677	9607	62	9090	8911	95	8164	8094
29	9666	9592	63	9067	8888	96	8125	8065
30	9655	9577	64	9044	8865	97	8084	8036
31	9643	9560	65	9021	8842	98	8041	8006
32	9631	9544	66	8997	8818	99	7995	7976
33	9618	9526	67	8973	8795	100	7946	7946
34	9605	9508						

TABLE II
 POUR TRANSFORMER LES % EN VOLUME EN % EN POIDS A LA
 TEMPÉRATURE NORMALE DE 15° 1/2 C.

% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.
0,0	0,00	4,0	3,20	8,0	6,42	12,0	9,69	16,0	12,97
1	08	1	28	1	50	1	77	1	13,08
2	16	2	36	2	58	2	85	2	16
3	24	3	44	3	66	3	93	3	24
4	32	4	52	4	74	4	10,01	4	32
5	40	5	60	5	82	5	09	5	40
6	48	6	68	6	90	6	17	6	48
7	56	7	76	7	98	7	25	7	56
8	64	8	84	8	7,06	8	33	8	64
9	72	9	92	9	14	9	41	9	72
1,0	80	5,0	4,00	9,0	24	13,0	51	17,0	80
1	88	1	08	1	32	1	59	1	88
2	96	2	16	2	40	2	67	2	96
3	1,04	3	24	3	48	3	75	3	14,04
4	12	4	32	4	56	4	83	4	12
5	20	5	40	5	64	5	91	5	20
6	28	6	48	6	72	6	99	6	28
7	36	7	56	7	80	7	11,07	7	36
8	44	8	64	8	88	8	15	8	44
9	52	9	72	9	96	9	23	9	52
2,0	60	6,0	80	10,0	8,05	14,0	33	18,0	62
1	68	1	88	1	13	1	41	1	70
2	76	2	96	2	21	2	49	2	78
3	84	3	5,04	3	29	3	58	3	86
4	92	4	12	4	37	4	66	4	94
5	2,00	5	20	5	45	5	74	5	15,02
6	08	6	28	6	53	6	82	6	10
7	16	7	36	7	61	7	90	7	18
8	24	8	44	8	69	8	99	8	26
9	32	9	52	9	77	9	12,07	9	34
3,0	40	7,0	62	11,0	87	15,0	15	19,0	44
1	48	1	70	1	95	1	23	1	52
2	56	2	78	2	9,03	2	31	2	60
3	64	3	86	3	11	3	39	3	69
4	72	4	94	4	19	4	48	4	78
5	80	5	6,02	5	27	5	56	5	86
6	88	6	10	6	35	6	64	6	94
7	96	7	18	7	43	7	72	7	16,03
8	3,04	8	26	8	51	8	81	8	11
9	12	9	34	9	59	9	89	9	20

% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.
20,0	16,28	24,0	19,62	28,0	22,99	32,0	26,40	36,0	29,86
1	36	1	70	1	23,07	1	49	1	95
2	45	2	78	2	16	2	57	2	30,04
3	53	3	87	3	24	3	66	3	13
4	62	4	95	4	33	4	74	4	21
5	70	5	20,03	5	41	5	83	5	30
6	78	6	12	6	50	6	92	6	39
7	87	7	20	7	58	7	27,00	7	48
8	95	8	28	8	67	8	09	8	57
9	17,04	9	37	9	75	9	17	9	66
21,0	12	25,0	46	29,0	84	33,0	26	37,0	74
1	20	1	54	1	92	1	35	1	83
2	29	2	62	2	24,01	2	44	2	92
3	37	3	71	3	09	3	52	3	31,00
4	45	4	79	4	18	4	61	4	09
5	54	5	88	5	26	5	69	5	18
6	62	6	96	6	35	6	78	6	27
7	70	7	21,05	7	43	7	86	7	30
8	78	8	13	8	52	8	95	8	45
9	87	9	22	9	60	9	28,04	9	54
22,0	95	26,0	30	30,0	69	34,0	13	38,0	62
1	18,03	1	38	1	78	1	22	1	71
2	12	2	46	2	86	2	30	2	80
3	20	3	55	3	95	3	39	3	89
4	29	4	63	4	25,03	4	48	4	97
5	37	5	72	5	12	5	56	5	32,06
6	45	6	80	6	20	6	65	6	15
7	54	7	89	7	29	7	73	7	24
8	62	8	97	8	39	8	81	8	33
9	71	9	22,05	9	47	9	90	9	42
23,0	79	27,0	14	31,0	55	35,0	99	39,0	50
1	87	1	22	1	64	1	29,08	1	59
2	96	2	31	2	72	2	17	2	68
3	19,04	3	39	3	81	3	26	3	77
4	12	4	48	4	89	4	34	4	86
5	21	5	56	5	98	5	43	5	95
6	29	6	65	6	26,06	6	52	6	33,03
7	37	7	73	7	15	7	61	7	12
8	45	8	82	8	23	8	69	8	21
9	54	9	90	9	31	9	78	9	30

% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.
40,0	33,39	44,0	36,99	48,0	40,66	52,0	44,42	56,0	48,26
1	48	1	37,08	1	75	1	51	1	36
2	57	2	17	2	85	2	61	2	46
3	60	3	26	3	94	3	70	3	55
4	75	4	35	4	41,03	4	80	4	65
5	84	5	45	5	12	5	89	5	74
6	93	6	54	6	22	6	99	6	84
7	34,02	7	63	7	31	7	45,08	7	94
8	11	8	72	8	41	8	18	8	49,03
9	20	9	81	9	50	9	28	9	13
41,0	28	45,0	90	49,0	59	53,0	37	57,0	23
1	37	1	99	1	68	1	40	1	33
2	40	2	38,09	2	78	2	56	2	43
3	55	3	18	3	87	3	65	3	52
4	64	4	27	4	90	4	75	4	62
5	73	5	36	5	42,05	5	84	5	72
6	82	6	45	6	15	6	94	6	81
7	91	7	55	7	24	7	46,03	7	91
8	35,00	8	64	8	33	8	13	8	50,01
9	09	9	73	9	43	9	22	9	11
42,0	18	46,0	82	50,0	52	54,0	32	58,0	21
1	27	1	91	1	61	1	42	1	31
2	36	2	39,00	2	71	2	51	2	41
3	45	3	09	3	80	3	61	3	51
4	54	4	19	4	89	4	70	4	60
5	63	5	28	5	99	5	80	5	70
6	72	6	37	6	43,08	6	90	6	80
7	81	7	46	7	17	7	99	7	90
8	90	8	55	8	27	8	47,09	8	51,00
9	99	9	64	9	37	9	19	9	10
43,0	36,08	47,0	73	51,0	47	55,0	29	59,0	20
1	17	1	82	1	56	1	39	1	30
2	26	2	91	2	66	2	48	2	40
3	35	3	40,01	3	75	3	58	3	50
4	46	4	10	4	85	4	68	4	60
5	55	5	19	5	94	5	77	5	70
6	64	6	29	6	44,04	6	87	6	80
7	73	7	38	7	13	7	97	7	90
8	82	8	47	8	23	8	48,06	8	52,00
9	90	9	57	9	32	9	16	9	10

% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me	% en poids.
60,0	52,20	64,0	56,23	68,0	60,38	72,0	64,65	76,0	69,04
1	30	1	33	1	49	1	76	1	15
2	40	2	43	2	60	2	87	2	26
3	50	3	54	3	70	3	98	3	38
4	60	4	64	4	81	4	65,09	4	40
5	70	5	74	5	90	5	19	5	60
6	80	6	84	6	61,02	6	30	6	71
7	90	7	94	7	12	7	41	7	82
8	53,00	8	57,05	8	23	8	52	8	94
9	10	9	15	9	33	9	63	9	70,05
61,0	20	65,0	25	69,0	43	73,0	73	77,0	17
1	30	1	35	1	53	1	84	1	28
2	40	2	45	2	64	2	95	2	40
3	50	3	56	3	74	3	60,06	3	51
4	60	4	66	4	85	4	17	4	63
5	70	5	77	5	95	5	28	5	74
6	80	6	87	6	62,06	6	39	6	85
7	90	7	98	7	16	7	50	7	97
8	54,00	8	58,08	8	27	8	61	8	71,08
9	10	9	19	9	38	9	72	9	19
62,0	19	66,0	29	70,0	49	74,0	83	78,0	30
1	29	1	39	1	60	1	94	1	41
2	39	2	50	2	71	2	67,05	2	53
3	49	3	60	3	82	3	16	3	64
4	59	4	71	4	93	4	27	4	76
5	69	5	81	5	63,04	5	38	5	87
6	80	6	91	6	14	6	49	6	99
7	90	7	59,02	7	25	7	60	7	72,11
8	55,01	8	12	8	36	8	71	8	23
9	11	9	23	9	47	9	82	9	34
63,0	21	67,0	33	71,0	57	75,0	93	79,0	45
1	31	1	43	1	68	1	68,04	1	56
2	41	2	54	2	79	2	15	2	67
3	51	3	64	3	90	3	26	3	79
4	62	4	75	4	64,00	4	37	4	90
5	72	5	85	5	11	5	48	5	73,01
6	82	6	96	6	22	6	59	6	13
7	92	7	60,06	7	33	7	70	7	24
8	56,03	8	17	8	44	8	81	8	35
9	13	9	27	9	55	9	93	9	40

% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.	% en volu- me.	% en poids.
80,0	73,58	84,0	78,29	88,0	83,19	92,0	88,38	96,0	93,89
1	70	1	41	1	32	1	51	1	94,03
2	82	2	53	2	45	2	64	2	18
3	94	3	65	3	57	3	77	3	32
4	74,05	4	77	4	70	4	91	4	47
5	17	5	89	5	83	5	89,04	5	61
6	29	6	79,01	6	96	6	17	6	76
7	40	7	13	7	84,08	7	31	7	90
8	52	8	25	8	21	8	44	8	95,05
9	64	9	38	9	34	9	57	9	19
81,0	75	85,0	50	89,0	46	93,0	71	97,0	34
1	87	1	62	1	59	1	84	1	49
2	99	2	74	2	72	2	98	2	64
3	75,10	3	87	3	85	3	90,11	3	79
4	22	4	99	4	98	4	25	4	94
5	34	5	80,11	5	85,11	5	38	5	96,09
6	46	6	24	6	24	6	52	6	24
7	57	7	36	7	37	7	65	7	39
8	69	8	48	8	50	8	79	8	54
9	80	9	61	9	63	9	93	9	69
82,0	91	86,0	74	90,0	76	94,0	91,08	98,0	84
1	76,03	1	80	1	89	1	22	1	97,00
2	15	2	98	2	86,02	2	36	2	15
3	27	3	81,10	3	15	3	50	3	31
4	39	4	23	4	28	4	63	4	45
5	50	5	35	5	41	5	77	5	61
6	62	6	47	6	54	6	91	6	76
7	74	7	59	7	67	7	92,05	7	92
8	86	8	71	8	80	8	19	8	98,07
9	98	9	83	9	93	9	33	9	23
83,0	77,09	87,0	95	91,0	87,06	95,0	46	99,0	39
1	21	1	82,07	1	19	1	60	1	55
2	33	2	19	2	32	2	74	2	71
3	45	3	32	3	46	3	88	3	87
4	57	4	44	4	59	4	93,02	4	99,04
5	69	5	56	5	72	5	17	5	20
6	81	6	69	6	85	6	31	6	36
7	93	7	81	7	98	7	45	7	52
8	78,05	8	93	8	88,12	8	60	8	68
9	17	9	83,06	9	25	9	74	9	84

TABLE III

POUR LA DÉTERMINATION DES RICHESSES RÉELLES A LA TEMPÉRATURE
NORMALE DE 15° 1/2 C., D'APRÈS LES RICHESSES APPARENTES
A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES.

Tempé- ture ° R.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.									
-10	30,2	32,0	33,2	34,4	35,8	37,2	38,4	39,5	40,7	41,9
9	29,8	31,5	32,8	34,0	35,4	36,7	37,9	39,0	40,2	41,4
8	29,4	31,1	32,4	33,6	34,9	36,2	37,4	38,5	39,6	40,9
7	29,0	30,6	31,9	33,1	34,4	35,7	36,9	38,0	39,1	40,4
6	28,6	30,2	31,5	32,7	34,0	35,2	36,4	37,5	38,6	39,8
5	28,2	29,7	31,0	32,3	33,5	34,8	35,9	37,0	38,1	39,2
4	27,7	29,3	30,5	31,8	33,0	34,2	35,4	36,5	37,5	38,6
3	27,3	28,8	30,1	31,3	32,5	33,7	34,9	35,9	37,0	38,1
2	26,9	28,4	29,6	30,8	32,0	33,2	34,3	35,4	36,5	37,5
-1	26,5	27,9	29,2	30,5	31,6	32,8	33,9	35,1	36,1	37,1
0	26,1	27,4	28,8	30,1	31,2	32,3	33,4	34,5	35,5	36,5
+1	25,7	27,0	28,2	29,5	30,7	31,8	32,8	33,9	35,0	36,0
2	25,2	26,5	27,7	28,9	30,1	31,2	32,3	33,3	34,4	35,4
3	24,8	26,0	27,1	28,3	29,5	30,6	31,7	32,8	33,8	34,9
4	24,3	25,5	26,7	27,8	29,0	30,1	31,2	32,2	33,3	34,3
5	23,9	25,1	26,2	27,4	28,5	29,7	30,7	31,8	32,8	33,8
6	23,5	24,7	25,8	26,9	28,1	29,2	30,3	31,3	32,3	33,3
7	23,2	24,3	25,4	26,5	27,6	28,7	29,8	30,8	31,8	32,8
8	22,8	23,9	25,0	26,1	27,1	28,2	29,3	30,3	31,3	32,3
9	22,3	23,4	24,5	25,5	26,6	27,7	28,7	29,8	30,8	31,8
10	21,9	23,0	24,0	25,0	26,1	27,1	28,2	29,3	30,3	31,3
+11	21,5	22,6	23,6	24,6	25,6	26,6	27,7	28,7	29,8	30,8
12	21,2	22,2	23,2	24,2	25,2	26,2	27,2	28,2	29,2	30,2
13	20,8	21,8	22,8	23,8	24,8	25,8	26,8	27,7	28,7	29,7
14	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,3	29,3
15	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	24,9	25,9	26,9	27,8	28,8
16	19,6	20,6	21,6	22,5	23,5	24,5	25,4	26,4	27,3	28,3
17	19,2	20,1	21,1	22,1	23,0	24,0	24,9	25,9	26,9	27,8
18	18,8	19,7	20,7	21,6	22,5	23,5	24,4	25,4	26,3	27,3
19	18,5	19,3	20,2	21,2	22,1	23,0	23,9	24,9	25,8	26,8
20	18,1	19,0	19,8	20,7	21,6	22,6	23,5	24,4	25,3	26,3
+21	17,7	18,6	19,4	20,3	21,2	22,1	23,0	23,9	24,8	25,8
22	17,3	18,2	19,0	19,9	20,8	21,7	22,6	23,5	24,3	25,3
23	16,9	17,8	18,6	19,5	20,3	21,2	22,1	23,0	23,9	24,8
24	16,5	17,4	18,2	19,1	19,9	20,8	21,7	22,6	23,5	24,4
25	16,2	17,0	17,8	18,6	19,5	20,3	21,2	22,1	23,0	23,9
26	15,7	16,6	17,4	18,2	19,1	19,9	20,8	21,6	22,5	23,4
27	15,3	16,1	17,0	17,8	18,6	19,4	20,3	21,2	22,0	22,9
28	14,9	15,7	16,5	17,3	18,2	19,0	19,8	20,7	21,6	22,5
29	14,4	15,2	16,1	16,9	17,7	18,6	19,4	20,2	21,1	22,0
+30	14,0	14,8	15,7	16,5	17,3	18,1	19,0	19,8	20,7	21,6

Température ° R.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.									
-20	47,9	48,7	49,5	50,4	51,2	52,0	52,8	53,7	54,5	55,3
19	47,4	48,2	49,0	49,9	50,7	51,5	52,4	53,2	54,0	54,9
18	46,9	47,7	48,5	49,4	50,2	51,1	51,9	52,7	53,6	54,4
17	46,4	47,2	48,0	48,9	49,7	50,6	51,4	52,3	53,1	54,0
16	45,8	46,7	47,6	48,4	49,3	50,1	51,0	51,8	52,7	53,5
15	45,3	46,2	47,1	47,9	48,8	49,6	50,5	51,3	52,2	53,1
14	44,8	45,7	46,6	47,4	48,3	49,2	50,0	50,9	51,7	52,6
13	44,3	45,2	46,1	46,9	47,8	48,7	49,5	50,4	51,3	52,2
12	43,8	44,7	45,6	46,4	47,3	48,2	49,1	49,9	50,8	51,7
11	43,3	44,2	45,1	46,0	46,8	47,7	48,6	49,5	50,4	51,2
10	42,8	43,7	44,6	45,5	46,3	47,2	48,1	49,0	49,9	50,8
9	42,3	43,2	44,1	45,0	45,9	46,8	47,7	48,6	49,4	50,3
8	41,8	42,7	43,6	44,5	45,4	46,3	47,2	48,1	49,0	49,9
7	41,3	42,2	43,1	44,0	44,9	45,8	46,7	47,6	48,5	49,4
6	40,8	41,7	42,6	43,5	44,4	45,3	46,2	47,2	48,1	49,0
5	40,3	41,2	42,1	43,0	43,9	44,8	45,8	46,7	47,6	48,5
4	39,7	40,7	41,6	42,5	43,4	44,4	45,3	46,2	47,1	48,1
3	39,1	40,1	41,1	42,0	42,9	43,9	44,8	45,7	46,7	47,6
2	38,6	39,6	40,6	41,5	42,5	43,4	44,3	45,3	46,2	47,1
1	38,1	39,1	40,1	41,0	41,9	42,9	43,8	44,7	45,7	46,6
0	37,5	38,5	39,5	40,5	41,4	42,3	43,3	44,2	45,1	46,1
+1	37,0	38,0	39,0	40,0	40,9	41,8	42,8	43,7	44,6	45,6
2	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,3	42,3	43,2	44,1	45,1
3	35,9	36,9	37,9	38,9	39,9	40,8	41,8	42,7	43,7	44,6
4	35,4	36,4	37,4	38,3	39,3	40,3	41,3	42,2	43,2	44,1
5	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,7	41,7	42,7	43,6
6	34,3	35,3	36,3	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,1	43,1
7	33,8	34,8	35,8	36,8	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7	42,6
8	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,2	39,2	40,2	41,2	42,2
9	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7
10	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,2	38,2	39,2	40,1	41,1
+11	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7
12	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2	40,2
13	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7
14	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2
15	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,6	35,6	36,7	37,7	38,7
16	29,3	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,1	36,2	37,2	38,2
17	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7
18	28,3	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2
19	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7
20	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2
+21	26,7	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7
22	26,2	27,2	28,2	29,2	30,1	31,1	32,2	33,2	34,2	35,2
23	25,7	26,7	27,7	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,7	34,7
24	25,3	26,2	27,2	28,2	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1
25	24,8	25,7	26,7	27,7	28,6	29,6	30,6	31,6	32,6	33,7
26	24,3	25,2	26,1	27,1	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1
27	23,8	24,7	25,7	26,7	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6	32,7
28	23,4	24,3	25,2	26,2	27,2	28,1	29,1	30,1	31,1	32,2
29	22,9	23,8	24,7	25,7	26,7	27,6	28,6	29,6	30,6	31,7
+30	22,4	23,3	24,2	25,1	26,1	27,1	28,1	29,1	30,1	31,2

Température ° R.	DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
-20	56,2	57,0	57,8	58,6	59,5	60,3	61,1	62,0	62,8	63,6
19	55,7	56,5	57,4	58,2	59,0	59,9	60,7	61,5	62,4	63,2
18	55,3	56,1	56,9	57,8	58,6	59,5	60,3	61,1	62,0	62,8
17	54,8	55,7	56,5	57,4	58,2	59,0	59,9	60,7	61,6	62,4
16	54,4	55,2	56,1	56,9	57,8	58,6	59,5	60,4	61,2	62,0
15	53,9	54,8	55,6	56,5	57,3	58,2	59,1	59,9	60,8	61,6
14	53,5	54,3	55,2	56,1	56,9	57,8	58,7	59,5	60,4	61,2
13	53,0	53,9	54,8	55,6	56,5	57,4	58,2	59,1	60,0	60,9
12	52,6	53,4	54,3	55,2	56,1	57,0	57,8	58,7	59,6	60,5
11	52,1	53,0	53,9	54,8	55,7	56,5	57,4	58,3	59,2	60,1
10	51,7	52,6	53,5	54,3	55,2	56,1	57,0	57,9	58,8	59,7
9	51,2	52,1	53,0	53,9	54,8	55,7	56,6	57,5	58,4	59,3
8	50,8	51,7	52,6	53,5	54,4	55,3	56,2	57,1	58,0	58,9
7	50,3	51,4	52,2	53,1	54,0	54,9	55,8	56,7	57,6	58,5
6	49,9	50,8	51,7	52,6	53,5	54,5	55,4	56,3	57,2	58,1
4	49,4	50,4	51,3	52,2	53,1	54,0	54,9	55,9	56,8	57,7
5	49,0	49,9	50,8	51,8	52,7	53,6	54,5	55,4	56,4	57,3
3	48,5	49,4	50,4	51,2	52,2	53,2	54,1	55,0	56,0	56,9
2	48,1	49,0	49,9	50,9	51,8	52,7	53,7	54,6	55,5	56,5
-1	47,5	48,5	49,4	50,3	51,3	52,2	53,2	54,1	55,1	56,0
0	47,0	48,0	48,9	49,9	50,8	51,8	52,7	53,7	54,6	55,6
+1	46,5	47,5	48,5	49,5	50,4	51,4	52,3	53,3	54,2	55,1
2	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0	50,9	51,9	52,8	53,8	54,7
3	45,6	46,5	47,5	48,5	49,5	50,5	51,4	52,4	53,3	54,3
4	45,1	46,1	47,0	48,0	49,0	50,0	50,9	51,9	52,9	53,8
5	44,6	45,6	46,6	47,5	48,5	49,5	50,5	51,4	52,4	53,4
6	44,1	45,1	46,1	47,1	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0
7	43,6	44,6	45,6	46,6	47,7	48,6	49,6	50,5	51,5	52,5
8	43,1	44,1	45,1	46,1	47,2	48,1	49,1	50,5	51,1	52,1
9	42,7	43,7	44,7	45,7	46,8	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6
10	42,2	43,2	44,2	45,2	46,3	47,2	48,1	49,1	50,1	51,1
+11	41,7	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,6
12	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2
13	40,7	41,7	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7
14	40,2	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,3	48,3	49,3
15	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,7	45,8	46,8	47,8	48,8
16	39,2	40,2	41,3	42,4	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,4
17	38,7	39,7	40,8	41,8	42,8	43,8	44,8	45,9	46,9	47,9
18	38,2	39,2	40,3	41,4	42,3	43,3	44,3	45,4	46,4	47,4
19	37,7	38,7	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9	46,9
20	37,2	38,3	39,3	40,3	41,3	42,3	43,4	44,4	45,4	46,5
+21	36,7	37,8	38,8	39,8	40,9	41,9	42,9	43,9	44,9	46,0
22	36,2	37,3	38,3	39,3	40,4	41,4	42,4	43,4	44,5	45,5
23	35,7	36,7	37,8	38,8	39,9	40,9	41,9	42,9	44,0	45,0
24	35,2	36,2	37,3	38,3	39,3	40,4	41,4	42,4	43,5	44,5
25	34,7	35,7	36,8	37,8	38,8	39,9	40,9	42,0	43,0	44,0
26	34,2	35,2	36,2	37,3	38,3	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5
27	33,7	34,7	35,7	36,8	37,8	38,8	39,9	40,9	42,0	43,0
28	33,2	34,2	35,3	36,3	37,3	38,4	39,4	40,4	41,5	42,5
29	32,7	33,7	34,8	35,8	36,8	37,9	38,9	39,9	41,0	42,0
+30	32,2	33,2	34,3	35,3	36,3	37,4	38,4	39,5	40,5	41,6

Température ° R.	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.									
-20	64,5	65,5	66,4	67,3	68,3	69,2	70,1	71,0	71,9	72,8
19	64,1	65,1	66,0	67,0	67,9	68,8	69,7	70,6	71,5	72,4
18	63,7	64,7	65,6	66,6	67,5	68,4	69,3	70,2	71,1	72,0
17	63,3	64,3	65,2	66,2	67,1	68,0	68,9	69,8	70,7	71,6
16	62,9	63,9	64,8	65,8	66,7	67,6	68,5	69,4	70,3	71,3
15	62,6	63,5	64,5	65,4	66,3	67,2	68,1	69,0	70,0	70,9
14	62,2	63,1	64,1	65,0	65,9	66,8	67,7	68,7	69,6	70,5
13	61,8	62,7	63,7	64,6	65,5	66,4	67,4	68,3	69,2	70,1
12	61,4	62,3	63,3	64,2	65,1	66,0	67,0	67,9	68,8	69,8
-11	61,0	61,9	62,9	63,8	64,7	65,7	66,6	67,5	68,5	69,4
10	60,6	61,5	62,5	63,4	64,3	65,3	66,2	67,1	68,1	69,0
9	60,2	61,1	62,1	63,0	63,9	64,9	65,8	66,8	67,7	68,6
8	59,8	60,7	61,7	62,6	63,6	64,5	65,4	66,4	67,3	68,3
7	59,4	60,3	61,3	62,2	63,2	64,1	65,0	66,0	66,9	67,9
6	59,0	59,9	60,9	61,8	62,8	63,7	64,7	65,6	66,5	67,5
5	58,6	59,5	60,5	61,4	62,4	63,3	64,3	65,2	66,2	67,1
4	58,2	59,1	60,1	61,0	62,0	62,9	63,9	64,8	65,8	66,7
3	57,8	58,7	59,7	60,6	61,6	62,5	63,5	64,4	65,4	66,4
2	57,4	58,4	59,3	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65,0	66,0
-1	57,0	57,9	58,9	59,8	60,8	61,7	62,7	63,7	64,6	65,6
0	56,5	57,5	58,5	59,4	60,4	61,4	62,3	63,3	64,3	65,2
+1	56,1	57,1	58,0	59,0	60,0	60,9	61,9	62,9	63,9	64,8
2	55,7	56,6	57,6	58,6	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5	64,4
3	55,2	56,2	57,2	58,1	59,1	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0
4	54,8	55,8	56,7	57,7	58,7	59,6	60,6	61,6	62,6	63,6
5	54,4	55,3	56,3	57,3	58,3	59,2	60,2	61,2	62,2	63,2
6	53,9	54,9	55,9	56,9	57,8	58,8	59,8	60,8	61,8	62,8
7	53,5	54,5	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,3	61,3	62,3
8	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	57,9	58,9	59,9	60,9	61,9
9	52,6	53,6	54,6	55,5	56,5	57,5	58,5	59,5	60,5	61,5
10	52,1	53,1	54,4	55,1	56,1	57,1	58,1	59,1	60,1	61,1
+11	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	60,6
12	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2
13	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8
14	50,3	51,3	52,3	53,3	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4
15	49,8	50,9	51,9	52,9	53,9	54,9	55,9	56,9	57,9	58,9
16	49,4	50,4	51,4	52,4	53,5	54,5	55,5	56,5	57,5	58,5
17	48,9	49,9	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0
18	48,5	49,5	50,5	51,5	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6
19	48,0	49,0	50,1	51,1	52,1	53,1	54,1	55,1	56,1	57,1
20	47,5	48,5	49,6	50,6	51,6	52,7	53,7	54,7	55,7	56,7
21	47,0	48,1	49,1	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2
22	46,5	47,6	48,6	49,7	50,7	51,7	52,7	53,8	54,8	55,8
23	46,0	47,1	48,1	49,1	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2
24	45,5	46,6	47,6	48,6	49,7	50,7	51,8	52,8	53,8	54,8
25	45,1	46,1	47,1	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2
26	44,6	45,6	46,7	47,7	48,8	49,8	50,8	51,9	52,9	53,9
27	44,1	45,2	46,2	47,2	48,3	49,3	50,3	51,4	52,4	53,4
28	43,6	44,7	45,7	46,7	47,8	48,8	49,9	50,9	52,0	53,0
29	43,1	44,2	45,2	46,3	47,3	48,3	49,4	50,4	51,5	52,5
+30	42,6	43,7	44,7	45,8	46,8	47,9	48,9	49,9	51,0	52,0

Température ° R.	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.									
-20	73,7	74,6	75,5	76,4	77,3	78,2	79,1	80,0	80,9	81,8
19	73,3	74,2	75,1	76,0	76,9	77,8	78,7	79,7	80,6	81,5
18	72,9	73,8	74,7	75,7	76,6	77,5	78,4	79,3	80,2	81,1
17	72,6	73,5	74,4	75,3	76,2	77,1	78,0	78,9	79,9	80,8
16	72,2	73,1	74,0	74,9	75,9	76,8	77,7	78,6	79,5	80,4
15	71,8	72,7	73,6	74,6	75,5	76,4	77,3	78,2	79,2	80,1
14	71,4	72,4	73,3	74,2	75,1	76,0	77,0	77,9	78,8	79,7
13	71,1	72,0	72,9	73,8	74,8	75,7	76,6	77,5	78,5	79,4
12	70,7	71,6	72,5	73,5	74,4	75,3	76,3	77,2	78,1	79,0
-11	70,3	71,2	72,2	73,1	74,0	75,0	75,9	76,8	77,8	78,7
10	69,9	70,9	71,8	72,7	73,7	74,6	75,5	76,5	77,4	78,3
9	69,6	70,5	71,4	72,4	73,3	74,3	75,2	76,1	77,1	78,0
8	69,2	70,1	71,1	72,0	73,0	73,9	74,8	75,8	76,7	77,7
7	68,8	69,8	70,7	71,6	72,6	73,5	74,5	75,4	76,4	77,3
6	68,4	69,4	70,3	71,3	72,2	73,2	74,1	75,1	76,0	77,0
5	68,1	69,0	70,0	70,9	71,9	72,8	73,8	74,7	75,7	76,6
4	67,7	68,6	69,6	70,5	71,5	72,5	73,4	74,4	75,3	76,3
3	67,3	68,3	69,2	70,2	71,1	72,1	73,0	74,0	75,0	75,9
2	66,9	67,9	68,9	69,8	70,8	71,7	72,7	73,6	74,6	75,6
-1	66,5	67,5	68,5	69,4	70,4	71,3	72,3	73,3	74,2	75,2
0	66,2	67,2	68,1	69,1	70,0	71,0	72,0	72,9	73,9	74,8
+1	65,8	66,8	67,7	68,7	69,6	70,6	71,6	72,5	73,5	74,5
2	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,2	73,1	74,1
3	65,0	66,0	66,9	67,9	68,9	69,8	70,8	71,8	72,8	73,7
4	64,6	65,6	66,5	67,5	68,5	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4
5	64,2	65,1	66,1	67,1	68,1	69,0	70,0	71,0	72,0	73,0
6	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6
7	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2
8	62,9	63,9	64,9	65,9	66,9	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8
9	62,5	63,5	64,5	65,5	66,5	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4
10	62,1	63,1	64,1	65,1	66,1	67,0	68,0	69,0	70,0	71,0
+11	61,6	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6
12	61,2	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2
13	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8
14	60,4	61,4	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4
15	59,9	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0
16	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6
17	59,0	60,1	61,1	62,1	63,1	64,1	65,2	66,2	67,2	68,2
18	58,6	59,6	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,8	66,8	67,8
19	58,1	59,1	60,2	61,2	62,2	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4
20	57,7	58,7	59,7	60,8	61,8	62,9	63,9	64,9	66,0	67,0
+21	57,3	58,3	59,3	60,3	61,4	62,4	63,5	64,5	65,5	66,6
22	56,8	57,8	58,9	59,9	60,9	62,0	63,0	64,1	65,1	66,1
23	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4	61,5	62,5	63,6	64,6	65,7
24	55,9	56,9	57,9	58,9	59,9	61,0	62,0	63,1	64,1	65,2
25	55,4	56,4	57,5	58,5	59,5	60,5	61,6	62,6	63,7	64,7
26	54,9	56,0	57,0	58,0	59,1	60,1	61,1	62,2	63,3	64,3
27	54,5	55,5	56,6	57,6	58,6	59,7	60,7	61,8	62,8	63,9
28	54,0	55,1	56,1	57,1	58,2	59,2	60,3	61,3	62,4	63,4
29	53,6	54,6	55,6	56,7	57,7	58,8	59,8	60,9	61,9	63,0
+30	53,1	54,1	55,2	56,2	57,3	58,3	59,4	60,4	61,5	62,5

Température ° R.	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.									
-20	82,7	83,6	84,4	85,3	86,2	87,0	87,9	88,8	89,7	90,5
-19	82,4	83,3	84,1	85,0	85,8	86,7	87,6	88,5	89,4	90,2
-18	82,0	82,9	83,8	84,6	85,5	86,4	87,3	88,2	89,1	89,9
-17	81,7	82,6	83,4	84,3	85,2	86,1	87,0	87,9	88,7	89,6
-16	81,3	82,2	83,1	84,0	84,9	85,8	86,6	87,5	88,4	89,3
-15	81,0	81,9	82,8	83,7	84,4	85,4	86,3	87,2	88,1	89,0
-14	80,7	81,6	82,4	83,3	84,2	85,1	86,0	86,9	87,8	88,7
-13	80,3	81,2	82,1	83,0	83,9	84,8	85,7	86,6	87,5	88,4
-12	80,0	80,9	81,8	82,7	83,6	84,5	85,4	86,3	87,2	88,1
-11	79,6	80,5	81,4	82,4	83,3	84,2	85,1	86,0	86,9	87,8
-10										
-9	79,3	80,2	81,1	82,0	82,9	83,8	84,8	85,7	86,6	87,5
-8	78,9	79,9	80,8	81,7	82,6	83,5	84,4	85,4	86,3	87,2
-7	78,6	79,5	80,5	81,4	82,3	83,2	84,1	85,0	86,0	86,9
-6	78,2	79,2	80,1	81,1	82,0	82,9	83,8	84,7	85,7	86,6
-5	77,9	78,8	79,8	80,7	81,6	82,6	83,5	84,4	85,4	86,4
-4	77,6	78,5	79,5	80,4	81,3	82,2	83,2	84,1	85,0	86,0
-3	77,2	78,2	79,1	80,1	81,0	81,9	82,9	83,8	84,7	85,7
-2	76,9	77,8	78,8	79,7	80,7	81,6	82,5	83,5	84,4	85,3
-1	76,5	77,5	78,4	79,4	80,3	81,3	82,2	83,1	84,1	85,0
0	76,2	77,1	78,1	79,0	80,0	80,9	81,9	82,8	83,8	84,7
+1	75,8	76,8	77,8	78,7	79,7	80,6	81,6	82,5	83,5	84,4
+2	75,4	76,4	77,4	78,4	79,3	80,3	81,2	82,2	83,1	84,1
+3	75,1	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	80,9	81,9	82,8	83,8
+4	74,7	75,7	76,7	77,6	78,6	79,6	80,6	81,5	82,5	83,5
+5	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2	82,2	83,1
+6	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,8	79,8	80,8	81,8	82,7
+7	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4
+8	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0
+9	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6
+10	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2
+11	72,0	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9
+12	71,6	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5
+13	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2
+14	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8
+15	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4
+16	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1
+17	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7
+18	69,2	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3
+19	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9	76,9	77,9
+20	68,4	69,4	70,4	71,4	72,3	73,4	74,4	75,5	76,5	77,5
+21	68,0	69,0	70,0	71,0	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,2
+22	67,6	68,6	69,6	70,6	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8
+23	67,1	68,2	69,2	70,2	71,2	72,3	73,3	74,3	75,3	76,4
+24	66,7	67,7	68,7	69,7	70,8	71,8	72,8	73,9	74,9	76,0
+25	66,2	67,2	68,3	69,3	70,3	71,4	72,4	73,4	74,5	75,5
+26	65,8	66,8	67,9	68,9	69,9	71,0	72,0	73,0	74,1	75,1
+27	65,4	66,4	67,4	68,5	69,5	70,5	71,6	72,6	73,7	74,7
+28	65,0	66,0	67,0	68,1	69,1	70,1	71,2	72,2	73,3	74,3
+29	64,5	65,5	66,6	67,6	68,7	69,7	70,7	71,8	72,9	73,9
+30	64,0	65,1	66,1	67,2	68,2	69,3	70,3	71,4	72,4	73,5
+31	63,6	64,6	65,7	66,7	67,8	68,8	69,9	70,9	72,0	73,1

Température ° R.	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.									
-20	91,4	92,3	93,1	93,7	94,5	95,2				
19	91,1	92,0	92,8	93,5	94,2	95,0		96,0		
18	90,8	91,7	92,5	93,2	93,9	94,7	95,7	96,5	97,5	98,3
17	90,5	91,4	92,2	92,9	93,7	94,5	95,5	96,3	97,0	97,8
16	90,2	91,1	91,9	92,7	93,4	94,2	95,2	96,0	96,8	97,6
15	89,9	90,8	91,7	92,4	93,2	94,0	95,0	95,8	96,6	97,4
14	89,6	90,5	91,4	92,1	92,9	93,7	94,7	95,5	96,3	97,1
13	89,3	90,2	91,1	91,8	92,6	93,4	94,5	95,3	96,1	96,9
12	89,0	89,9	90,8	91,6	92,3	93,2	94,3	95,1	95,9	96,7
-11	87,7	89,6	90,5	91,3	92,1	92,9	94,0	94,8	95,6	96,5
10	88,4	89,3	90,2	91,0	91,8	92,7	93,8	94,6	95,4	96,2
9	88,1	89,0	89,9	90,8	91,6	92,4	93,5	94,3	95,2	96,0
8	87,8	88,7	89,6	90,5	91,3	92,2	93,3	94,1	94,9	95,8
7	87,5	88,4	89,3	90,2	91,1	91,9	93,0	93,9	94,7	95,5
6	87,2	88,1	89,1	90,0	91,1	91,7	92,8	93,6	94,5	95,3
5	86,9	87,8	88,7	89,7	90,5	91,4	92,5	93,4	94,2	95,1
4	86,6	87,6	88,5	89,4	90,3	91,2	92,3	93,1	94,0	94,9
3	86,3	87,2	88,1	89,0	90,0	90,9	92,1	92,9	93,8	94,6
2	85,9	86,9	87,8	88,7	89,7	90,0	91,8	92,6	93,5	94,4
-1	85,7	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,5	92,3	93,3	94,2
0	85,4	86,3	87,2	88,2	89,1	90,1	91,0	91,9	92,8	93,7
+1	85,0	86,0	86,9	87,8	88,8	89,7	90,7	91,6	92,5	93,4
2	84,7	85,7	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,2	93,1
3	84,4	85,4	86,3	87,2	88,2	89,1	90,1	91,0	91,9	92,8
4	84,1	85,0	86,0	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,6	92,6
5	83,7	84,7	85,6	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,3
6	83,3	84,3	85,3	86,2	87,2	88,1	89,1	90,0	91,0	92,0
7	82,9	83,9	84,9	85,9	86,8	87,8	88,8	89,7	90,7	91,7
8	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,4	89,4	90,4	91,4
9	82,2	83,2	84,2	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1	90,1	91,1
10	81,8	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8	90,8
+11	81,5	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5
12	81,2	82,2	83,1	84,1	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1	90,1
13	80,8	81,8	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8
14	80,4	81,5	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5
15	80,1	81,1	82,1	83,1	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2
16	79,7	80,7	81,7	82,7	83,8	84,8	85,8	86,8	87,9	88,9
17	79,3	80,3	81,3	82,4	83,4	84,4	85,5	86,5	87,5	88,5
18	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0	84,1	85,1	86,1	87,2	88,2
19	78,6	79,6	80,6	81,7	82,7	83,7	84,7	85,8	86,8	87,9
20	78,2	79,2	80,3	81,3	82,3	83,4	84,4	85,4	86,5	87,6
+21	77,8	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0	84,1	85,1	86,2	87,2
22	77,4	78,5	79,5	80,6	81,6	82,7	83,7	84,7	85,8	86,9
23	77,0	78,0	79,1	80,1	81,2	82,2	83,3	84,4	85,4	86,5
24	76,6	77,6	78,7	79,7	80,8	81,8	82,9	83,9	85,0	86,1
25	76,2	77,2	78,3	79,3	80,4	81,5	82,5	83,6	84,7	85,8
26	75,8	76,8	77,9	78,9	80,0	81,1	82,2	83,2	84,3	85,4
27	75,4	76,4	77,5	78,6	79,6	80,7	81,8	82,9	83,9	85,0
28	75,0	76,0	77,1	78,2	79,2	80,3	81,4	82,5	83,6	84,7
29	74,5	75,6	76,7	77,8	78,8	79,9	81,0	82,1	83,2	84,3
+30	74,1	75,2	76,3	77,3	78,4	79,5	80,6	81,7	82,8	83,9

Température ° R.	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
DEGRÉS RÉELS POUR LES DEGRÉS APPARENTS CI-DESSUS.										
-20	99,1	99,9								
19	98,8	99,6								
18	98,6	99,4								
17	98,4	99,2	100,0							
16	98,2	99,0	99,8							
15	97,9	98,8	99,6							
14	97,7	98,5	99,4							
13	97,5	98,3	99,1	100,0						
12	97,3	98,1	98,9	99,7						
-11	97,0	97,9	98,7	99,5						
10	96,8	97,7	98,5	99,3						
9	96,6	97,4	98,3	99,1	99,9					
8	96,4	97,2	98,0	98,9	99,7					
7	96,1	97,0	97,8	98,7	99,5					
6	95,9	96,8	97,6	98,4	99,3					
5	95,7	96,5	97,4	98,2	99,1	99,9				
4	95,5	96,3	97,2	98,0	98,9	99,7				
3	95,3	96,1	97,0	97,8	98,7	99,5				
2	95,1	95,9	96,8	97,6	98,5	99,3				
-1	94,8	95,7	96,6	97,4	98,2	99,1	99,9			
0	94,6	95,5	96,4	97,2	98,1	99,0	99,8			
+1	94,3	95,2	96,1	97,0	97,9	98,7	99,6			
2	94,1	95,0	95,9	96,8	97,6	98,5	99,4			
3	93,8	94,7	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2			
4	93,5	94,4	95,4	96,3	97,2	98,1	99,0	99,9		
5	93,2	94,2	95,1	96,0	96,9	97,8	98,8	99,7		
6	92,9	93,9	94,8	95,8	96,7	97,6	98,5	99,5		
7	92,6	93,6	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2		
8	92,3	93,3	94,3	95,3	96,2	97,1	98,1	99,0	99,9	
9	92,1	93,0	94,0	95,0	95,9	96,9	97,8	98,8	99,7	
10	91,7	92,7	93,7	94,7	95,7	96,6	97,6	98,6	99,5	
+11	91,4	92,4	93,4	94,4	95,4	96,4	97,4	98,3	99,3	
12	91,1	92,1	93,1	94,1	95,1	96,1	97,1	98,1	99,1	
13	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	95,8	96,9	97,9	98,9	99,9
14	90,5	91,5	92,5	93,5	94,5	95,5	96,6	97,6	98,7	99,7
15	90,2	91,2	92,2	93,2	94,2	95,2	96,3	97,4	98,4	99,5
16	89,9	90,9	91,9	92,9	93,9	94,9	96,0	97,1	98,2	99,3
17	89,6	90,6	91,6	92,6	93,6	94,7	95,7	96,8	97,9	99,0
18	89,3	90,3	91,3	92,3	93,4	94,4	95,4	96,6	97,7	98,8
19	89,0	90,0	91,1	92,1	93,1	94,1	95,1	96,3	97,4	98,6
20	88,6	89,7	90,7	91,8	92,8	93,9	94,9	96,0	97,2	98,3
+21	88,3	89,4	90,4	91,5	92,5	93,6	94,7	95,8	96,9	98,1
22	88,0	89,0	90,1	91,2	92,2	93,3	94,4	95,5	96,7	97,8
23	87,6	88,7	89,8	90,8	91,9	93,0	94,1	95,2	96,4	97,6
24	87,2	88,3	89,3	90,4	91,5	92,7	93,8	94,9	96,1	97,3
25	86,9	87,9	89,0	90,1	91,3	92,4	93,5	94,6	95,8	97,1
26	86,5	87,6	88,7	89,8	90,9	92,1	93,2	94,4	95,6	96,8
27	86,1	87,2	88,4	89,5	90,6	91,7	92,9	94,0	95,2	96,3
28	85,8	86,9	88,0	89,1	90,3	91,4	92,6	93,7	94,9	96,0
29	85,4	86,5	87,7	88,8	89,9	91,1	92,2	93,4	94,6	95,7
+30	85,0	86,2	87,3	88,5	89,6	90,8	91,9	93,1	94,3	95,4

TABLE IV
POUR LA DÉTERMINATION DU VOLUME RÉEL D'APRÈS LE VOLUME APPARENT
A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES (BRIX).

Température ° R.	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39	40-42	43-45	46-48	49-51	52-54
	COEFFICIENTS DE CORRECTION POUR LES RICHESSES CI-DESSUS.									
-15	1,0130	1,0143	1,0155	1,0170	1,0186	1,0204	1,0221	1,0234	1,0246	1,0255
14	0127	0139	0151	0166	0181	0198	0214	0226	0238	0246
13	0124	0135	0147	0161	0176	0192	0207	0218	0230	0237
12	0120	0131	0143	0156	0171	0186	0200	0210	0221	0228
11	0116	0127	0139	0151	0165	0179	0192	0202	0212	0219
-10	0112	0123	0134	0146	0159	0172	0184	0194	0203	0210
0	0108	0119	0129	0141	0153	0165	0177	0186	0195	0202
8	0104	0115	0124	0135	0147	0158	0170	0178	0187	0193
7	0100	0110	0119	0129	0141	0151	0162	0170	0178	0184
6	0096	0105	0114	0123	0134	0144	0154	0162	0169	0175
5	0092	0100	0108	0117	0127	0137	0146	0154	0160	0166
4	0088	0095	0103	0112	0121	0130	0138	0146	0151	0157
3	0084	0090	0098	0106	0114	0123	0130	0138	0142	0148
2	0079	0085	0093	0100	0107	0116	0122	0129	0133	0139
-1	0074	0080	0087	0094	0101	0108	0114	0120	0124	0130
0	0069	0075	0081	0088	0094	0100	0106	0111	0115	0120
+1	0064	0070	0075	0082	0087	0092	0098	0103	0106	0111
2	0059	0065	0069	0075	0080	0084	0090	0094	0097	0102
3	0054	0059	0063	0068	0073	0076	0081	0085	0088	0093
4	0048	0053	0057	0061	0065	0068	0072	0076	0079	0083
5	0042	0047	0051	0054	0057	0060	0063	0067	0070	0073
6	0037	0041	0045	0047	0050	0052	0055	0058	0061	0064
7	0032	0035	0038	0040	0043	0044	0047	0049	0052	0055
8	0027	0029	0031	0033	0035	0036	0039	0040	0043	0045
9	0021	0023	0024	0026	0027	0028	0030	0031	0034	0035
10	0015	0016	0017	0018	0019	0020	0021	0022	0024	0025
+11	0009	0010	0010	0011	0011	0012	0013	0013	0014	0015
12	0003	0003	0003	0003	0004	0004	0004	0004	0005	0005
13	0,9997	0,9997	0,9996	0,9996	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995
14	9991	9990	9989	9988	9987	9987	9986	9986	9986	9986
15	9984	9983	9981	9980	9979	9978	9977	9977	9977	9976
16	9978	9976	9974	9973	9971	9970	9968	9968	9967	9966
17	9971	9969	9967	9965	9963	9962	9959	9959	9957	9956
18	9964	9962	9960	9957	9955	9953	9950	9949	9947	9946
19	9957	9955	9952	9949	9947	9944	9941	9939	9937	9936
20	9950	9947	9944	9941	9938	9935	9932	9929	9927	9925
+21	9943	9940	9936	9933	9930	9926	9923	9920	9917	9915
22	9936	9933	9928	9925	9922	9917	9914	9910	9907	9904
23	9929	9925	9920	9917	9913	9908	9904	9900	9897	9893
24	9922	9917	9912	9908	9904	9899	9894	9890	9887	9883
25	9913	9909	9904	9899	9895	9890	9884	9880	9876	9871
26	9906	9901	9896	9891	9886	9881	9875	9870	9866	9861
27	9898	9893	9888	9883	9877	9872	9865	9860	9856	9850
28	9890	9885	9880	9874	9868	9863	9855	9850	9845	9839
29	9883	9877	9871	9865	9859	9853	9845	9840	9834	9828
+30	9875	9868	9862	9856	9850	9843	9835	9829	9823	9817

Température. ° R.	55-57	58-60	61-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-100
	COEFFICIENTS DE CORRECTION POUR LES RICHESSES CI-DESSUS.									
-15	1,0261	1,0267	1,0273	1,0280	1,0290	1,0299	1,0306	1,0314	1,0324	1,0335
14	0252	0258	0264	0271	0280	0289	0296	0304	0313	0324
13	0243	0249	0255	0262	0270	0279	0286	0293	0302	0313
12	0234	0240	0246	0252	0260	0269	0275	0282	0291	0301
11	0225	0231	0236	0242	0250	0258	0264	0271	0281	0289
-10	0216	0221	0226	0232	0240	0247	0253	0260	0268	0277
9	0207	0212	0217	0223	0230	0237	0243	0249	0257	0266
8	0198	0203	0207	0213	0220	0227	0233	0238	0246	0254
7	0189	0193	0197	0203	0210	0217	0222	0227	0235	0242
6	0180	0183	0187	0193	0200	0206	0211	0216	0223	0230
5	0170	0173	0177	0183	0189	0195	0200	0205	0211	0218
4	0161	0164	0168	0173	0179	0185	0190	0194	0200	0206
3	0152	0155	0158	0163	0169	0175	0179	0183	0189	0194
2	0143	0146	0148	0153	0159	0164	0168	0172	0178	0182
-1	0133	0136	0138	0143	0148	0153	0157	0161	0166	0170
0	0123	0126	0128	0132	0138	0142	0146	0150	0154	0158
+1	0114	0117	0118	0122	0127	0131	0135	0139	0142	0146
2	0105	0107	0108	0112	0116	0120	0124	0128	0130	0134
3	0095	0097	0098	0102	0105	0109	0113	0116	0118	0122
4	0085	0087	0088	0091	0094	0098	0101	0104	0106	0109
5	0075	0077	0078	0080	0083	0086	0089	0092	0094	0096
6	0066	0067	0068	0070	0072	0075	0078	0080	0082	0084
7	0056	0057	0058	0060	0061	0064	0066	0068	0070	0072
8	0046	0047	0048	0050	0050	0053	0054	0056	0058	0059
9	0036	0037	0038	0039	0039	0041	0042	0044	0045	0046
10	0026	0027	0027	0028	0028	0029	0030	0031	0032	0033
+11	0015	0016	0016	0017	0017	0017	0018	0019	0019	0020
12	0005	0005	0005	0005	0006	0006	0006	0006	0006	0006
13	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9993	0,9993
14	9985	9985	9984	9984	9983	9983	9982	9982	9981	9980
15	9975	9975	9974	9973	9972	9971	9970	9969	9968	9967
16	9965	9965	9963	9962	9961	9960	9958	9957	9955	9954
17	9955	9955	9952	9951	9950	9949	9946	9945	9942	9941
18	9945	9944	9941	9940	9939	9937	9934	9932	9929	9928
19	9934	9933	9930	9929	9927	9925	9922	9919	9916	9914
20	9923	9922	9919	9917	9915	9912	9909	9906	9903	9900
+21	9912	9911	9908	9906	9903	9901	9897	9893	9890	9887
22	9901	9900	9897	9894	9891	9889	9885	9880	9877	9874
23	9890	9889	9886	9882	9879	9876	9872	9867	9864	9861
24	9879	9877	9874	9870	9866	9863	9859	9854	9851	9847
25	9868	9865	9862	9858	9854	9850	9847	9841	9837	9833
26	9857	9854	9851	9846	9842	9838	9834	9828	9824	9820
27	9846	9843	9840	9843	9830	9826	9821	9815	9811	9807
28	9835	9832	9828	9822	9818	9814	9808	9802	9798	9794
29	9824	9821	9816	9810	9806	9801	9795	9789	9785	9780
+30	9812	9809	9704	9798	9793	9788	9782	9776	9771	9766

TABLE V
TENEUR RÉELLE EN EAU ET EN ALCOOL DES MÉLANGES ALCOOLIQUES,
ET CONTRACTION RÉSULTANT DE CES MÉLANGES.

Poids spécifi- ques.	100 volumes contiennent		Contra- tion.	Poids spécifi- ques.	100 volumes contiennent		Contra- tion.
	Alcool.	Eau.			Alcool.	Eau.	
1,0000	0	100,000	0,000	0,9323	51	52,705	3,705
0,9985	1	99,055	055	9303	52	51,711	711
9970	2	98,111	111	9283	53	50,716	716
9956	3	97,176	176	9263	54	49,722	722
9942	4	96,242	242	9242	55	48,717	717
9928	5	95,307	307	9221	56	47,712	712
9915	6	94,382	383	9200	57	46,708	708
9902	7	93,458	458	9178	58	45,693	693
9890	8	92,543	543	9156	59	44,678	678
9878	9	91,629	629	9134	60	43,664	664
9866	10	90,714	714	9112	61	42,649	649
9854	11	89,799	799	9090	62	41,635	635
9843	12	88,895	895	9067	63	40,610	610
9832	13	87,990	990	9044	64	39,586	586
9821	14	87,086	1,086	9021	65	38,561	561
9811	15	86,191	191	8997	66	37,526	526
9800	16	85,286	286	8973	67	36,492	492
9790	17	84,392	392	8949	68	35,457	457
9780	18	83,497	497	8925	69	34,423	423
9770	19	82,603	603	8900	70	33,378	378
9760	20	81,708	708	8875	71	32,333	333
9750	21	80,813	813	8850	72	31,289	289
9740	22	79,919	919	8825	73	30,244	244
9729	23	79,014	2,014	8799	74	29,190	190
9719	24	78,119	119	8773	75	28,135	135
9709	25	77,225	225	8747	76	27,080	080
9698	26	76,320	320	8720	77	26,016	016
9688	27	75,426	426	8693	78	24,951	2,951
9677	28	74,521	521	8665	79	23,877	877
9666	29	73,617	617	8639	80	22,822	822
9655	30	72,712	712	8611	81	21,747	747
9643	31	71,797	797	8583	82	20,673	673
9631	32	70,883	883	8555	83	19,598	598
9618	33	69,958	958	8526	84	18,514	514
9605	34	69,034	3,034	8496	85	17,419	419
9592	35	68,109	109	8466	86	16,324	324
9579	36	67,184	184	8436	87	15,230	230
9565	37	66,250	250	8405	88	14,125	125
9550	38	65,305	305	8373	89	13,011	011
9535	39	64,361	361	8339	90	11,876	1,876
9519	40	63,406	406	8306	91	10,751	751
9503	41	62,451	451	8272	92	9,617	617
9487	42	61,497	497	8237	93	8,472	472
9470	43	60,532	532	8201	94	7,318	218
9452	44	59,558	558	8164	95	6,153	153
9435	45	58,593	593	8125	96	4,968	0,968
9417	46	57,618	618	8084	97	3,764	764
9399	47	56,644	644	8041	98	2,539	539
9381	48	55,669	669	7995	99	1,285	285
9362	49	54,685	685	7946	100	0,000	000
9343	50	53,700	700				

CHAPITRE IV.

PRÉPARATION DU MALT.

La diastase existe déjà en petite quantité dans les grains naturels ; mais, par suite de la germination, sa proportion augmente considérablement.

Les grains germés — malt — contiennent une quantité de diastase assez notable pour pouvoir être employés à la saccharification des matières amylacées.

Nous traiterons dans ce chapitre les questions suivantes :

- I. — Qualités de l'orge convenable pour la fabrication du malt.*
- II. — De l'eau et de la trempe.*
- III. — Phénomènes chimiques de la germination.*
- IV. — Pratique du maltage.*

I. — DES QUALITÉS DE L'ORGE CONVENABLE POUR LA FABRICATION DU MALT.

La valeur d'une orge maltée dépend de :

1. *La teneur en diastase.* — Ce point essentiel n'a pu encore être déterminé, et il serait de la plus haute importance que des recherches fussent dirigées dans cette voie. Nous n'avons, sur ce sujet, qu'une seule indication de Lintner Junior qui a reconnu que, contrairement à toutes les idées admises avant lui, l'orge la plus riche en matières azotées ne donne pas la plus grande quantité de diastase. Nous indiquons plus loin les résultats des recherches de Lintner sur le rôle chimique des matières azotées pendant la germination.

2. *La régularité des grains.* — Pour que la germination de l'orge soit régulière, il est indispensable que la trempe ait été bien égale, ce qui ne saurait s'obtenir avec des grains de grosseur variable.

3. *La finesse de la peau.* — Cette qualité est très estimée des brasseurs, car l'orge à peau fine donne beaucoup plus d'extrait que l'orge à peau dure. Quoique la teneur en amidon ait aussi une influence en distillerie, puisqu'elle contribue au rendement, cette considération n'est guère importante, la teneur en diastase de l'orge maltée devant surtout entrer en ligne de compte. En effet, le distillateur n'emploie, en malt d'orge, que 5 % environ du poids des grains mis en œuvre.

4. *L'aspect intérieur du grain.* — Le brasseur distingue les orges en deux catégories : l'orge à aspect vitreux et l'orge à aspect farineux.

Il préfère toujours cette dernière sorte, car elle lui donne un rendement supérieur en extrait. On n'a pas encore déterminé quelle était, de ces deux sortes d'orge, la meilleure pour la distillerie.

5. *Le pouvoir germinateur.* — Cet élément est de la plus haute importance, car les grains germés contiennent seuls de la diastase. De plus, tous les grains non germés se chargent d'organismes nuisibles et peuvent contribuer au développement de fermentations secondaires.

On doit donc exiger d'une bonne orge une germination presque complète.

Stumpf donne à ce sujet les chiffres suivants :

Une bonne orge	subit la germination dans la proportion de	96—97 grains %
Une orge moyenne	"	91—93 "
Une orge mauvaise	"	85 "

En général, la majeure partie des grains qui ne peuvent germer se séparent lors de la trempe et viennent nager à la surface.

Les grains frais, c'est-à-dire récemment récoltés, ne germent pas facilement. L'auteur a fait, en 1884, des essais sur de l'orge de très belle qualité ; immédiatement après la récolte, la proportion des grains ayant subi la germination n'a été que de 50 %, tandis que 3 mois plus tard cette proportion a atteint 98 — 100 %.

Ce phénomène, bien connu des praticiens, n'a pu encore être expliqué ; il est probable que, pendant leur conservation, les grains subissent des modifications chimiques. Les praticiens reconnaissent

ue l'orge est bonne pour la germination lorsque les grains emmagasinés ne recouvrent plus le sol d'humidité; si, par contre, le sol est humide, ils disent que l'orge *transpire*. L'orge de bonne qualité garde sa faculté de germer pendant plusieurs années; cependant, *Delbrück* a reconnu que les mauvaises orges perdent rapidement cette propriété lorsqu'on les conserve. Il est donc prudent de travailler d'abord les mauvaises orges, après avoir attendu, toutefois, que le phénomène de la transpiration ait eu lieu.

6. *Le poids par hectolitre*. — Cette indication ne donne pas, d'une façon absolue, la valeur de l'orge. Cependant, une orge lourde germe généralement bien. Les distillateurs emploient volontiers, toutefois, l'orge légère, séparée de l'orge brute au moyen des machines à nettoyer les grains, l'orge plus lourde pouvant ensuite être vendue à un prix plus rémunérateur. Nous donnons plus loin quelques chiffres indiquant le poids d'un hectolitre d'orges de diverses qualités.

7. *Altération de l'orge par la présence de ferments*. — On a accordé beaucoup d'attention à cette question, dans ces derniers temps, car on a appris à connaître l'influence nuisible des organismes introduits dans les moûts par l'intermédiaire des matières premières mises en œuvre. Ces ferments nuisibles se développent quelquefois sur les grains avant la mise en grange, d'autres fois pendant leur conservation dans les magasins.

Dans le premier cas, la couleur du grain se modifie, et, dans le second, l'orge dégage une odeur désagréable. L'orge malsaine n'a plus la teinte jaune-clair de l'orge pure; mais elle est grise, ou même brune aux pointes et on ne saurait apporter trop de soins à sa trempe et à son maltage.

8. *L'orge ne doit pas avoir germé sur le champ*. — Une orge ayant germé sur le champ doit quelquefois, malgré sa mauvaise qualité, être maltée. On doit alors en employer une quantité double de celle qui serait nécessaire si l'orge était saine. L'auteur a, en effet, constaté que le pouvoir germinateur était considérablement diminué dans ce cas. En collaboration avec Lauenstein, il a trouvé les résultats suivants :

Orge saine — pouvoir germinateur.....	98 %
Orge ayant germé sur le champ d°	45 %

Enfin, l'orge qui germe subit de grandes modifications chimiques ; une partie de l'amidon disparaît et les matières azotées se transforment. Voici, d'après Lauenstein, quelques chiffres à ce sujet :

O R G E		
	Germée	Normale.
Amides.....	22,2 % de l'azote total.	1,5 % de l'azote total.
Ammoniac.....	2,2 •	2,4 "
Albumine soluble ...	1,8 •	4,6 "
Albumine insoluble..	73,8 •	91,5 •
	100,0	100,0

Il ne suffit pas que l'orge ait été mouillée sur le champ pour que son pouvoir germinateur diminue ; Will a démontré que de l'orge, ayant été mouillée plusieurs fois, mais ayant subi après chaque mouillage une dessiccation, avait conservé son entière faculté de germer. Ce n'est que lorsque les radicules ont crevé l'enveloppe du grain qu'il y a destruction partielle, et, dans ce cas, même lorsque les radicules n'atteignaient pas plus de 2 à 3 mm., Will a reconnu que le pouvoir germinateur avait diminué de 35 %.

- « L'orge et le malt qui en provient méritent donc une attention »
 » toute particulière dans le travail de la distillerie ; c'est d'eux que »
 » dépend, en grande partie, le travail ultérieur. Quoique la distil- »
 » lerie soit une industrie agricole appelée à utiliser les matières »
 » premières à bas prix, il n'en faut pas moins choisir une orge de »
 » très bonne qualité, sans trop regarder à la dépense. Ce serait »
 » s'exposer à toutes sortes d'ennuis, pendant le cours de la fabrica- »
 » tion, que de chercher l'économie dans l'acquisition de cette »
 » matière première. »

II. — DE L'EAU ET DE LA TREMPÉ.

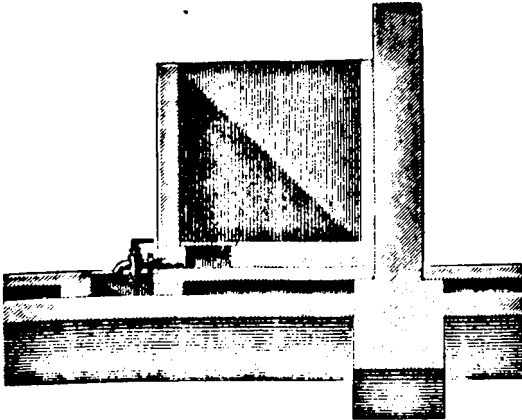
Nettoyage et lavage de l'orge.

L'orge est infestée d'un très grand nombre de germes, de champignons, d'organismes et de ferments nuisibles qui, s'ils ne sont pas enlevés, se développent pendant la germination et peuvent donner un malt inutilisable. Il est donc recommandable d'avoir recours aux machines spéciales qui, quoique fréquemment employées

pour le nettoyage des orges devant être livrées au commerce, ne sont guère appliquées dans la distillerie.

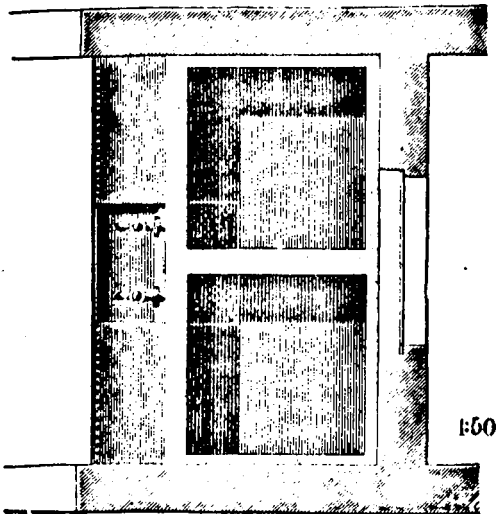
On ne devrait même jamais s'abstenir de passer l'orge dans ces machines à nettoyer, afin d'en enlever toute la poussière adhérente. Après ce nettoyage, les grains peuvent être soumis à la trempé. Cette opération a pour but de leur faire absorber l'eau nécessaire à la germination.

Les cuves ou bassins servant à la trempé sont généralement construits en ciment et



présentent une section carrée ou rectangulaire suivant la disposition du local.

La figure 34 représente une cuve de trempé ; dans l'un des coins, on a scellé un robinet permettant l'évacuation de l'eau en excès.



1:50

Fig. 34.

Au-dessus de l'orifice d'écoulement, on place une toile métallique percée de petits trous ne permettant pas aux grains de passer.

Cette disposition, très fréquemment employée, est cependant mauvaise, car, lorsqu'on lache l'eau en excès, celle-ci traverse toute la couche d'orge et laisse sur les grains les impuretés préalablement séparées.

La cuve représentée par la figure 35 est bien préférable à celle que nous venons de décrire.

Elle est cylindrique et terminée par une partie conique fermée par un trou d'homme.

Un tuyau vertical, percé de trous, traverse toute la cuve et s'ajuste dans la tubulure du trou d'homme. Ce tuyau est mobile et est maintenu à la partie supérieure par une fourche. L'entrée et la sortie de l'eau se règlent à la partie inférieure de la cuve et au moyen d'un robinet à trois eaux pouvant être mis en relation soit avec la conduite d'eau de l'usine, soit, lors de la vidange de la cuve, avec un tuyau de décharge. L'eau propre qui arrive à ce robinet est conduite, par un tuyau latéral, à la partie supérieure de la cuve et se répand uniformément à travers l'orge soumise au lavage. Lorsque

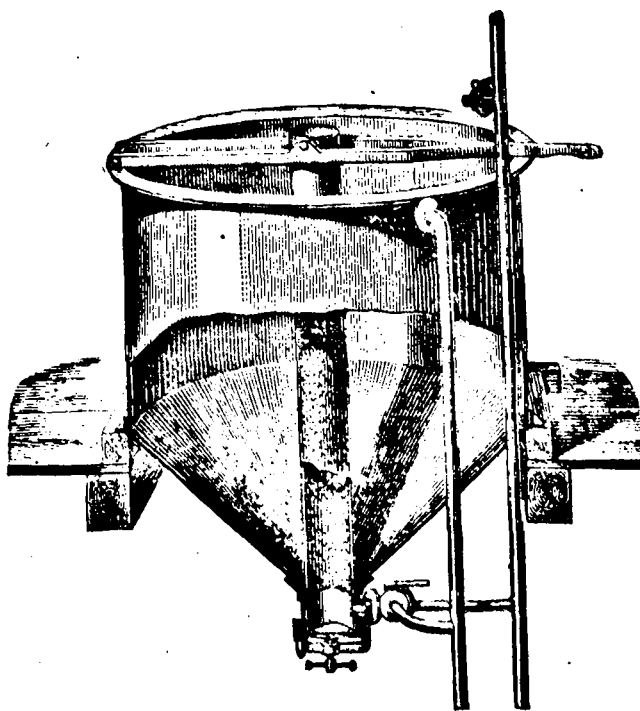


Fig. 35.

l'on veut ensuite évacuer l'eau de lavage, il suffit de tourner le robinet pour mettre la cuve en relation avec le tuyau de décharge. L'eau passe alors par les trous du tuyau central et s'écoule. Lorsque la vidange de l'eau est complète, on défait le trou d'homme, on retire le tuyau central et l'orge se déverse alors hors de la cuve. Pour détacher les grains adhérents aux parois, on se sert d'un jet d'eau à haute pression.

Il est bon, lors de la trempe, de n'ajouter l'orge dans la cuve que lorsque celle-ci contient toute l'eau nécessaire et d'agiter pendant la durée de cette opération. La trempe ne suffit pas pour enlever toutes les impuretés adhérentes à l'orge; l'examen microscopique montre qu'après cette opération ce résultat est loin d'être atteint. A. Riebe, de Trotha, recommande de soumettre l'orge trempée à un nouveau lavage énergique dans un cylindre laveur en mouvement. Il procède comme suit : Si on a deux cuves pour la trempe, on retire l'orge de la première lorsque cette opération est aux $3/4$ achevée et on la porte dans le laveur à eau courante où on la soumet à un lavage très-soigné. Lorsque celui-ci est complet, on fait subir à l'orge une deuxième trempe dans la deuxième cuve qu'on a remplie au préalable d'eau pure. Cette manière de procéder permet de produire un bon malt avec de l'orge de qualité inférieure. Il est indispensable de faire subir à l'orge une trempe préalable avant de la passer au cylindre laveur; sans cela, ce dernier lavage ne suffirait pas pour enlever les ferments nuisibles qui sont fixés très-fortement sur les grains.

Riebe prétend même qu'il serait utile de laver le malt avant son emploi; mais cette opération n'est guère pratique, car elle forcerait le distillateur à opérer également une dessiccation. Néanmoins, Riebe procède ainsi pour le malt employé à la fabrication du levain pur dont il fait usage lorsque, pour une raison quelconque, la levure a dégénéré.

P. Riebe, de Reibersdorf (brevet allemand 29401), a imaginé une cuve spéciale pour la trempe de l'orge. Cette cuve est munie d'un agitateur pouvant être retiré lors de l'enlèvement de l'orge. L'eau sale s'évacue par des orifices supérieurs qu'on ouvre de temps en temps. L'eau de lavage pénètre par la partie inférieure de la cuve qui est munie d'un faux-fond en tôle perforée.

DE L'EAU.

L'eau devant servir à la trempe de l'orge doit être très-pure, car c'est de la qualité du malt que dépend tout le travail. On ne saurait trop insister sur ce point et le distillateur ne devrait jamais hésiter à se procurer, pour la trempe de l'orge et pour la fabrication du levain, une eau tout à fait pure en ayant recours soit à une filtration sur du charbon ou du sable, soit à une épuration chimique qui consiste généralement dans l'addition d'une certaine proportion d'alun ou de sulfate d'alumine à l'eau à épurer. (1)

Pour reconnaître la présence d'organismes nuisibles dans l'eau, il est nécessaire de soumettre celle-ci à un examen au microscope, l'analyse chimique ne donnant que des indications insuffisantes.

L'eau pure et normale ne doit jamais contenir d'organismes ; même après un repos de plusieurs jours, elle doit en être tout à fait exempte, à condition, bien entendu, que, pendant sa conservation, aucun germe ne lui ait été communiqué.

L'eau douteuse se reconnaît à la présence de champignons d'eau qui se rapprochent des produits de la pourriture : *Sphaerotilus natans*, *Lepthotrix*, *Anthophysa Mulleri* ; d'infusoires, et parfois de matières en suspension telles que des poils, de la laine, du bois, etc.

L'eau pourrie, qui ne doit dans aucun cas être employée, contient des champignons, des infusoires et des bactéries.

Cette eau est souvent trouble et cet aspect est causé par les bactéries.

L'analyse chimique d'une eau doit porter sur les corps suivants :

1° *Les matières organiques.* — Cette détermination se fait par la réduction du permanganate de potasse, et on admet qu'une eau de bonne qualité ne doit pas réduire plus de 5 parties de permanganate par 100.000 parties d'eau. Cette indication n'est cependant pas sûre, car l'eau peut contenir une notable proportion de matières réductrices et néanmoins être très-bonne pour la trempe de l'orge. Il en

(1) Les traducteurs ont souvent eu occasion de voir des installations d'épuration d'eau faites par la maison Paul Gailliet, de Lille, et d'en constater les excellents résultats ; aussi engagent-ils vivement les distillateurs qui ont à souffrir de la qualité de leurs eaux à adopter ce système.

est ainsi, par exemple, lorsque l'eau provient de terrains tourbeux.

2° *Les acides azoteux et azotique.* — On admettait anciennement que la présence de ces acides dans l'eau était un indice certain de la mauvaise qualité de celle-ci ; il n'en est cependant pas toujours ainsi, car l'acide azotique est le produit normal de la transformation des matières azotées du sol. On a souvent constaté au laboratoire de la station de recherches, à Halle, que des eaux même très-chargées d'acide nitreux ne contenaient pas trace d'organismes microscopiques.

3° *L'ammoniac.* — Il en est de même pour l'ammoniac que pour les acides azoteux et azotique, et sa présence dans l'eau ne suffit pas pour conclure que cette eau est de mauvaise qualité et qu'elle contient des organismes.

4° *L'acide sulfhydrique.* — L'eau contenant de l'acide sulfhydrique doit toujours être rejetée, car cet acide, même en petite quantité, empêche la germination et le développement de la levure.

5° *Les sels calcaires.* — Les sulfates et les bicarbonates de chaux ne sont pas nuisibles pour la trempé de l'orge ; de l'eau dure est même préférable à de l'eau douce.

6° *Les sels de fer.* — Ces sels se rencontrent rarement dans l'eau ; leur présence n'est pas favorable.

7° *Les chlorures de sodium, de calcium et de magnésium* sont aussi peu favorables ; ces deux derniers, lorsqu'ils se rencontrent dans l'eau, proviennent généralement d'eaux résiduaires.

DE LA TREMPÉ.

De l'absorption d'eau pendant la trempé.

« Corpora non agunt nisi soluta » est un ancien précepte des alchimistes qui signifie que les réactions chimiques exigent, en général, pour se produire, la présence d'un dissolvant.

Une condition essentielle pour la germination de l'orge, est donc l'absorption d'une quantité d'eau suffisante pour permettre la transformation des matières contenues dans le grain.

L'eau naturelle contenue dans les grains, 12 à 15 %, permet bien

le commencement de la germination ; mais ce phénomène ne tarde pas à s'arrêter, et les germes pourrissent si la proportion d'eau n'a pas été augmentée par la trempe préalable du grain. On a reconnu que la condition la plus favorable pour la germination est réalisée lorsque les grains ont absorbé la totalité de l'eau qu'ils peuvent prendre lors de la trempe. Cette proportion d'eau suffit largement pour permettre, non seulement le développement des radicelles, mais aussi celui du germe jusqu'à l'apparition des feuilles par lesquelles se fait alors la respiration, tandis que les radicelles absorbent dans la terre l'eau nécessaire à la continuation de la végétation. Cependant, on ne pousse pas la trempe de l'orge aussi loin et on l'arrête avant que les grains soient saturés d'eau, car, lors de la préparation du malt, on interrompt la germination bien avant la formation des feuilles, le but du maltage consistant exclusivement à produire le maximum de diastase.

L'expérience indique que la trempe est terminée lorsqu'on trouve encore au centre du grain un noyau, de la grosseur d'une tête d'épingle, n'ayant pas encore absorbé d'eau. Cette partie sèche se reconnaît facilement à sa teinte plus claire.

L'orge complètement saturée d'eau germe trop vite et d'une façon irrégulière.

En pratique, on reconnaît le moment où la trempe est terminée aux indications suivantes :

1° Les grains d'orge doivent s'écraser entre les doigts sans difficulté.

2° L'enveloppe doit se séparer facilement en frottant le grain ou en le pliant sur l'ongle.

3° En coupant un grain avec un couteau émoussé, ou avec les dents, il ne doit pas se séparer nettement en deux parties, mais s'aplatir.

4° Le grain coupé doit laisser des empreintes blanches analogues à celles que donne un bâton de craie.

Lorsque la trempe est bonne, l'orge naturelle donne par 100 kilos

Maximum	160	kilos d'orge trempée.
Moyenne	140 à 145	"
Minimum	130	"

Ces résultats comprennent l'eau adhérent à l'orge, après l'évacuation de l'excès employé pour la trempe.

De l'influence de la durée et de la température sur la trempe.

Le temps nécessaire à la trempe varie avec la température de l'eau.

— La trempe peut se faire, en été, en 48 heures, et même, en certains cas, en 36 heures, tandis qu'en hiver la durée de cette opération varie de 3 à 4 jours, et, pour des températures très-basses de la salle de trempe, elle exige jusqu'à 5 jours.

Les grains à enveloppe tendre subissent la trempe beaucoup plus rapidement, par exemple le seigle et le froment. D'après les essais de Haberlandt, il a été prouvé que les grains n'absorbent pas plus d'eau à haute qu'à basse température; la trempe n'est que plus rapide dans le premier cas.

Pendant la trempe, il se produit une élévation de température ainsi qu'une dilatation des grains. L'augmentation du volume est de $\frac{1}{4}$ du volume initial pour l'orge. Cette dernière propriété est bien connue et c'est à la dilatation des pois soumis à la trempe qu'on a recours pour séparer les diverses parties osseuses des crânes devant servir aux démonstrations anatomiques.

Des réactions chimiques qui se produisent pendant la trempe.

Les réactions chimiques que produit la trempe ont été étudiées par Lerner et Mulder, et plus récemment par Schneider (La Malterie, p. 52 à 77) et Behrend et Stürcke.

Les gaz qui se dégagent pendant la trempe, indépendamment de l'air adhérent aux grains, sont presque exclusivement composés d'acide carbonique. La présence d'hydrogène ou de gaz des marais est toujours l'indice d'une mauvaise trempe, car le premier ne se produit que par la fermentation butyrique et le second lorsqu'il y a putréfaction. *L'orge bien trempée ne doit jamais dégager une odeur acide ou putride.* L'eau de trempe, d'après Lerner, est riche en matières organiques cristallisables. Elle contient aussi beaucoup de sels. On y rencontre également de l'acide succinique en quantité telle que l'eau de trempe d'un boisseau d'orge en contient 30 gr. parfois.

L'orge perd pendant la trempé :

	LERMER.	MULDER.
Matières organiques.	0,70 %	0,39 %
Matières minérales.	0,34 %	0,18 %
Total.	1,04 %	0,57 % en poids

D'après *Behrend et Stürcke*, les orges à gros grains perdent beaucoup moins de leur poids, pendant la trempé, que les qualités à petits grains. Voici les résultats de leurs essais :

Matières extraites par l'eau de trempé.

	Poids de 1000 grains.	Matière sèche.	Matières organiques.	Matières minérales.
Orge de Saal.	47,48 gr.	0,4537 %	0,2291 %	0,2246 %
Orge de Bohême.	42,40 "	0,5165 %	0,2462 %	0,2703 %
Orge de Hongrie.	39,56 "	0,6653 %	0,3426 %	0,3227 %

La cendre de l'eau de trempé contenait :

Potasse.....	57,49 %
Acide phosphorique	12,30 "
Soude.....	2,71 "
Chlorure de sodium	13,28 "
Magnésie	4,43 "
Chaux.....	2,21 "
Acide silicique	2,89 "
Acide sulfurique.....	4,55 "
	<hr/> 100,00 %

L'eau de la première trempé contient surtout les matières minérales ; celle de la deuxième a une teneur en matières minérales égale à la teneur en matières organiques et celle de la troisième opération est principalement chargée de matières organiques.

D'après les essais de *Schneider* on peut admettre que :

1° *L'eau douce enlève à l'orge plus de matières solubles que l'eau dure.* Il trouva, en effet, dans de l'eau douce ayant servi à la trempé, les quantités suivantes de matières dissoutes, en plus que dans de l'eau dure :

	Dans la première eau après 12 heures de trempé.		Dans la deuxième eau après 36 heures de trempé.	
	Résidu %	Matières minérales.	Résidu %	Matières minérales
Orge à six rangs. . . .	0,039	0,020	0,080	0,033
Orge à quatre rangs.	0,023	0,013	0,121	0,036
Orge à deux rangs. . .	0,010	0,013	0,115	0,039
Orge Chevalier. . . .	0,011	0,013	0,115	0,049

Schneider recommande, par suite, de procéder avec précaution lorsque la trempé se fait avec de l'eau douce, car l'élimination du phosphate de potasse contenu dans l'orge rend la fermentation plus difficile ; il conseille même de soumettre l'orge alternativement à la trempé et à l'aspersion.

D'après Mills et Pettigrow, l'eau douce enlève à l'orge deux matières albuminoïdes dont l'une peut être précipitée par l'acide métaphosphorique et l'autre par l'ébullition ; par contre, ces corps ne sont pas dissous par l'eau chargée de sulfate de chaux et ils sont seulement dissous en partie si l'eau contient du bicarbonate de chaux. L'eau dure est donc préférable à l'eau douce pour la trempé, et Mills recommande même d'employer, pour cette opération, de l'eau contenant 0,1 % de gypse.

2. La présence de l'air pendant la trempé exerce une bonne influence pour la germination ultérieure.

Siemens recommandait, il y a déjà longtemps, de permettre l'arrivée de l'air en maintenant successivement l'orge sous l'eau et sans eau dans la cuve de trempé. Schneider a fait les deux essais suivants :

I. Orge trempée avec de l'eau ayant été privée d'air par l'ébullition ; de plus, on avait séparé, par agitation, l'air adhérent aux grains lors de l'addition de l'eau.

II. Orge trempée avec de l'eau chargée d'air.

	Poids spécifique de l'orge.	Durée de la trempé.	Teneur de la deuxième eau de trempé en :		
			résidu.	mat. album.	mat. minérales
I.	1,17	48 heures	0,25	0,101	0,024
II	1,17	48 heures	0,34	0,127	0,029

	Durée de la germination.	Grains non germés.	Rendement en extrait.
I.	12 jours	6 %	59,1 %
II.	10 "	4 %	61,4 %

L'influence favorable de l'air est donc certaine, puisque la germination a été beaucoup plus rapide, l'extrait plus abondant et le nombre de grains n'ayant pas subi la germination de 2 % plus faible lorsqu'il y a eu accès d'air pendant la trempe. Schneider a fait encore d'autres essais en introduisant artificiellement de l'air, et même de l'oxygène, dans les grains soumis à la trempe; mais il n'a pu constater aucune amélioration en opérant ainsi, et on peut en conclure que l'air qui se trouve naturellement dans l'eau, ou qui adhère aux grains soumis à la trempe, suffit pour favoriser la germination ultérieure.

3° *La présence des sels de fer dans l'eau de trempe est nuisible à la fabrication du malt* et Schneider recommande de tenir compte de ce fait lorsqu'on emploie de l'eau de tourbières qui contient souvent de notables proportions de fer dissous grâce à l'acide carbonique qui se rencontre toujours en grande quantité dans ces eaux.

De la trempe d'une orge avariée.

1. Delbrück (*Zeitschrift f. Spir. Ind.* 1882, p. 421) recommande de ne pas pousser la trempe de l'orge humide ou germée aussi loin que celle de l'orge saine, car, sans cela, les grains avariés, qui absorbent l'eau facilement, seraient trop humides et ne germeraient plus, et les grains restés sains seraient attaqués par des ferments lactiques et subiraient la putréfaction.

Il vaut mieux arrêter la trempe lorsque les grains avariés ont absorbé la dose d'eau convenable et arroser ensuite les grains dans la cave pendant la germination.

Il faut après chaque arrosage faire un bon pelletage. En opérant ainsi, les grains sains trouvent l'eau qui leur est nécessaire sans que les grains déjà suffisamment trempés en souffrent. Il est essentiel de nettoyer les grains avariés d'une façon toute spéciale avant la trempe.

2. *L'orge récemment récoltée* ne doit pas être employée, car elle subit mal la trempe à cause de la teneur variable en eau des différents grains. Cette teneur varie, en effet, de 13 à 21 %.

Quelques distillateurs ont employé, avec succès, des orges fraîches en leur faisant subir avant la trempe une très légère dessiccation.

Schmidt de Baudach (Zeitschrift, f. Spir. Ind. 1883, p. 1036) conseille de tremper faiblement les orges inégales, afin de ne pas obtenir des grains sursaturés qui ne germeraient plus. Il ne trempe ces orges que pendant 24 heures, puis il les met en tas jusqu'à ce que la température atteigne 17°,5 C. à 19° C. A ce moment, l'orge est étalée en couches, et, après 24 heures, la plus grande partie des grains ayant germé, on arrose la couche de manière à lui donner la quantité d'eau dont les grains ont besoin. Cet arrosage se continue d'abord toutes les 12 heures, puis toutes les 24 heures.

III. — DE LA GERMINATION.

Constitution anatomique des grains et modifications morphologiques résultant de la germination.

Les différents grains servant à la préparation du malt se divisent en 2 classes d'après leur aspect extérieur: 1° *les grains à enveloppe*, l'orge et l'avoine, qui sont recouverts d'une peau, analogue à de la paille et qui se compose en grande partie de silice; 2° *les grains nus*, le seigle et le froment, qui n'ont pas d'enveloppe.

Il existe bien, cependant, quelques variétés d'orge ou d'avoine qui n'ont pas de balles, mais ces sortes sont rares.

Les grains d'orge (fig. 36 et 37) présentent à l'extérieur un sillon dirigé dans le sens de la longueur, et, dans une coupe longitudinale d'un grain passant par le sillon, on reconnaît :

A. L'enveloppe, *épisperme*, constituée par deux téguments distincts, l'un riche en silice, analogue à de la paille, qu'on appelle la *balle* du grain (S) et qu'on peut séparer facilement des grains d'orge trempée; l'autre intérieur, nommé *tegmen*, constitué par une membrane mince et délicate (A) et adhérent au premier ;

B. *L'embryon* ;

C. *L'endosperme* appelé aussi *albumen*.

L'endosperme C, partie farineuse du grain qui n'est que partiellement représentée dans la figure 36, est constitué par des cellules parenchymateuses dont l'accroissement se fait de l'exté-

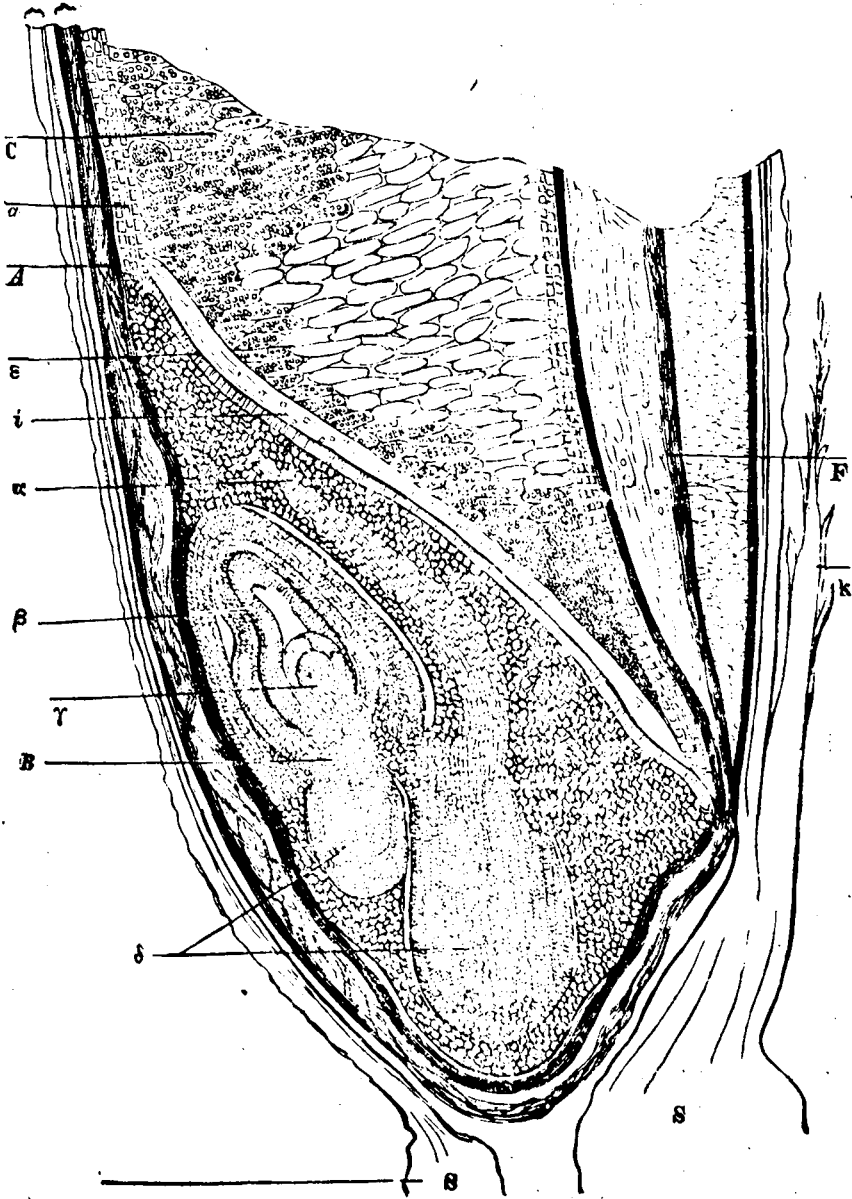


Fig. 36.
Grain d'orge. Coupe longitudinale.

rieur à l'intérieur. C'est dans ces cellules que se trouve l'amidon sous ses diverses formes caractéristiques. Ces cellules sont séparées

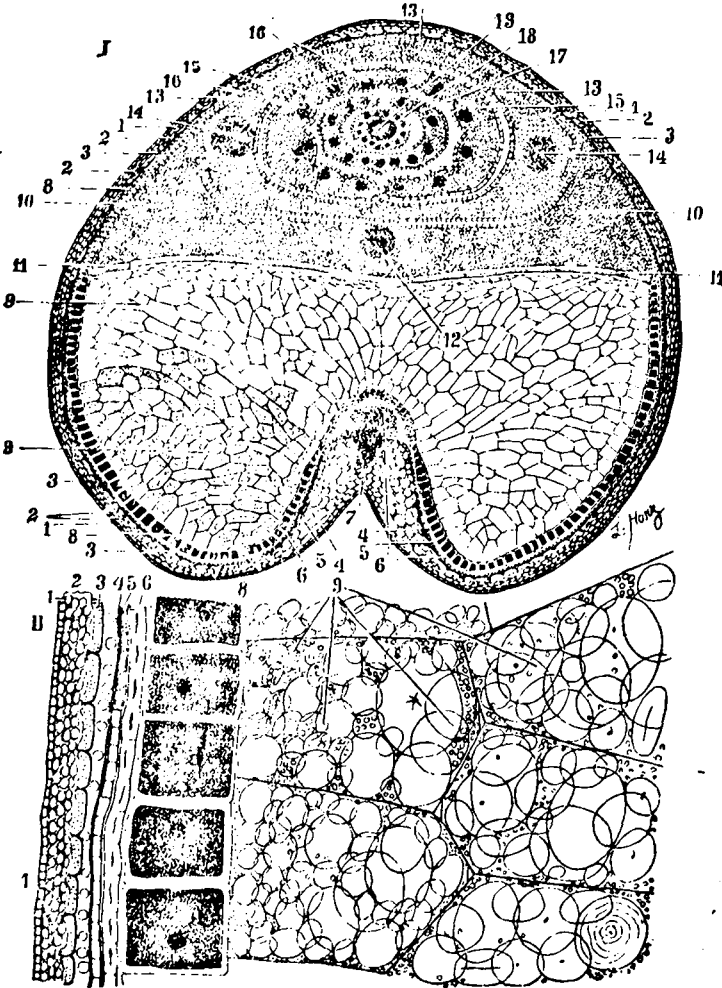


Fig. 37.

Grain d'orge. Coupe transversale.

du tegmen par une couche de gluten, faisant également partie de l'endosperme. Cette couche est formée de cellules prismatiques à

parois épaisses, qui renferment une matière d'un ton gris foncé, constituée par du gluten ou des matières albumineuses.

L'embryon B est le rudiment de la nouvelle plante; l'endosperme a pour but de lui donner les matières nutritives dont il a besoin, et c'est aux dépens de cette substance que la jeune plante s'alimente jusqu'à ce qu'elle puisse, par l'intermédiaire des radicelles et de la plumule, prendre dans la terre ou dans l'air ambiant les principes nutritifs dont elle a besoin.

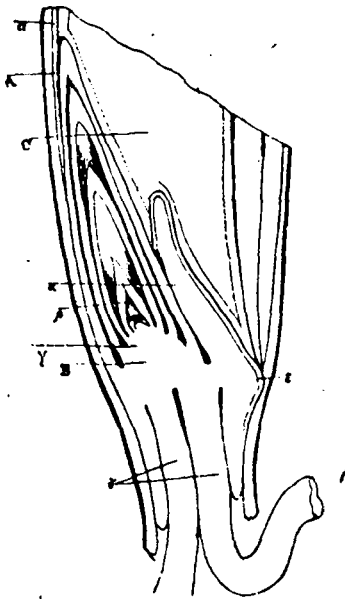


Fig. 38.

Grain d'orge en germination.

On distingue dans l'embryon 4 parties : la *tigelle* γ , la *gemma* β , la *radicule* δ et les *cotylédons* α .

Les deux premières constituent la *plumule*, et, dans la pratique du maltage, on appelle *germe* les organes auxquels elle donne naissance, et *radicelles* ceux que produit la radicule δ .

La figure 38 montre les modifications morphologiques que subit le grain d'orge pendant la germination.

On y voit que la radicule se développe à la partie inférieure du grain, comme l'indique δ , en 4 à 5 radicelles, et creve l'épisperme.

La gemmule β s'allonge et, fait tout à fait caractéristique pour les grains à enveloppe, se développe sous l'épisperme pour ne le crever que lorsqu'elle est arrivée à la pointe supérieure du grain.

Au moment où la germination de l'orge, devant servir à la saccharification, doit être arrêtée, la plumule n'a pas encore percé l'enveloppe ; mais, néanmoins, elle se reconnaît très-bien sous l'épisperme.

Le cotylédon α ne subit aucun développement et ses dimensions restent invariables.

Dans les *grains d'avoine* (fig. 39) on distingue les parties suivantes :

- S, la balle, le testa ;
- A, le tegmen ;
- C, l'endosperme ;
- B, l'embryon.

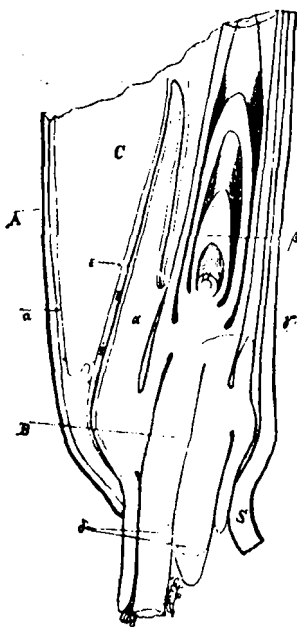


Fig. 39.

Grain d'avoine en germination.

La figure 39 se comprend facilement sans autres explications ; nous ajouterons seulement que la plumule de l'avoine se développe également sous l'enveloppe du grain.

Dans les *grains de seigle* (fig. 40 et 41) on ne trouve pas de testa, c'est-à-dire de tégument pailleux et siliceux, mais :

- le tegmen A,
- l'embryon B,
- et l'endosperme C.

Le grain de seigle diffère des grains d'orge ou d'avoine, pendant la germination, par l'apparition simultanée de la plumule et des radicelles. *C'est donc un fait normal, dû à la structure anatomique des grains, d'avoir du malt de seigle ou de froment présentant un germe bien développé ayant crevé le tegmen.*

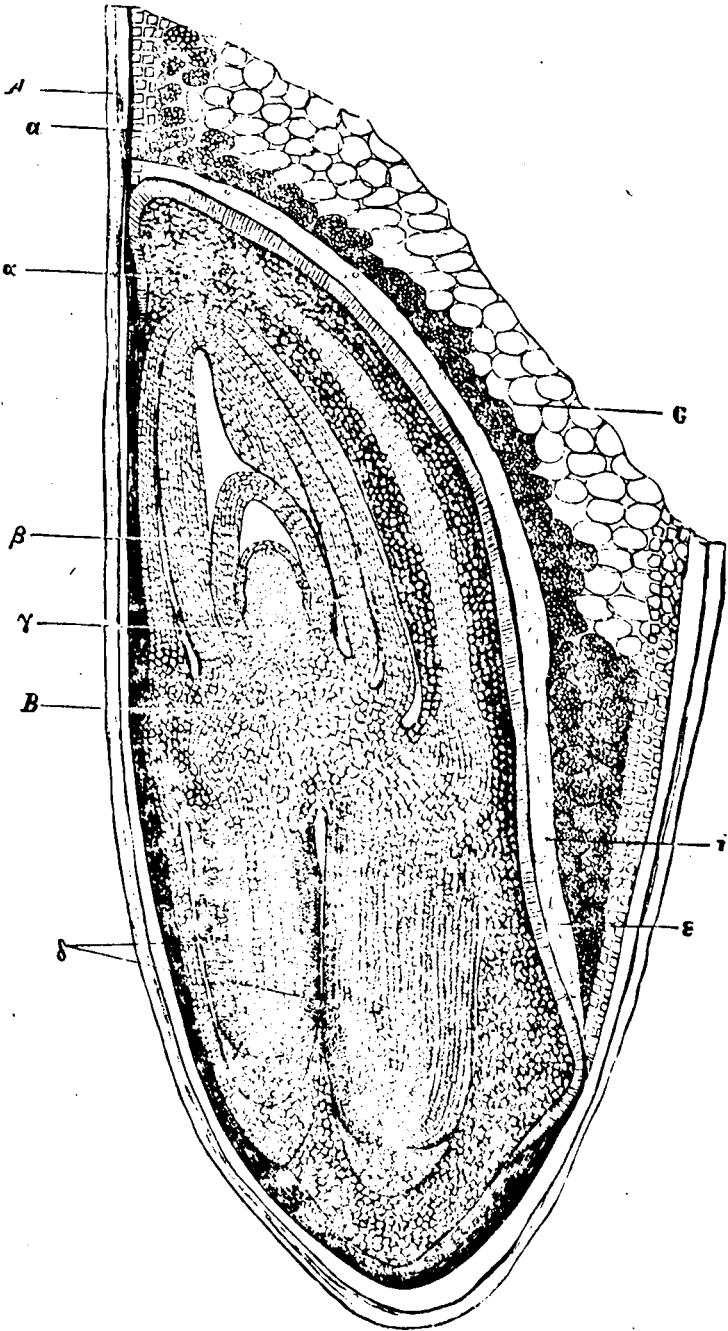


Fig. 40.
Grain de Seigle.

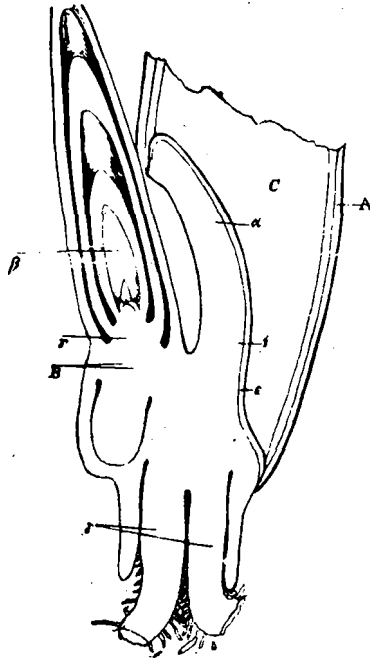


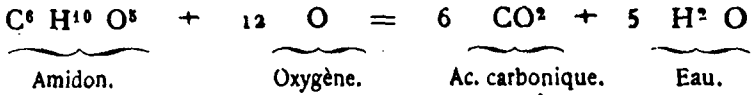
Fig. 41.
Grain de seigle en germination.

ÉTUDE CHIMIQUE ET CONDITIONS GÉNÉRALES DE LA GERMINATION.

1. *De l'action de l'oxygène.* — La germination est une combustion lente, et une partie des produits qui en résultent sont identiques à ceux que donne une combustion vive, avec production de flamme. Le grain absorbe l'oxygène de l'air ambiant, et les composés organiques, qui constituent son tissu cellulaire, se transforment en acide carbonique et en eau ; il y a en même temps un dégagement assez notable de chaleur. Ces phénomènes démontrent bien l'analogie qu'il y a entre la germination et une véritable combustion.

Parmi les matières organiques qui subissent l'oxydation, il faut citer, en premier lieu, l'amidon qui se transforme, par l'absorption

d'oxygène, en acide carbonique et en eau, d'après la formule suivante :



Par cette formule, on reconnaît immédiatement dans quelles conditions se déclarera et se développera la germination. Il faut toutefois se rappeler que la présence de l'eau est également indispensable, et que le grain doit, par suite, être suffisamment trempé.

En résumé, la condition essentielle de toute germination est la présence de l'oxygène, et, de même qu'une combustion s'arrête lorsque l'oxygène fait défaut, la germination cesse dès que ce corps ne se trouve plus en quantité suffisante dans l'air ambiant. Il est très facile de démontrer l'exactitude de ce fait par quelques expériences.

Si on prend, par exemple, des grains ayant subi un trempage convenable, et si on les conserve dans un vase quelconque en les recouvrant d'eau bouillie ou d'huile, il ne se produit aucune germination, même en les soumettant aux conditions de température les plus favorables. Si, au contraire, on les conserve dans un flacon hermétiquement bouché mais contenant une certaine quantité d'air, la germination commence mais s'arrête dès que tout l'oxygène de l'air a été absorbé.

Il est facile de s'assurer que, dès que la germination s'arrête, il ne reste plus d'oxygène dans le flacon, en y introduisant un charbon incandescent qui s'éteint, en effet, immédiatement. On peut également reconnaître facilement la formation d'acide carbonique pendant la germination, en faisant passer l'air du flacon dans de l'eau de baryte. Il s'y forme instantanément un précipité de carbonate de baryte.

La quantité d'oxygène absorbé pendant la germination est, toutefois, légèrement supérieure à celle qui correspond au poids d'acide carbonique produit; mais ce fait s'explique par la formation de corps non gazeux, riches en oxygène.

2. *De l'aération des caves de germination.* — On doit considérer comme une condition très défavorable à la germination la présence

de l'acide carbonique produit pendant ce phénomène; de même que les gaz résultant de la combustion d'un corps quelconque nuisent à sa combustion ultérieure.

On peut s'assurer de l'action nuisible de l'acide carbonique sur la germination, en soumettant à ce phénomène, dans les conditions suivantes, de l'orge trempée convenablement. On prend 2 tubes en verre semblables, fermés à la partie supérieure par des bouchons traversés par des tubes en verre effilés. L'un des tubes est complètement bouché à la partie inférieure, tandis que l'autre est fermé par un bouchon muni d'un tube effilé ouvert. On met dans chacun de ces tubes de l'orge trempée, et, tandis que dans le premier, au fond duquel s'amasse l'acide carbonique produit, la germination s'arrête après un certain temps, on constate que dans le deuxième, qui permet l'écoulement de l'acide carbonique, la germination se fait complètement.

Par suite de l'accumulation de l'acide carbonique, l'air est séparé du malt dans le premier tube, et ce malt subit une modification qu'on ne peut attribuer qu'à une fermentation spontanée.

On démontrera, d'ailleurs, plus loin que toute cellule végétale vivante, séparée de l'oxygène de l'air, subit par elle-même une fermentation alcoolique. Cette fermentation se produit aussi dans le malt, lorsque la présence de grandes quantités d'acide carbonique empêche l'arrivée de l'oxygène de l'air. *Delbrück* a informé *Maercker* que, lorsque ce phénomène se produit, le malt — d'après les praticiens — dégage une odeur de pommes, et non l'odeur caractéristique des concombres, qui est celle du malt normal.

Il va sans dire que le manque d'oxygène pendant la germination, et la fermentation alcoolique qui en résulte, sont de mauvaises conditions, puisque le pouvoir saccharificateur d'un malt ainsi produit est très faible. Il s'en suit qu'il est nécessaire d'établir une bonne ventilation dans les locaux où la germination doit se faire, afin d'évacuer l'acide carbonique produit et de permettre le renouvellement de l'air destiné à remplacer l'oxygène absorbé. Toutefois, il est indispensable que, par le fait de la ventilation, il ne se produise pas des variations dans la température, ni des températures trop basses, car, sans cela, la ventilation pourrait devenir plus nuisible qu'utile.

L'installation d'une ventilation convenable est, par suite, un

travail difficile. En général, on considère l'emploi d'un ventilateur comme trop coûteux, et on se contente d'utiliser le tirage des foyers des chaudières pour absorber régulièrement l'air vicié. On a objecté que l'acide carbonique aurait une action nuisible sur la combustion; mais cette objection n'est nullement fondée car, par exemple, 10.000 kilos d'orge soumis à la germination ne donnent que 75.000 litres d'acide carbonique en 4 jours environ, soit par heure 0,8 mètre cube, quantité qui ne saurait avoir aucune action sensible sur la combustion dans le foyer d'une chaudière moyenne.

Les distillateurs considèrent en général la question de l'aération comme accessoire, et bien à tort pensons-nous, car c'est surtout à la présence de l'air humide et vicié qu'il faut attribuer la formation des moisissures, qui sont les plus grands ennemis de la préparation du malt. Il est donc indispensable d'assurer une bonne ventilation, et ce n'est que dans les caves très-vastes et bien aérées qu'on peut se dispenser d'une ventilation artificielle.

3. *De la température convenable pour la préparation du malt.* — L'analogie entre la germination et la combustion est encore confirmée par ce fait que, pour produire la germination, il est nécessaire de placer les grains dans certaines conditions de chaleur, de même que, pour obtenir la combustion du bois, du charbon, il est indispensable d'en porter un point quelconque à une température élevée. Les grains trempés doivent donc être soumis à une température qui ne doit pas être trop basse, afin de déterminer la germination qui, une fois commencée, développera une notable quantité de chaleur, bien supérieure à celle qui a été donnée aux grains.

Un grand nombre de recherches ont été faites sur la température la plus favorable pour la germination, et, quoiqu'il ait été reconnu qu'à des températures très-basses, voisines de zéro, la plupart des grains subissaient la germination, on peut admettre, cependant, que la donnée de J. Sachs, 5° C., est la limite inférieure de la température à laquelle on puisse soumettre les grains. En effet, à des températures inférieures, le temps nécessaire à la germination est trop considérable; il atteint un mois et même davantage.

La température la plus favorable pour le seigle, le froment, l'orge, est de 18°,5 à 25° C., tandis que pour le maïs, elle est de 30 à 38° C.

Haberlandt a trouvé pour le maïs les résultats suivants :

A 16° C. une durée de germination de 144 heures.

25°	•	56	»	} minimum.
31°	•	48	»	
38°	•	48	•	
44°	•	80	•	

Nous donnons encore les températures minima, maxima et optima trouvées par Haberlandt pour les différents grains qui intéressent les distillateurs :

	Minimum.	Maximum.	Optimum.	°C.
Froment	3 — 4,5°	30 — 32°	25	»
Seigle	1 — 2 »	30 »	25	»
Orge	3 — 4,5 »	28 — 30 »	20	»
Avoine	4 — 5 »	30 »	25	»
Maïs	8 — 10 »	40 — 44 »	32 — 35	»
Riz	10 — 12 »	36 — 38 »	30 — 32	»

Cependant, les conditions de température les plus favorables, données par Haberlandt, ne sont pas absolument exactes en pratique, car il n'importe pas seulement de produire rapidement la germination, mais surtout d'obtenir, par ce phénomène, la plus grande quantité de diastase. Aussi malte-t-on, en général, à des températures inférieures à celle de Haberlandt et soumet-on les grains, pendant cette opération, à des pelletages fréquents, afin de ne pas permettre une élévation de la température, qui proviendrait de la chaleur dégagée par les grains soumis à la germination.

C'est pour ces diverses raisons que les malteurs expérimentés placent les grains, sortant du trempage, en tas élevés, afin d'activer le début de la germination, car, si les grains froids étaient exposés en petits tas permettant le dégagement de la chaleur développée par les grains eux-mêmes, le début de la germination serait très lent. Il faut avoir soin, lorsque la germination est commencée, d'étaler et de pelleter les grains, car, sans cela, la température pourrait augmenter considérablement et arrêter complètement le phénomène de la germination. Nous avons vu, en effet, à la page précédente, que pour les maïs la température maxima était de 40 à 44° C., et pour les autres grains de 28 à 32° C. Des essais, faits par Gœppert sur des grains placées dans des conditions qui ne leur permettaient pas de

dégager la chaleur produite par la germination, ont démontré que la température initiale de 8 à 20° C. s'était élevée jusqu'à 50° C., ce qui est une température supérieure à celle que peut supporter la germination.

Il faut donc surveiller attentivement la température des grains qui germent, et, en pratique, on fera bien de se maintenir en-dessous de 18 à 20° C.

Kjeldahl (Karlsberg, Laboratoire I, p. 47) a, en effet, reconnu qu'à des températures inférieures à 14 à 18° C., la formation d'acide carbonique était très-lente, mais qu'à des températures supérieures ce corps se dégageait en grande quantité et que la teneur en diastase du malt ainsi obtenu était beaucoup plus faible.

Le malt obtenu à des températures élevées est moins actif et moins *sain*, en ce sens qu'il facilite la formation des ferments lactiques qui peuvent causer de grands dommages.

On malte, en général, dans le travail des brasseries à 10 à 13° C. et dans le travail des distilleries à 15° à 18° C.

4. *De l'action de la lumière et de l'électricité.* — On a fait un grand nombre d'essais pour déterminer l'action de la lumière sur le malt, quoique, cependant, la solution de cette question paraisse bien simple. En effet, d'après les lois naturelles de la végétation des plantes, tous les grains mis en terre pour germer sont privés de lumière, et, de plus, pendant la germination, il ne se produit aucun corps ayant une relation quelconque avec la lumière, de sorte qu'on ne peut admettre que celle-ci ait une influence utile à la germination. Aussi doit-on rejeter l'opinion émise par Schneider (Malterie, p. 106), d'après laquelle la lumière rouge s'opposerait énergiquement à la formation de cellulose et faciliterait la décomposition des corps gras, etc., etc.

On doit aussi rejeter l'hypothèse d'après laquelle l'électricité exercerait une action favorable sur la germination, car aucune assertion à ce sujet n'a été démontrée (Matteucci).

5. *De l'influence des dissolutions salines sur la préparation du malt.* — On a longtemps recherché des moyens facilitant et activant la germination, mais, jusqu'à présent, sans succès. De l'eau chlorée (Alexandre Humboldt) favoriserait la germination ; de l'eau acidulée l'activerait ; de l'eau plâtrée (Zoeller) serait sans influence, et d'autres

sels seraient nuisibles tels que le chlorure de sodium. (Expériences de Schneider) :

	Pour cent.	Durée de la germination.	grains non germés %	Extrait %
Chlorure de sodium.....	1	10 jours	9	58,4
	3	14	14	51,2
	5	17	36	42,3
Chlorure de potassium.....	1	10	10	59,1
	3	14	16	51,4
	5	17	29	47,2
Chlorure de magnésium.....	0,5	9	5	61,4
	1,0	9	10	58,1
	1,5	9	15	54,2
Chlorure de calcium.....	0,5	9	4	62,3
	1,0	9	9	57,4
	1,5	9	16	52,6

Lintner (Bayr. Bierbrauer, 1878, p. 373) a obtenu des résultats analogues avec des solutions salines très étendues ; il trouva que :

1. La durée de la trempé doit être plus longue lorsqu'on emploie de l'eau contenant du chlorure de sodium.

	Durée de la trempé principale.	Trempé secondaire.	Total.
I. Eau ordinaire.....	85	12	97 heures
II. Eau contenant 0,03 % de chlorure de sodium.	101	24	125
III. Eau contenant 0,05 % de chlorure de sodium.	120	12	132

2. La germination est ralentie ; elle dure pour les cas ci-dessus :

I	II	III
6	7	9 jours.

3. Le développement des radicules est ralenti, tandis que celui du germe, devant donner naissance aux feuilles, est plus rapide.

4. La proportion d'extrait est diminuée :

I	II	III
69,94	66,32	63,53 % d'extrait.

5. Le malt sec obtenu, débarrassé des germes, est plus riche en azote :

Orge	I	II	III
2,091	0,416	1,905	2,024 % d'azote.
13,07	8,85	11,91	12,65 % de matières protéiques.

Cette plus grande teneur en azote s'explique, puisque la proportion des radicales qui ont été enlevées à été moindre pour le malt obtenu à la suite de trempes dans de l'eau saline.

On voit donc, par ces divers exemples, que la présence de matières salines, même en petite quantité, exerce une action nuisible et qu'il est, par suite, très-utile de s'assurer de la composition de l'eau employée pour la trempée.

Jusqu'à présent, on n'a trouvé aucun corps dont la présence favorise la germination.

DES RÉACTIONS CHIMIQUES QUI SE PRODUISENT PENDANT LA GERMINATION.

Pendant la germination, les composés azotés et les corps non azotés qui composent le grain subissent des modifications chimiques.

Ces diverses substances, qui se trouvent dans le grain à l'état insoluble, doivent naturellement passer à l'état soluble, afin de pouvoir se transporter dans les parties du grain où se produit la germination. Les grains d'amidon doivent donc subir d'importantes modifications et non seulement devenir solubles, mais encore se transformer en corps capables d'obéir aux lois de l'osmose, afin de pouvoir traverser les nombreuses cellules qui composent le grain. En effet, tous les corps solubles ne possèdent pas la propriété de traverser les membranes, et l'amidon soluble ainsi que la dextrine ne pourraient, sous cette forme, circuler dans le grain en germination.

La propriété de traverser les membranes est liée à celle de cristalliser, et c'est pour cela qu'on a donné le nom de cristalloïdes aux corps susceptibles de s'osmoser.

On appelle colloïdes les corps non susceptibles de traverser les membranes. Pendant la germination, l'amidon se transforme en maltose (sucre de malt) qui est précisément un corps cristallisable et pouvant facilement traverser les membranes cellulaires.

1. *De la transformation des substances azotées pendant la germination.* — La transformation de l'amidon en maltose ne se produit que sous l'influence de ferments azotés, et le ferment qui produit cette transformation s'appelle la *diastase*; c'est ce principe qui force l'amidon à absorber de l'eau pour se transformer en dextrine et maltose. (Se reporter au chapitre intitulé: *De l'étude chimique de la saccharification*).

Le premier résultat de la germination sera donc la formation de diastase.

Le ferment diastasique se produit dans le grain soumis à la germination en quantité telle, ou plutôt son pouvoir saccharificateur est si considérable, qu'il est capable de transformer en dextrine et maltose non seulement la totalité de l'amidon contenu dans le grain, mais encore un poids d'amidon bien supérieur.

Le malt, c'est-à-dire les grains contenant le ferment diastasique, peut donc transformer en sucres de grandes quantités d'amidon et c'est sur cette propriété que repose son emploi dans le travail des corps amylacés, tels que pommes de terre, maïs, grains, etc., etc.

Nous allons donc examiner, tout d'abord, les transformations que subissent les matières azotées du grain. Cette question a été très-étudiée depuis que Pfeffer a démontré la formation d'asparagine pendant la germination d'un grand nombre de grains, et notamment par E. Schulze et Barbieri, Sachsse, Kellner. Malheureusement, aucun essai n'a été fait sur la germination des grains généralement employés en distillerie, aussi ne peut-on donner que des renseignements généraux.

Dans tous les cas, il est bien établi que, pendant la germination, une grande partie des matières albuminoïdes se transforment en composés azotés simples — *Amides* — parmi lesquels se rencontre le plus souvent l'*Asparagine*, et plus rarement, la *Glutamine*.

Ainsi, d'après E. Schulze, plus de 60 % des matières azotées contenues dans les graines de lupin se transforment en asparagine pendant la germination.

Il n'a pas été fait de semblables essais pour l'orge; néanmoins, on peut admettre, par analogie, que pendant la germination il se produit des modifications analogues. De plus, Kellner a trouvé que

dans les germes du malt il y a, pour 100 parties d'azote, les quantités suivantes, sous forme d'amides :

23,1 %	28,1 %
24,3 »	25,7 »
34,9 »	—

Il est donc évident que dans le malt lui-même il y a une certaine quantité d'amides, et on peut affirmer que, pendant la germination, il y a augmentation de la proportion des matières organiques azotées solubles. Voici, d'ailleurs, quelques résultats d'essais faits par Farsky :

	I	II
Matières albuminoïdes solubles (?) dans l'orge.....	1,0750 %	0,9280
dans le malt après 10 1/2 jours....	2,0110 »	—
dans le malt ter- miné.....	2,2045 »	2,1060

Comme dans toutes les études précédentes, sur les transformations des composés azotés, on n'a jamais tenu compte des amides, il n'y a aucune utilité à les citer ici et nous nous en abstenons. Toutefois, il n'est plus permis de considérer qu'une augmentation de l'azote soluble correspond à une augmentation de matières albuminoïdes dissoutes ou même de diastase, comme cela se fait encore généralement.

La diastase appartient au groupe des corps albuminoïdes ou du moins à celui des albuminoïdes coagulables. Au point de vue chimique, elle ne diffère guère des autres corps albuminoïdes du grain, quoique, cependant, il doive exister entre eux une différence moléculaire importante, puisque, avant la germination, ces corps azotés possédaient très-faiblement le pouvoir de transformer l'amidon en sucre, tandis qu'après la germination la diastase possède une énergie énorme pour opérer cette transformation.

On reconnaît facilement que la diastase est coagulable en chauffant une solution de ce corps. La diastase se sépare aussitôt, et le liquide restant a perdu toute énergie pour opérer la saccharification.

Les extraits de malt ou d'orge donnent, par la coagulation, des

résultats identiques, comme l'indiquent les essais ci-dessous de Brown et Héron :

Températures.	Albumine coagulée en gr.		Albumine coagulée %	
	malt.	orge.	malt.	orge.
50° C.	0,044	0,063	19,1	18,3
60	0,123	0,194	53,5	56,5
66	0,155	0,233	67,4	67,9
76	0,186	0,311	80,8	90,6
100	0,230	0,343	100,0	100,0

Les températures de coagulation des matières albuminoïdes de l'orge et du malt sont donc identiques.

De plus, la filtration, sous une faible pression et à travers de l'argile poreuse, d'un extrait de malt donne un liquide filtré ayant perdu toute son efficacité et ne contenant, par conséquent, plus de diastase. Cette expérience confirme la nature albuminoïde de la diastase. On peut donc, dans une certaine mesure, déterminer la quantité de diastase contenue dans le malt d'après sa teneur en matières albuminoïdes solubles. Il faut admettre, toutefois, que ce dernier résultat dépasse la proportion réelle de diastase, puisqu'il peut s'y trouver des substances albuminoïdes solubles n'ayant aucune énergie diastatique, tout en étant coagulables. Dans tous les cas, la proportion de diastase contenue dans le malt est très-faible ; en voici quelques exemples :

	Malt sec.
Stein.....	0,45 % d'albumine coagulable.
Brown et H.....	0,23 "
John.....	0,98 "
"	0,88 "
"	0,67 "

On n'est pas encore bien fixé sur les quantités respectives d'albumines coagulables contenues dans l'orge et dans le malt correspondant. Ainsi, les expérimentateurs suivants en trouvèrent davantage dans le malt que dans l'orge qui lui a donné naissance :

Stein... Orge..	0,28 %	John....	0,27 %	0,27 %	0,27 %
Malt...	0,45		0,94	0,88	0,67
Augmentation.	0,17 %		0,67 %	0,61 %	0,40 %

Par contre, Brown et Héron en trouvèrent moins :

Orge	0,343 %
Malt.	0,230
Diminution.....	0,113 %

Gorup-Besanez a reconnu, dès l'année 1874, qu'on pouvait retirer, au moyen de la glycérine, des vesces en germination, un ferment capable de digérer des matières albuminoïdes.

Dans une deuxième communication (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, rapport de la Société chimique allemande, 1875, p. 1510) le même expérimentateur a annoncé que les graines du chanvre et du lin et le malt d'orge contenaient les mêmes principes.

Toutefois, Gorup-Besanez n'a découvert la présence de ce ferment que dans le *malt sec et jaunc*, tandis qu'il n'en a pas trouvé dans le malt naturel. On ne doit donc pas encore admettre que le malt vert contient normalement des ferments peptonisants et que ces corps se produisent, d'une façon caractéristique, pendant la germination de l'orge.

Cette question de la formation d'un ferment capable de digérer les matières albuminoïdes ne présente aucun intérêt au point de vue de la saccharification; mais elle a une grande importance au point de vue de la préparation de la levure artificielle. Pour cette raison, nous reviendrons sur cette question lors de l'étude de la théorie de la préparation de la levure.

John a donné quelques renseignements sur le déplacement des composés azotés dans le grain pendant la germination; ainsi, avec de l'orge contenant 10,81 % de matières albuminoïdes, il trouva pour le malt obtenu :

	I	II
Dans le grain.....	8,45 %	9,07 %
Dans les germes... ..	1,79	1,57
Volatilisés.	0,57	0,17

2. *Des modifications des corps non azotés pendant la germination.*—

a. *De l'amidon.* — Parmi les diverses modifications que subissent les différents corps composant le grain, celle de l'amidon est très-

importante. La proportion d'amidon diminue notablement pendant la germination. La plupart des recherches sur cette question ont été faites sur le malt de brasserie, pour lequel la germination est plus lente que celle du malt de distillerie.

La perte d'amidon a été, d'après Stein, établie comme suit :

Il y a :

Dans l'orge.....	54,2	°/° d'amidon	
Dans le malt sec.....	48,4	"	perte = 5,8 °/°
Dans le malt séché à l'air..	49,0	"	" = 5,2

D'après Schneider :

Orge.....	66,32	°/° dans le malt	61,91	°/°	perte = 4,41 °/°
Seigle.....	67,49	"	64,19	"	= 3,50
Froment.....	70,20	"	64,51	"	= 5,69
Avoine.....	60,64	"	55,34	"	= 5,30

La diminution des matières sèches de l'orge, par la transformation en malt sec, est la suivante, d'après Schulze (Bayr. Bierbr, 1877) :

100 parties de matières sèches de l'orge lui donnèrent une perte de :

	12,52	parties.
	15,49	"
	14,72	"
	14,47	"
	13,78	"
	<hr/>	
En moyenne...	14,10	"

La germination, dans ces divers cas, a eu lieu à basse température, 10 à 11° C., et, de plus, on a compris dans la perte les grains avariés, le déchet du trempage, les germes, ainsi que les substances organiques transformées en acide carbonique.

D'après Reischauer et Aubry (Zeitschr., f. d. ges. Brauwesen, 1880, p. 585), 100 parties d'orge sèche donnèrent :

Essai A.	84,56	parties de malt sec après germination à 34° C.
	84,71	" " 23° C.
	87,72	" " 19° C.
Essai B.	85,80	" " 30° C.
	85,20	" " 20° C.
	84,60	" " 15° C.

Les germes représentent environ 5 % de perte.

L'auteur a reçu les renseignements suivants sur le malt obtenu en distillerie :

Le 9 mai, on soumit à la germination à la distillerie de Trotha 675 kilos d'orge contenant 62,95 % d'amidon, et on obtint le 12 mai suivant 981 kilos de malt vert contenant 41,60 % d'amidon. Le germe du malt obtenu mesurait les 2/3 de la longueur du grain, et 100 kilos d'orge produisirent 145, 3 kilos de malt vert.

La perte totale d'amidon a donc été de :

$$\begin{array}{rcl} 981 \text{ kilos malt vert à } 41,60 \% \text{ d'amidon} & = & 408,1 \text{ kilos.} \\ 675 \text{ " d'orge à } \dots 62,95 \text{ " } & = & 424,9 \text{ " } \\ \hline \text{Perte :} & & 16,8 \text{ kilos.} \end{array}$$

On peut donc admettre qu'en moyenne la perte d'amidon, pendant la germination, est égale à 4 % de l'amidon contenu dans l'orge.

Cette perte est assez importante pour que lors des calculs de rendements alcooliques on ne puisse la négliger.

En réalité, la teneur en amidon diminue dans une bien plus grande proportion; mais une grande partie se transforme en produits solubles directement ou indirectement fermentescibles, qui ne sont par conséquent pas perdus, tandis que les 4 % dont nous venons de parler disparaissent complètement en se transformant en acide carbonique et en eau.

On admettait anciennement qu'une notable partie de l'amidon se transformait en maltose pendant la germination, parce qu'on trouve ce produit dans l'extrait de malt; mais Stein prétend que la maltose ne se produit que pendant qu'on prépare l'extrait avec l'eau et cite à l'appui les expériences qu'il a faites en préparant un extrait de malt après avoir détruit la diastase par l'action de l'acétate de mercure. Jamais il n'a rencontré du sucre dans l'extrait ainsi préparé.

Un grand nombre d'essais faits pour déterminer la teneur du malt en sucre en ont d'ailleurs indiqué des quantités insignifiantes.

Voici quelques chiffres :

Oudemans ...	Malt d'orge.....	0,4	% de sucre.
Mulder.....	» de seigle.....	1,3	»
	» d'avoine.....	0,5	»
Schneider.....	» d'orge.....	0,49	»
	» de seigle.....	0,00	»
	» de froment.....	0,41	»
	» d'avoine.....	0,30	»

On ne peut, toutefois, se baser sur la faible quantité de maltose contenue dans le malt pour affirmer que la diastase n'agit pas sur l'amidon du grain, car le contraire paraît plus probable et on doit plutôt admettre que le sucre ainsi formé se transforme au fur et à mesure de sa formation en d'autres produits.

Kühnemann (deutsche chem. Ber. 1875, p. 202, 387), prétend avoir retiré jusqu'à 0,6 % de sucre cristallisable du malt sec, et on peut présumer qu'il s'en trouve davantage, car l'extraction n'a guère pu être complète. De plus, Stein n'a fait aucune recherche sur la teneur en sucre cristallisable du malt.

Kjeldahl (Medeleiser fra Carlsbergs Laboratoriet) a fait également des recherches sur ce sujet et a trouvé jusqu'à 2 %, et même plus, de sucre cristallisable dans le malt sec.

On ne trouve pas de sucre cristallisable dans le malt vert, et cela tient probablement aux ferments qu'il contient et qui produisent l'inversion de ce sucre; tandis que dans le malt sec ces ferments ont été détruits pendant la dessiccation, et, par suite, le sucre cristallisable produit ne subit pas l'inversion.

Par une lente dessiccation de 24 heures, on arrive à obtenir 3 à 3 1/2 % de sucre de canne dans le malt sec.

D'ailleurs, la transformation de l'amidon en maltose est toujours accompagnée de la formation de dextrine qui, ne pouvant obéir aux lois de l'osmose, reste dans le malt. Donc, si la proportion de dextrine est plus élevée dans le malt que dans l'orge, on en peut conclure qu'il y a eu également formation de maltose. Or, ce fait est constant, et tous les expérimentateurs ont constaté la production de dextrine pendant la germination.

En voici quelques exemples :

Stein.. ...	Orge ...	6,50	% de dextrine,	malt séché à l'air	7,6	%;	augmentation	1,10	%
		6,50	»	malt sec.....	8,2	»		1,70	
Saussure..	Froment.	3,5	»	malt.....	7,9	»		4,4	
Oudemans.	Orge....	4,5	»	»	6,5	»		2,0	
Schneider..	»	6,31	»	»	7,22	»		0,9	

En moyenne, l'augmentation de dextrine dans le malt est égale à 1,43 %, correspondant à une quantité égale d'amidon dont la disparition est expliquée par ce fait.

b. *Les matières grasses* contenues dans les grains subissent d'importantes modifications pendant la germination. Müntz a reconnu qu'elles se décomposaient en acides gras et en glycérine, et que ce dernier produit disparaissait rapidement, en prenant part au phénomène de la respiration, tandis que les acides gras ne se décomposent que beaucoup plus lentement.

E. Schulze a trouvé que des lupins contenant 7,75 % de matières grasses perdaient, pendant la germination et après 7 jours, 3,95, puis 5 jours après 1,87, soit, pendant 12 jours de germination, 5,82 % de matières grasses.

La perte par 100 parties de matières grasses contenues dans l'orge a été :

D'après John, pendant la germination conduite lentement	20,7 parties.
" " rapidement	30,2 "
" Stein, pour le malt séché à l'air.....	17,7 "

Cette perte considérable de matières grasses pendant la germination a une grande importance au point de vue de la valeur nutritive des drèches, et surtout dans le cas où tous les produits soumis à la fermentation ont subi une germination préalable. On n'a pas encore fait suffisamment d'expériences, pour pouvoir déterminer la perte que subissent les matières grasses contenues dans le maïs soumis à la germination ; Delbrück admet, pour le moment, que cette perte peut être évaluée à environ 30 % de la totalité des matières grasses.

Pour compléter les renseignements sur cette question, on peut encore citer les résultats trouvés par Schneider, (Malterie, p. 111) :

				Perte pour 100 de matières grasses
Orge	2,93 %;	malt 1,87 %;	perte = 1,06 %.	36,2 "
Seigle.....	2,41	" 1,91	" = 0,50	20,7
Froment ...	1,87	" 1,62	" = 0,25	13,4
Avoine	6,41	" 5,91	" = 0,50	7,8

c. De la formation d'acides.

Par suite de l'oxydation, pendant le phénomène de la germination, il se produit des corps acides que l'on peut considérer comme des produits intermédiaires entre l'amidon et l'acide carbonique. Il est facile de reconnaître la présence d'acides dans le malt en écrasant un grain sur un papier bleu de tournesol; celui-ci passe immédiatement à une teinte rouge plus ou moins prononcée.

Lermer a longuement étudié ces acides et a reconnu la présence des corps suivants :

Acide formique, acide acétique, acide propionique, acide citrique, acide malique, acide succinique, acide oxalique; et encore d'autres acides gras ayant une teneur en carbone plus élevée.

Lermer a aussi rencontré l'acide lactique; mais ce produit n'est pas la conséquence directe de la germination et tient à la présence de ferments lactiques d'ailleurs difficiles à éviter.

Belohoubeck a déterminé l'augmentation des acides pendant la germination et donne les chiffres suivants :

Orge.....	0,338	% d'acides calculés en acide lactique (?)
Malt vert	0,590	»
Malt sec.....	0,942	»

L'augmentation est donc assez notable

d. De l'augmentation des corps solubles dans l'alcool pendant la germination.

D'après Stein, la proportion des matières solubles dans l'alcool augmente notablement pendant la germination.

Orge.....	1,236	% de matières solubles dans l'alcool.	
Malt vert	4,080	»	» augmentation 2,844
Malt séché à l'air..	4,662	»	» 3,426
Malt sec.....	5,078	»	» 3,842

Stein admet même que la teneur des matières solubles dans l'alcool est un indice de la valeur du malt et ajoute qu'un bon malt doit donner, pour 100 parties de matières sèches, au moins 4 parties

solubles dans l'alcool. Cette opinion n'est cependant pas exacte ; tout le monde sait, en effet, que le pouvoir saccharificateur du malt vert est bien supérieur à celui du malt sec, puisqu'on compte que 100 parties de malt vert peuvent saccharifier la même quantité de matières farineuses que 100 kilos de malt sec et que 100 parties d'orge donnent 140 à 150 parties de malt vert et seulement 88 parties de malt sec.

D'après Stein le malt sec, contenant plus de principes solubles dans l'alcool que le malt vert, devrait être plus actif tandis que nous savons le contraire, de sorte que l'opinion de Stein est peut-être fondée au point de vue de la brasserie mais est fautive en ce qui concerne le travail de la distillerie.

e. De l'augmentation de la teneur en cellulose.

L'augmentation de la proportion de cellulose ne paraît pas être importante pendant la germination.

Il s'en produit néanmoins, puisque les germes en contiennent beaucoup plus que le grain.

Ainsi, l'orge en contient 7,1 % et les germes du malt 17,5 %. Mais, la germination ne produisant que 5 % de germes du poids de l'orge, on conçoit que l'augmentation totale de la cellulose soit faible. Stein admet qu'elle est égale à 1,5 %.

RÉSUMÉ DES RÉACTIONS CHIMIQUES QUI SE PRODUISENT
PENDANT LA GERMINATION.

La perte résultant du trempage de l'orge et du dégagement de produits gazeux (acide carbonique) pendant la germination, a été, d'après Stein, pour 3 essais, de :

I.....	11,8 %	
II.....	7,3	
III.....	10,1	
Moyenne.....	10,10 %	
de plus.....	3,64	de perte par les radicelles.
Il reste pour le malt (sec)....	86,26	
	<hr/>	
	100,00 %	

D'après John, la perte résultant du dégagement de produits gazeux est un peu plus faible. Voici ses résultats :

	I.		II.	
Produits gazeux.....	8,36		6,38	
Malt sans les germes et les radicelles	83,09	} 86,65	85,88	} 88,97
Germes.....	3,56		3,09	
Radicelles.....	4,99		4,65	
	<hr/> 100,00		<hr/> 100,00	

Schneider a fait des essais sur le seigle, le froment et l'avoine et a trouvé :

	Orge.	Seigle.	Froment.	Avoine.
Perte par le trempage...	1,61	1,22	1,31	2,12
» par la germination..	3,71	2,03	2,57	4,23
» par les radicelles...	3,45	2,11	2,94	3,71
» non déterminée.....	0,37	0,04	0,03	0,42
Totaux.....	<hr/> 9,14	<hr/> 5,40	<hr/> 6,85	<hr/> 10,48 %

On peut admettre, d'après les essais de John, que 100 parties d'orge sèche donnent :

I.	II.	
86,65	88,97	parties de matières sèches dans le malt sec sans germes.
et 91,64	93,61	» de matières sèches dans le malt vert avec germes.

Voici enfin quelques résultats très-complets d'essais faits par Schneider (Malterie, page 111) :

	Orge.	Malt d'orge.	Seigle.	Malt de seigle
Matières albuminoïdes solubles.....	1,11	2,31	1,04	1,41
» insolubles. ...	10,84	9,11	12,31	11,32
Amidon.....	66,32	61,91	67,49	64,19
Dextrine.....	6,31	7,22	6,87	6,92
Sucre.....	0,00	0,49	0,00	0,00
Matières grasses.....	2,93	1,87	2,41	1,91
Cellulose.....	9,54	6,24	7,15	6,54
Cendres.....	2,95	2,61	2,73	2,31
Par 100 parties de matières sèches du grain.....	<hr/> 100,00	—	<hr/> 100,00	—
On obtient en malt sec, privé d'eau.		91,76		94,60
Et une perte de.....	—	8,24	—	5,40
	<hr/> —	<hr/> 100,00	<hr/> —	<hr/> 100,00

	Froment.	Malt de froment.	Avoine.	Malt d'avoine
Matières albuminoïdes solubles	1,21	1,73	1,02	1,51
» Insolubles	12,14	11,21	13,47	11,12
Amidon	70,20	64,51	60,64	55,34
Dextrine	5,32	5,72	4,78	4,91
Sucre	0,00	0,41	0,00	0,30
Matières grasses	1,87	1,62	6,41	5,91
Cellulose	7,32	6,54	11,27	8,39
Cendres	1,94	1,41	2,41	2,14
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00	—	100,00	—
Par 100 parties de matières sèches du grain, on obtient en malt sec, privé d'eau	—	93,15	—	89,62
et une perte de	—	6,85	—	10,38
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	—	100,00	—	100,00

D'après l'analyse élémentaire, on trouve les résultats suivants (Guide de la brasserie par Lintner, p. 165, d'après les essais de John):

	100 parties d'orge sèche.	99,0 parties d'orge trempée sèche.
Carbone	46,6	46,0
Hydrogène	7,1	6,3
Azote	2,5	2,6
Oxygène	41,4	42,0
Cendres	2,4	2,1
	<hr/>	<hr/>
	100,0	99,0
	<hr/>	<hr/>
	88,8 parties de malt vert sec :	Perte de l'orge transformée en malt :
Carbone	38,9	7,7
Hydrogène	5,5	1,6
Azote	2,5	0,0
Oxygène	39,8	1,6
Cendres	2,1	0,3
	<hr/>	<hr/>
	88,8	11,2

ÉTUDE PRATIQUE DE LA PRÉPARATION DU MALT.

L'auteur se propose de ne donner, dans ce chapitre, que des renseignements généraux sur la préparation du malt, ainsi que les

règles applicables dans tous les cas. Il serait, en effet, trop long d'indiquer ici les nombreuses modifications apportées par chaque distillateur dans la manière de malter, et il ne servirait à rien de reproduire les tours de mains auxquels arrivent les vieux praticiens, car ce n'est pas par les livres, mais seulement par la pratique, qu'on peut les acquérir.

I. — RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR LE MALTAGE.

1. *Composition des germes du malt.*

On obtient, par 100 parties d'orge sèche, 4,5 à 5,0 parties de germes séchés à l'air qui contiennent :

Eau.....	10,1
Cendres.....	7,2
Matières protéiques.....	17,6
Cellulose.....	14,3
Matières extractives non azotées.....	43,0
Matières grasses.....	2,1
Amides (Asparagine).....	5,7
	100,0

2. *Composition du malt vert contenant les germes et du malt sec débarrassé des germes.*

	Malt vert avec les germes.		Malt sec sans les germes	
	humide.	sec.	naturel.	sec.
Eau.....	47,5	—	7,5	—
Cendres.....	1,7	3,24	2,3	2,49
Matières protéiques.....	6,5	12,38	9,4	10,16
Cellulose.....	4,3	8,19	8,7	9,40 (?)
Matières extractives non azotées.	38,5	73,33	69,8	75,46
Matières grasses.....	1,5	2,86	2,3	2,49
	100,0	100,00	100,0	100,00

3. Composition des cendres avant et après maltage
(d'après Schneider).

	Orge.	Malt d'orge.	Seigle.	Malt de seigle.	Froment.	Malt de froment.	Avoine.	Malt d'avoine.
100 parties de matières sèches contenaient en cendres.....	2,95	2,61	2,73	2,31	1,94	1,41	2,41	2,14
Dans 100 parties de cendres :								
Potasse.....	16,4	14,4	13,4	12,5	15,3	14,2	16,7	17,4
Soude.....	6,3	4,9	5,7	4,9	5,2	4,8	7,8	6,2
Chaux.....	4,5	5,0	3,2	5,8	3,1	6,3	5,9	8,2
Magnésie.....	7,7	8,3	6,4	8,3	6,4	8,4	7,2	8,4
Oxyde de fer.....	0,9	1,4	0,7	1,5	0,6	1,2	0,9	1,0
Acide phosphorique..	36,9	31,2	37,8	33,1	42,4	36,5	29,4	27,8
Acide sulfurique.....	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	1,0	1,4	1,2
Silice soluble.....	23,2	23,4	22,3	21,3	19,4	19,2	20,2	19,3
» insoluble.....	8,4	9,3	7,8	9,4	5,2	7,3	8,4	8,7
Chlore.....	1,2	0,8	1,3	1,8	1,3	1,1	2,1	1,8
	107,0 (?)	100,0	100,0	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0

4. Teneur en eau de l'orge et du malt.

D'après John :

	I.	II.
Orge.....	11,7 %	12,6 %
Orge trempée.....	44,2	42,7
Malt vert.....	44,9	42,6
Malt séché à l'air.....	12,0	11,2
Malt sec (70° C.).....	—	5,2
» (115-120°).....	—	4,4

D'après Stein :

Orge.....	10,32	14,75 %
Malt vert.....	45,39	50,80
Malt séché à l'air.....	11,34	12,25
Malt sec.....	10,33 (?)	10,51

D'après W. Schulze (Bayr. Bierbrauer 1879, p. 81) :

Orge.....	14,9	% d'eau	
Orge trempée.....	40,3	»	
Malt vert.....	39,9	»	
Malt du plateau supérieur d'une touraille à 2 plateaux après 8 heures de dessi- cation.....	6,5	»	avec les germes.
Malt sec du plateau inférieur après 8 autres heures de dessiccation (tem- pérature 73° C.).	1,7	»	avec les germes.
Malt sec du plateau inférieur, etc., etc.	1,6	»	sans les germes.

5. Rendement de l'orge en malt :

			Moyennes.
100 kilos d'orge donnent.....	130 à 150	kilos de malt vert.....	140
(Renseignements pratiques) ...	90 à 92	» » séché à l'air..	91
	80 à 84	» » sec.....	82
100 kilos de seigle donnent...	140	kilos de malt vert et 90 kilos de malt sec.	

Le rendement de l'orge en malt est cependant variable, comme le montrent les résultats suivants :

Schwarzwæller (Spiritus fabrikation 4^{me} édition 1874, p. 57) :

100 kilos d'orge donnent	135	kilos de malt vert et 84 kilos de malt sec.			
100	»	150	»	80	»

Gumbinner (Spiritus fabrication 1875, p. 46) ;

100 kilos d'orge donnent 160 kilos de malt vert et 80 kilos de malt sec.

Kærte (d'après Lüdersdorff-Pistorius) :

100 kilos d'orge =	150	kilos de malt vert.		
100	»	= 92	»	séché à l'air.
100	»	= 80	»	sec.

Lüdersdorff :

100 kilos de seigle =	149	kilos de malt vert.			
100	»	= 84	»	sec.	
100	»	froment =	151	»	vert.
100	»	=	85	»	sec.

Otto :

100 kilos d'orge. = 150 kilos de malt vert.
100 " = 80 " sec.

D'après ces divers résultats, l'auteur pense pouvoir adopter les rendements suivants :

100 parties d'orge donnent 140—145 parties de malt vert.
100 " " 90—95 " séché à l'air.
100 " " 80—82 " sec.

6. Poids d'un hectolitre d'orge.

E. de Wolff :

Orge à deux rangs (1)..... 70 kilos
Orge à quatre rangs..... 65 »
Orge d'hiver..... 64 -

Deuringer :

Orge d'une année favorable..... 70,56 kilos
" moyenne..... 68,04 »
" mauvaise..... 65,52 »
Poids minimum..... 55,44 »

W. Schultze :

Poids minimum..... 60—64 kilos
" moyen..... 64—66 »
" supérieur..... 66—71 »
" maximum (très rare)..... 75 »

Stein :

Orge lourde..... 67,5 kilos.
" légère..... 58,7 »

(1) Orge à deux grains à la maille.

7. Table donnant le rapport entre le volume et le poids des grains et du malt correspondant.

ORGE.	1 hl. 63,5 à 64 kgr.	SEIGLE.	1 hl. 70 à 72 kgr.
1 hl. d'orge, pesant 63,5 à 64 kgr, possède une proportion d'eau de.....	7 kg.	1 hl. de seigle contient une proportion d'eau de.....	8 kg.
Après trempage, le volume a augmenté et 1 hl. d'orge donne en orge trempée ...	1,475 hl.	1 hl. seigle donne en seigle trempé.....	1,625 hl.
Le poids de l'orge trempée correspondant à 1 hl. d'orge non trempée est de	98,10 kg.	Dont le poids est de.....	101,33 kg.
Lorsque les radicules ont une longueur égale à 1/2 fois celle du grain, on a par hectolitre d'orge sous forme de malt vert.....	2,1875 hl.	1 hl. de seigle donne en malt vert, lorsque les radicules ont atteint 1 1/2 fois la longueur du grain.....	2,8125 hl.
Pesant.....	98 kg.	Pesant.....	100,37 kg.
1 hl. de malt vert pèse.....	44,925 kg	1 hl. de malt vert pèse.....	36,015 kg.
1 hl. d'orge donne en malt sec.....	57,05 kg.	1 hl. de seigle donne en malt sec.....	57,445 kg.
Le malt sec correspondant à 1 hl. d'orge perd par la séparation des germes.....	0,91 kg.	Le malt sec provenant de 1 hl. de seigle perd par la séparation des germes.....	0,558 kg.
1 hl. d'orge donne en malt sec séparé des germes.....	56,147 kg.	1 hl. de seigle donne en malt sec séparé des germes.....	56,875 kg.
1 hl. d'orge donne en malt sec.....	1,0875 hl.	Et en volume	1,0937 hl.
1 hl. de malt sec pèse.....	45,25 kg.	1 hl. de malt sec pèse.....	51,92 kg.

II. — DES DIMENSIONS DES CAVES DE MALTERIE.

Les caves constituent, en général, le point faible de toutes les installations de distillerie. Il est, en effet, bien rare de rencontrer

des caves installées de telle façon que le distillateur puisse produire régulièrement son malt, suivant ses besoins, sans tenir compte de la température extérieure. Cette installation des caves est cependant très-importante, et on ne saurait trop s'en préoccuper; la bonne qualité du malt obtenu est la meilleure garantie du travail ultérieur, car il est impossible de détruire les mauvais ferments développés dans le malt qui a été produit dans de mauvaises conditions.

Lorsque les dimensions des caves sont trop petites, on est forcé d'activer la germination, de mettre l'orge en tas élevés, et il s'en suit une production de diastase insuffisante et la formation de moisissures et de bactéries qui nuisent à la levure pendant la fermentation.

La conduite lente et à basse température est une condition essentielle pour obtenir une bonne germination; on ne doit guère dépasser 20° C., et les distillateurs doivent bien se convaincre que le malt ne doit pas seulement être énergique, c'est-à-dire renfermer une forte proportion de diastase, mais avant tout être *sain*, ce qui veut dire exempt de tout ferment.

Souvent, les mauvais résultats obtenus dans les distilleries proviennent de la mauvaise installation des caves, et il est indispensable, pour obtenir un bon malt, de conduire la germination à basse température. Dans presque toutes les usines, on surveille maintenant les températures de la saccharification, de la préparation du levain, de la fermentation, etc., etc., tandis qu'on n'observe que rarement la température de la germination. On devrait cependant noter dans le bulletin journalier de l'usine les diverses températures observées pendant la germination. La table de la page 316 donne les différentes températures pendant une germination normale. Elle est extraite d'un ouvrage de Stenglein sur la grandeur des caves de malterie employées en distillerie (*Zeitschrift für Spiritus industrie*, 1882, p. 389).

Pour calculer la surface de la cave de malterie, il est indispensable de connaître les éléments suivants :

1. *De la quantité de malt nécessaire pour la distillerie.*

On peut admettre que par 100 kilogrammes de pommes de terre

il faut employer 6 kilos de malt, y compris celui qui est nécessaire pour la préparation de la levure. Comme par 100 litres d'encuvage on emploie 75 kilos de pommes de terre, il faudra donc, par chaque hectolitre de capacité des cuves à fermentation, 4 1/2 kilos de malt.

2. *Quel est le volume occupé par 100 kilos d'orge transformée en malt ?*

Les résultats sont très-variables. (*Stenglein*, Zeitschrift für Spiritusindustrie 1882, p. 392). On peut cependant admettre que 100 kilos d'orge donnent environ 350 litres de malt.

3. *Quelle quantité de malt doit-on préparer par opération ?*

Stenglein recommande de préparer, à chaque opération de maltage, la quantité de malt nécessaire pour le travail de 2 jours. Il ne faut jamais employer une partie de malt d'un lot ancien et l'autre partie d'un nouveau lot. Ainsi, pour une usine saccharifiant 5000 kilos de pommes de terre par opération et faisant 4 saccharifications par jour, on emploiera journallement 1200 kilos de malt, et on s'arrangera pour malter 2400 kilos par chaque opération.

4. *De l'épaisseur à donner aux couches de malt.*

On doit se baser sur une hauteur inférieure à celle qu'on suppose devoir adopter dans des conditions de température défavorables. Lors des essais de Stenglein, dont nous parlons plus loin, il a été reconnu qu'il était nécessaire de maintenir la couche de malt, à la fin de la germination, à 6 cm. de hauteur, pour une température maxima dans la cave de 16° C. On fera donc bien, lorsqu'on voudra calculer la surface nécessaire des caves, de ne compter que sur une hauteur de 5 cm.

5. *De la durée de la germination.*

Quoiqu'il soit nécessaire de conduire la germination lentement

et à basse température, on ne laisse guère le malt en cave plus de 4 jours. Sans cela, l'installation de cette dernière deviendrait trop coûteuse, un temps plus long nécessitant naturellement une cave plus grande.

6. *Quel doit être le nombre de tas en germination, lorsque cette dernière se fait en 4, 6, etc. jours.*

Pour une germination de 4 jours, il faut 3 couches,

»	6	»	4	»
»	8	»	5	»
»	10	»	6	»

7. *1 hectolitre d'orge pèse en moyenne 64 kilos.*

8. *100 kilos d'orge donnent en moyenne 140-145 kilos de malt vert.*

Lorsqu'on veut calculer la surface de la cave, il est bon d'admettre que 100 kilos d'orge donnent 150 kilos de malt vert.

9. *On doit déduire de la surface totale de la cave 25 % pour les passages.*

Nous allons donner maintenant un exemple de la méthode employée pour calculer la surface à donner à la cave, en se basant sur les résultats ci-dessus.

Soit une capacité des cuves à fermentation de 3000 litres, et admettons qu'une seule saccharification se fasse par jour, il faudra employer $\frac{3000}{100} \times 4,5 = 135$ kilos de malt vert; or, d'après Schwarzwæller, 100 kilogr. d'orge donnent 348 litres de malt dont le poids est de 150 kilos, de sorte que les 135 kilos de malt occuperont $348 \times \frac{135}{150} = 313,2$ litres. Nous avons vu

plus haut que l'épaisseur de la couche de malt devait être de 5 cm.,

la surface sera donc de $\frac{318,2}{0,5} = 626,4$ dcm. carrés = 6,264 mètres

carrés. Si nous supposons maintenant que nous produirons la germination en 4 jours, on devra faire 3 couches dans la cave et la surface qu'elles occuperont sera de 18,792 mètres carrés. Il reste enfin à ajouter 25 % = 4,698 mètres carrés pour les passages, et la surface totale de la cave sera de 23,490 mètres carrés.

Stenglein a établi d'une façon analogue une table qui peut servir de règle pour l'établissement des caves de malterie.

Table de Stenglein donnant les dimensions des caves de malterie.

100 kilos d'orge — 348 litres de malt.

Par capacité des cuves à fermentation de litres.....	500	1000	2000	3000	4000
Malt nécessaire pour une saccharification en kilos.....	22,5	45	90	135	180

Surface de la cave en mètres carrés pour des tas de malt de 5 cm. de hauteur et une durée du maltage de 4 jours :

Une seule saccharification par jour.....	3,915	7,830	12,528	23,490	31,320
Deux saccharifications par jour.....	7,832	15,660	31,320	46,980	62,640
Trois »	11,747	23,490	46,980	40,470	93,960
Quatre »	15,660	31,320	62,640	93,960	125,280
Cinq »	19,575	39,150	78,300	117,450	156,600

Voici une autre table de Stenglein donnant les dimensions des caves lorsque le temps du maltage varie.

Dimensions de la cave pour 3000 litres de capacité d'eneuvage pour des durées variables du maltage.

Durée du maltage en jours :	4	6	8	10
Une seule saccharification par jour.	23,490	31,320	39,150	46,980
Deux saccharifications » .	46,980	62,640	78,300	93,960
Trois » » .	70,470	93,960	147,450	138,940
Quatre » » .	93,960	125,280	156,600	187,920
Cinq » .	117,450	156,600	195,750	234,900

TABLE DE STENGLIN SUR LA GERMINATION NORMALE.

OBSERVATIONS				COUCHES DE MALT				GERMINATION		
Dates.	Moment du jour,	Heures.	Minutes.	Température de la cave ° C.	Hauteur cm.	Température ° C.	PELLETAGES		Radicelles mm.	Germes mm.
							Moment du jour.	Heure.		
1	matin.	9	10	13,75	11	12,50	soir.	8 (1)	—	—
1	soir.	5	35	14,50	11	13,75	—	—	—	—
2	matin.	6	30	13,75	11	15,00	matin.	4	—	—
2	midi.	12	30	15,62	7	15,62	—	—	—	—
2	soir.	5	20	14,50	7	16,25	soir.	8	—	—
3	matin.	6	5	13,75	8	17,50	matin.	4	—	—
3	midi.	11	35	14,50	8	18,75	soir.	7	—	—
3	soir.	8	30	13,75	7	19,00	soir.	8	2	—
4	matin.	6	5	13,00	7	19,70	—	—	—	—
4	matin.	8	20	13,00	7	20,00	matin.	8	4	—
4	midi.	12	—	16,25	7	20,00	midi.	12	—	—
4	soir.	7	45	16,00	7	20,60	soir.	7	7	—
5	matin.	5	45	15,00	7	20,00	matin.	4	8	—
5	matin.	8	20	15,00	7	20,00	matin.	4	—	—
5	midi.	12	—	15,00	7	20,00	—	—	—	—
5	soir.	8	20	15,50	6	20,00	soir.	7	10	2 (2)

(1) L'orge avait été soumise au trempage le 27 avril à 4 heures 45 du soir, la trempage avait duré jusqu'au 1^{er} mai à 6 heures du matin. L'orge trempée était restée en tas, affectant la forme d'une pyramide, de 6 heures 30 du matin à 9 heures 30, et sa température avait monté de 10° à 12° C. La température de l'eau ayant servi au trempage était de 10° C. 1 hectolitre d'orge pesait 61,75 kgr.

(2) On a arrêté à ce moment la germination, et le malt a été mis en œuvre le lendemain matin.

III. — DE LA MEILLEURE DISPOSITION DES CAVES.

Stenglein (*Zeitschrift für Spiritusindustrie*) conseille d'établir les caves à une profondeur de 1 1/2 à 2 1/2 mètres au-dessous du niveau du sol, afin de les soustraire aux variations de température de l'atmosphère. Lorsque la malterie est installée au-dessus du sol, il est nécessaire de donner aux murs une grande épaisseur et d'installer des portes et des fenêtres doubles.

Pendant la germination, il se produit un dégagement considérable d'acide carbonique qu'on ne peut enlever que par une bonne ventilation ; l'aération des caves est, par suite, une question de grande importance. On ne devra pas employer de bois pour l'établissement des caves, car celui-ci pourrirait trop vite ; on recourra au fer et à la maçonnerie. L'aire de la cave doit être très soignée, et faite avec des matériaux spéciaux tels que des ardoises (*Sohlenhoferplatten*) qui, jusqu'à présent, ont donné les meilleurs résultats. On rencontre dans un grand nombre de distilleries des aires en briques ordinaires ; dans ce cas, il faut apporter les plus grands soins au cimentage des joints, afin qu'il ne puisse s'y loger des moisissures qu'il serait très-difficile d'enlever et qui infesteraient le malt. Dans ces derniers temps, on a fait des aires en asphalte qui se sont très bien comportées mais dont le prix est supérieur à celui des aires en maçonnerie.

On établit l'aire de la cave en posant les ardoises ou les briques sur une couche d'argile de 0,75 à 1 mètre d'épaisseur, et, afin d'assurer l'écoulement des eaux de lavage, on lui donne de la pente.

Les murs latéraux seront recouverts d'une couche de ciment jusqu'à 30 à 50 cm. de hauteur, afin de les préserver de l'humidité.

Maercker ajoute à ces renseignements de *Stenglein* que les dalles en grès dur donnent de bonnes aires, tandis que le grès tendre se creuse très-vite et donne une aire irrégulière, difficile à laver. A la distillerie d'Osmünde, on est très-satisfait du sol formé par une couche de ciment. Enfin les carreaux de terre fortement cuite conviennent également.

IV. — DE LA MATURITÉ DU MALT.

On ne peut juger de la maturité du malt, c'est-à-dire du moment où la proportion de diastase est la plus grande, que d'après le développement du germe.

L'auteur peut donner, sur cette question, les dessins schématiques d'un grain en germination.

Dans cette figure il faut voir :

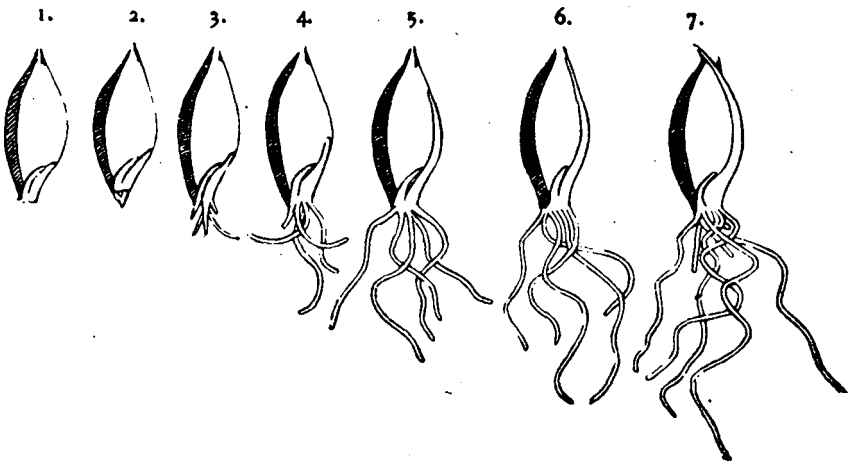


Fig. 42.

1. Le grain d'orge trempé, mais n'ayant pas encore germé ;
2. L'apparition des radicelles, aucune modification du germe ;
3. L'accroissement des radicelles, développement sensible du germe ;
4. La continuation du développement des radicelles et du germe ;
5. Le germe a les $\frac{3}{4}$ de la longueur du grain, et les radicelles $\frac{1}{2}$ fois cette longueur.

C'est à ce moment qu'il faut considérer le malt comme arrivé à maturité, et le mettre en œuvre.

6. Le germe a la longueur du grain, et les radicelles deux fois cette longueur.

Le malt est déjà trop avancé, mais néanmoins encore bon pour le travail.

7. Le germe sort du grain, les radicelles ont plus de deux fois la longueur du grain.

Le malt est alors mauvais, la proportion de diastase a rétrogradé; ce cas ne doit jamais se présenter.

V. — QUEL EST LE MALT LE PLUS ACTIF.

Il n'y a aucun doute sur cette question : l'orge maltée contient la plus grande quantité de diastase, et, quoiqu'il n'y ait pas de renseignements précis sur cette question, les résultats pratiques concordent tous avec cette affirmation. Il est, d'ailleurs, indiscutable que l'orge maltée seule permet d'obtenir un travail parfait.

On a quelquefois reconnu qu'il y avait avantage à remplacer une partie de l'orge maltée par du malt d'avoine ou de seigle; mais, dans la plupart des cas, c'est à une mauvaise préparation de l'orge qu'il faut attribuer l'insuccès. Il est certain qu'un bon malt d'avoine sera plus actif qu'un mauvais malt d'orge, soit que ce dernier ait été mal préparé, soit que l'orge ait été avariée.

Cependant, il peut y avoir intérêt à employer une partie d'avoine sous forme de malt si, par exemple, les conditions économiques sont plus favorables pour ce grain que pour l'orge; dans ce cas, on ne peut qu'approuver cette façon d'agir.

Lorsqu'on dispose de mauvais grains, on peut les employer pour la production de l'alcool, mais on doit toujours les rejeter pour la préparation du malt.

Les petits grains d'orge provenant du triage de l'orge Chevalier donnent un malt excellent. (Communication de Riebe de Trotha).

Le malt le plus actif après le malt d'orge paraît être celui d'avoine, puis viendrait le malt de seigle; cependant, un certain nombre de praticiens considèrent le malt de seigle comme étant plus efficace que celui d'avoine. Quant au malt de froment, les praticiens sont unanimes à reconnaître qu'il est le moins énergique, et que, par son emploi, les fermentations subissent facilement des perturbations.

VI. — LE MALT SEC EST-IL PLUS EFFICACE QUE LE MALT VERT ?

Le malt vert est beaucoup plus énergique que le malt sec et il est généralement admis que *une partie de malt vert produit le même effet qu'une partie égale de malt sec.*

Cette donnée peut être légèrement exagérée si le malt sec a été produit à très basse température, elle ne repose d'ailleurs que sur des résultats pratiques; néanmoins, l'action du malt vert est certainement bien supérieure à celle du malt sec, et toutes les distilleries bien dirigées se servent exclusivement de malt vert. Ce produit perdrait donc par la dessiccation environ la moitié de ses principes actifs, puisque 100 parties d'orge donnent

150 parties de malt vert et
80 " de malt sec.

Kjeldahl a fait des essais sur la variation du pouvoir diastasique du malt pendant la dessiccation et a toujours trouvé que celui-ci diminuait constamment :

	Matières sèches contenues dans le malt.	Pouvoir diastasique de la matière sèche.
Malt vert.....	56,5 %	100 %
12 heures de dessiccation jusqu'à 50° C.	69,5 »	88,2 »
12 " " 60°	92,9 »	78,3 »
12 " " 70°	96,6 »	52,9 »
12 " " 61°	95,7 »	45,2 »

Ainsi, par dessiccation à 70° C., l'efficacité du malt s'est trouvée diminuée de presque 50%, et, même à des températures plus basses, le malt a notablement souffert.

Il y a cependant certains cas où l'emploi du malt vert ne peut avoir lieu ; il peut, en effet, être impossible en été de maintenir la température des caves au-dessous de 16° à 20° C., et, par suite, de produire du malt vert de bonne qualité. Or, en été, le travail de la distillation est déjà par lui-même difficile à conduire, et il importe de n'employer que du malt absolument sain.

Aussi faudra-t-il employer du malt sec qui aura été produit dans des conditions de température favorables. De même, lorsqu'on veut fermenter à très-haute densité, ou lorsqu'on met en œuvre des

matières premières spéciales, telles que la mélasse, il faut employer du malt sec, car on ne pourrait produire un levain assez fort et concentré avec le malt vert.

Enfin, pour la fabrication de la levure pressée, les praticiens prétendent que l'emploi du malt vert ne donne pas de bons résultats, et, quoique plusieurs distillateurs aient protesté contre cette opinion, il faut reconnaître que jusqu'à présent l'emploi du malt sec pour la fabrication de la levure pressée est presque général.

A l'exception de ces quelques cas, il ne saurait y avoir de doute, et, en effet, toutes les autres distilleries ne consomment que du malt vert. Il nous sera donc permis de traiter brièvement la question de la dessiccation du malt.

VII. — DE LA CONSERVATION DU MALT.

On peut conserver le malt vert dans la cave pendant quelques jours, en le pelletant fréquemment de manière à mettre tous les grains en contact avec l'air frais, puis en l'étalant en couche mince. On obtient de la sorte, tant par le refroidissement que par la dessiccation, un arrêt dans la germination, et la diastase accumulée dans le grain s'y conserve jusqu'à ce qu'il se produise d'autres altérations.

Ces transformations sont causées par la formation de moisissures qui se présentent toujours, même sur le malt sain, et par la fermentation lactique, si nuisible dans le travail ultérieur.

Il s'en suit que la conservation du malt vert ne peut durer que quelques jours, et que pour obtenir du malt inaltérable pendant un temps plus long, il faut avoir recours à la dessiccation soit à l'air libre, soit à haute température.

VIII. — DE LA PRÉPARATION DU MALT SÉCHÉ A L'AIR.

On ne peut préparer cette qualité de malt que si la température extérieure est élevée et si l'humidité de l'air est faible. On étale le malt, en couche de 5 cm., dans un endroit chaud et bien aéré, et on lui fait subir un grand nombre de pelletages, environ 5 à 6 par jour. Il est utile d'avoir le sol percé de nombreuses ouvertures afin

d'obtenir une aération énergique et d'employer une ventilation artificielle.

Malgré cela, il faut beaucoup de soins et des conditions de température très favorables pour obtenir un bon malt.

IX. — DE LA PRÉPARATION DU MALT SEC.

Les séchoirs de malt employés par les distillateurs sont en général très simples.

Ce n'est que pour des cas exceptionnels qu'ils sont usités. Quant aux fabricants de levure, ils emploient des tourailles analogues à celles des brasseurs et qui sont décrites dans les livres traitant de la brasserie.

Voici la description d'un séchoir fréquemment employé par les distillateurs. (« Lehrbuch der rationellen Praxis der landwirthschaftlichen Gewerbe » par Otto) :

Le foyer est installé à l'étage inférieur et les gaz de la combustion montent par le canal *ab* et se distribuent sous la plaque portant le malt à sécher. La fig. 45 montre le parcours (*dd*) suivi par les gaz chauds qui s'échappent par la cheminée *c*.

La plaque du séchoir est formée d'une feuille de tôle percée de trous, ou d'une toile métallique à mailles très-serrées. Les ouvertures *o* permettent l'entrée de l'air au moyen duquel on règle la température. La porte *t* permet de retirer les germes et radicelles qui ont traversé la plaque ; elle sert aussi pour le nettoyage des conduits des gaz chauds.

Les gaz chauds des chaudières de la distillerie suffisent, en général, pour la dessiccation du malt, et, afin de les utiliser, on les conduit par la gaine *g* (fig. 44) dans la cheminée *a*.

La préparation du malt sec pour la distillerie diffère de celle du malt qui doit être employé pour la fabrication de la bière, car, dans ce dernier cas, on ne cherche pas seulement à conserver à la diastase sa plus grande efficacité, mais aussi à donner au malt un goût spécial qu'on n'obtient qu'à une haute température, en détruisant une notable partie de la diastase.

On doit au contraire, dans les distilleries, produire le malt sec à très-basse température, 45 à 50° C., et, dans tous les cas, ne pas

dépasser 50 à 56° C. Si le malt provient de grains avariés, on peut pousser la dessiccation jusqu'à 62 à 69° C, afin de détruire tous les ferments nuisibles qui pourraient s'y trouver. Le contrôle de la température, au moyen d'un thermomètre, est indispensable.

(*) En France, on emploie fréquemment, pour la dessiccation du malt, la touraille représentée par la figure 35*bis*; elle convient tout aussi bien pour la Brasserie que pour la Distillerie. Elle se compose d'un bâtiment carré ou rectangulaire assez élevé et couronné par une toiture à pans inclinés, terminée par un orifice d'aération combiné de manière à assurer un tirage énergique. A quelque distance au-dessous du toit, se trouve un plateau en treillis métallique destiné à recevoir le malt vert qu'il s'agit de dessécher, et, au-dessous de ce plateau, un plancher en maçonnerie percé d'une ouverture donnant accès au gaz du foyer et à l'air chaud. Enfin, sur le sol, se trouve l'appareil de chauffage entouré d'une double enveloppe en maçonnerie percée d'ouvertures munies de registres qui permettent de régler à volonté l'admission d'air froid. Les gaz du foyer, attirés par le tirage naturel de la touraille, montent directement au-dessous du treillis métallique, dans la chambre de chaleur; ils y rencontrent un plateau plein qui les empêche de frapper directement la toile métallique et les oblige à se répandre uniformément sous celle-ci avant de la traverser. — En même temps, le tirage de la touraille a pour effet de faire un appel d'air par les registres de l'enveloppe; cet air se mélange, pendant l'ascension, avec les produits de la combustion, et c'est, en réalité, ce mélange, dont on règle à volonté la température par la manœuvre des registres, qui opère la dessiccation. — La figure indique, comme appareil de chauffage, un foyer du système Perret, à prismes, exploité par la maison Paul Gaillet, de Lille. Ce foyer offre les avantages suivants: il est fumivore, qualité importante pour le séchage à feu direct; il consomme des combustibles pulvérulents, maigres, et d'un coût très minime, ce qui permet de réaliser la dessiccation avec une dépense peu importante; enfin, il se charge seulement une fois, ou au plus 2 fois, par 24 heures, par une manœuvre très simple, attendu que le combustible descend automatiquement entre les prismes au fur et à mesure que la combustion s'opère, et la température demeure régulière entre les chargements, de sorte que les coups de feu, qui sont si funestes pour le malt, sont radicalement évités.

(*) N. D. T.

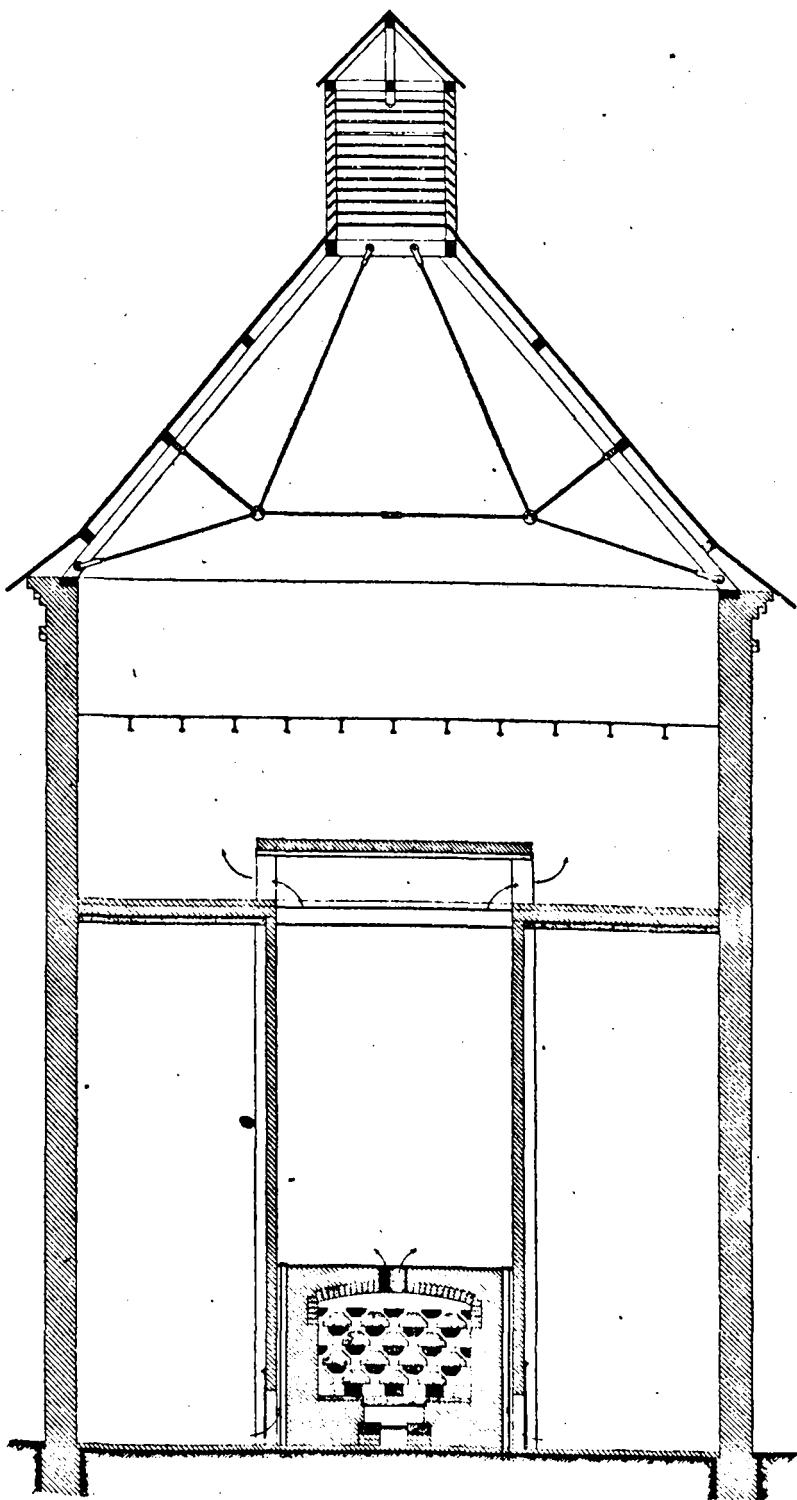


Fig. 43 bis.

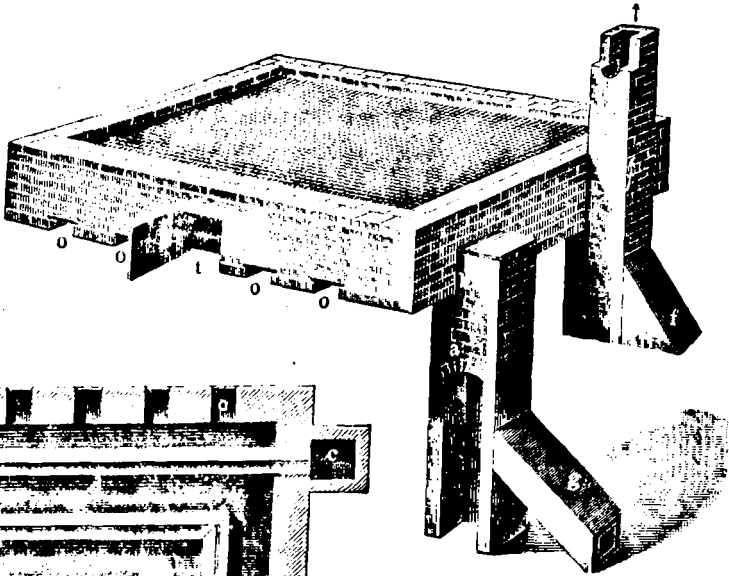


Fig. 44.

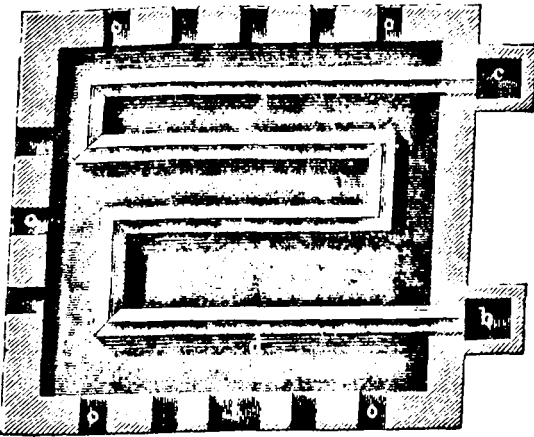


Fig. 45.

X. — DE L'EMPLOI DE DÉSINFECTANTS POUR LA CONSERVATION DU MALT.

Quoique cette question ait déjà été beaucoup étudiée, les distillateurs n'y ont guère attaché l'importance qu'elle mérite. Le cours normal de la fermentation dépend, en effet, de la nature du malt employé pour le levain, et Delbrück et ses élèves (Heinzelmann, *Zeitschrift für Spiritusindustrie* 1882, p. 458) ont toujours insisté sur cette provenance des ferments nuisibles, car, dans aucune des opérations auxquelles on soumet le malt pendant le cours du travail, la température n'est assez élevée pour détruire ces mauvais germes.

Il ne peut d'ailleurs être question de tuer les ferments par la chaleur, car la diastase disparaîtrait avant eux.

On n'est pas encore bien fixé sur la nature des ferments qui nuisent à la fermentation alcoolique ; mais on sait cependant que les distillateurs craignent surtout la formation de moisissures.

Parmi les différentes sortes de moisissures, on rencontre le plus fréquemment celle qui est connue sous le nom de *Penicillium glaucum*. On ne connaît pas l'influence réelle des moisissures ; il est même probable qu'elles n'ont pas une action nuisible directe, car elles ne rencontrent pas dans le moût en fermentation un milieu favorable à leur développement. Quelques-unes, cependant, peuvent se développer dans les liquides sucrés, par exemple le *mucor racemosus* qui donne naissance à de la levure sphérique qui, quoique plus faiblement que la levure normale, peut produire la fermentation. Néanmoins, la présence de ce ferment n'a jamais été constatée dans le levain ni dans les moûts fermentés, de sorte qu'on ne peut admettre que la levure normale se trouve influencée par lui ; on ne pourrait donc tout au plus expliquer le dommage causé par les moisissures qu'en admettant qu'elles exercent une action nuisible sur la diastase.

Il est beaucoup plus naturel d'envisager l'action des moisissures à un autre point de vue. On sait, en effet, avec certitude, que la fermentation alcoolique est fortement gênée par les champignons de l'espèce des bactéries affectant la forme de bâtons ou de sphères, et les expériences classiques de Hansen, au laboratoire de Carlsberg, ont complètement confirmé ce résultat. Or, les conditions dans lesquelles se produisent les moisissures sont également très-favorables au développement des bactéries, et le malt moisi contient toujours une très-grande quantité de ces ferments. Il est facile de s'en convaincre en examinant au microscope une goutte d'eau provenant du lavage de malt moisi. Il en résulte que les moisissures du malt ne sont sans doute pas nuisibles par elles-mêmes, mais qu'elles doivent être considérées comme l'indice de la présence de bactéries dont l'action nuisible sur la fermentation alcoolique est très-grande. Il faut donc combattre énergiquement la formation des moisissures, car si on arrive à s'en rendre maître on pourra être certain d'avoir détruit également les bactéries. Il est bon, d'ailleurs, de remarquer ici que l'étude des diverses questions con-

cernant la distillation ne doit pas seulement être envisagée au point de vue chimique, car l'explication du développement des ferments accessoires ne peut être donnée que par leur étude physiologique, sur l'importance de laquelle *Orth* a déjà insisté lors de la réunion des distillateurs allemands en 1879.

Parmi les moyens employés pour la désinfection et la conservation du malt, on peut citer, d'abord, le soufrage, recommandé par *Avenarius*. On n'a pas encore démontré par des essais exacts que par le simple soufrage on détruisait sûrement les ferments nuisibles; mais les résultats pratiques permettent cependant d'affirmer que ce soufrage n'est pas sans action. Le soufrage est très-simple à exécuter partout où il y a un séchoir; il suffit de brûler du soufre en-dessous du plateau et de pelleter fréquemment la couche de malt.

Maercker n'indique pas à quel moment le soufrage doit être arrêté. La diastase ne paraît pas être influencée par l'acide sulfureux; quoique ce corps soit capable de nuire à la diastase, il est probable qu'il ne pénètre pas dans le grain pendant la courte durée de l'opération. Si l'action de l'acide sulfureux est réellement favorable, comme on paraît le croire, il y aurait tout intérêt à employer les sulfites acides de chaux qui permettraient d'opérer sûrement en se servant de bains dont la richesse serait connue et en agissant pendant un temps bien déterminé. Le mode de procéder pourrait être réglé comme suit: le malt, peu de temps avant sa mise en œuvre, serait versé dans une cuve contenant de l'eau chargée de 1 à 2 % de sulfite de chaux; après quelque temps, on soutirerait l'eau chargée de sulfite qu'on pourrait probablement employer à nouveau, puis on rincerait le malt avec de l'eau pure. On pourrait aussi arroser le malt avec de l'eau chargée de sulfite, on le soumettrait ensuite à plusieurs pelletages et finalement on rincerait avec de l'eau pure.

Le phénol a aussi été recommandé; mais il doit être rejeté, car l'alcool s'en ressent et possède un goût et une odeur qui nuiraient à sa qualité. L'acide salicylique pourrait être employé avec avantage; *Heinzelmann* (*Zeitschrift für Spiritusindustrie*, 1882, p. 458), a, en effet, reconnu que ce produit détruisait beaucoup plus facilement les bactéries que la levure, et, par une petite addition d'acide salicylique, il est arrivé à augmenter considérablement le pouvoir fermentescible de la levure tout en diminuant la formation d'acides.

D'après Heinzelmann, on peut ajouter à 1 litre de moût 0,1 gr. d'acide salicylique sans nuire à la levure, ce qui permettrait d'employer 20 gr. de ce produit par 100 kilos de malt vert. La manière d'opérer pourrait être analogue à celle que nous avons indiquée ci-dessus pour le sulfite acide de chaux.

Enfin, pour terminer ce chapitre, nous dirons encore que la distillerie de Trotha a obtenu d'excellents résultats par l'emploi d'un système rationnel de nettoyage du malt; mais, les essais n'étant pas encore terminés, nous devons attendre la prochaine publication du procédé de *Riebe* sur le nettoyage du malt.

XI. — DU MALTAGE MÉCANIQUE.

Le maltage mécanique, c'est-à-dire la préparation du malt au moyen d'appareils de germination spéciaux, n'a pas encore été appliqué dans les distilleries; par contre, ce système tend de plus en plus à être introduit dans les brasseries.

Ces appareils sont mûs mécaniquement; ils permettent de régler la température, l'arrivée de l'air, et économisent la main-d'œuvre en supprimant les pelletages à la main.

Les distilleries n'emploient généralement pas assez de malt pour adopter avantageusement, le maltage mécanique; quelques fabriques de levures, seules, emploient ce système.

QUELLES CONCLUSIONS PRATIQUES PEUT-ON TIRER DE L'ÉTUDE PRÉCÉDENTE?

I. — *Pour la préparation d'un bon malt, il faut de l'eau d'une composition appropriée.*

L'eau doit être pure et ne pas contenir de matières organiques en putréfaction, car ce phénomène se reporterait sur les grains en germination.

L'eau ferrugineuse doit aussi être rejetée; mais les eaux calcaires conviennent parfaitement, surtout lorsque leur dureté est due à du sulfate de chaux.

L'eau dure est même préférable à l'eau douce, à cause de la conservation de l'acide phosphorique, et, dans des cas douteux, il

faut débarrasser l'eau des matières organiques en lui appliquant un système rationnel d'épuration.

En général, une eau considérée comme bonne pour les usages domestiques peut être employée pour la préparation du malt.

II. — *L'orge ou les autres grains que l'on veut soumettre à la germination doivent être bien nettoyés avant de subir la trempé.*

Les grains sont toujours recouverts de ferments très-nombreux, parmi lesquels on rencontre toujours le ferment lactique et d'autres sortes de bactéries ; ils existent, d'ailleurs, en quantité supérieure dans la poussière du grain, et, afin d'empêcher leur développement dans le malt, il est de la plus haute importance de soumettre les grains à l'action d'une machine qui les débarrasse de la poussière. Après ce premier nettoyage, il est bon de rincer les grains avec de l'eau afin d'enlever les ferments qui les recouvrent. Pour opérer convenablement ce rinçage, il faut faire entrer l'eau par la partie inférieure du bac de trempage contenant les grains et la faire traverser ceux-ci avec une grande vitesse, afin que les impuretés soient entraînées.

III. — *L'orge fraîche, encore humide, doit être bien surveillée pendant la trempé, car cette opération se fait très rapidement ; de plus, la germination est, dans ce cas, irrégulière et ne donne pas un bon malt. Lorsque cela sera possible, on s'abstiendra donc de malter de l'orge fraîche.*

IV. — *Comme la durée de la trempé dépend de la nature de l'enveloppe du grain, il ne faut jamais malter un mélange de diverses orges dont les unes seraient à peau fine et les autres à peau dure.*

V. — *L'absorption d'eau pendant la trempé est plus rapide à chaud qu'à froid.*

Cette opération se fait souvent, en été, en 1 1/2 à 2 jours, tandis qu'en hiver elle dure 5 à 6 jours. Ce n'est pas, d'ailleurs, un avantage que de tremper à une température élevée, car, si on gagne du temps, en revanche, on facilite le développement des ferments nuisibles. Une durée de la trempé de 2 à 3 jours est considérée comme la plus favorable.

La durée de la trempe est plus courte pour les grains exempts de balles, tels que le seigle et le froment, que pour l'orge ou l'avoine.

VI. — *La cuve de trempage doit être construite en matériaux non poreux* afin qu'il n'y pénètre pas de l'eau chargée de produits fermentescibles ; on doit aussi la conserver dans un état de propreté absolue.

VII. — *L'emploi de produits désinfectants pendant l'opération de la trempe n'est pas nécessaire lorsque ce phénomène se produit dans des conditions normales ; par contre, il est bon d'en faire usage si l'eau employée est mauvaise, ou si la disposition des caves à malt est favorable au développement des ferments.*

L'emploi de désinfectants ne saurait dispenser de nettoyer et de rincer à l'eau les grains soumis au trempage, ainsi qu'à observer la plus grande propreté pendant toutes les opérations du maltage. Cet emploi de désinfectants doit surtout être conseillé lorsque l'orge a déjà germé sur le champ ou lorsqu'elle a subi plusieurs pluies.

Les meilleurs désinfectants sont :

- a) *L'eau de chaux ;*
- b) *Le sulfite acide de chaux ;*
- c) *L'acide salicylique.*

Le phénol, précédemment recommandé, doit être rejeté.

Le produit le plus convenable pour la désinfection du sol et des murs des caves est, sans contredit, le sulfite de chaux.

VIII. — *Le contact de l'orge soumise à la trempe et de l'air paraît être favorable à la germination ultérieure.*

IX. — *La cave doit être construite et entretenue de manière que les ferments qui pourraient engendrer des moisissures, des pourritures, etc.. etc.. ne puissent s'y développer.*

Le sol doit être construit en matériaux non poreux, tels que l'ardoise, le ciment, l'asphalte, etc., et on doit rejeter les pierres poreuses telles que la brique ; de plus, les joints devront toujours être cimentés. Les murs et le plafond ne devront pas être enduits de mortier à la chaux, car la chaux, bientôt saturée par l'acide arbonique, retient l'humidité et présente un milieu excessivement

favorable au développement des ferments. Les badigeonnages à la chaux vive sont également mauvais, car, quoique la chaux vive détruit les ferments, elle ne tarde pas à se carbonater, grâce à l'acide carbonique que dégage la germination, et plus les badigeonnages sont fréquents, plus la couche de carbonate de chaux augmente en donnant un terrain de plus en plus favorable au développement des ferments nuisibles. On devra donc faire les murs soit en ciment, soit en briques vernies, et, au besoin, employer le mortier à la chaux en ayant soin de donner à ce dernier enduit une double couche de peinture à l'huile qui le rendra imperméable et permettra de le laver à l'eau.

Ce dernier procédé, très facile à exécuter, mérite une attention toute particulière.

Dans tous les cas, l'enduit des murs doit être cimenté jusqu'à une hauteur de 1 mètre à partir du sol.

Les tâches de moisissures ne devraient jamais exister dans les caves à malt, car, avec quelques soins, il est très facile de les éviter.

On constate fréquemment que les tâches de moisissures qui se produisent sur le malt ont été causées par des nids de ferments existant sur la voûte de la cave et placés précisément au-dessus de la partie du malt qui a été atteinte.

On reconnaît facilement le malt produit dans de bonnes conditions en examinant la surface des grains brisés qu'on rencontre toujours dans l'orge et surtout dans celle qui a passé par une batteuse ; ces surfaces présentent un terrain très-favorable au développement des moisissures, et, lorsqu'elles en sont exemptes, on peut considérer le malt comme provenant d'une germination parfaite. Lorsque le développement des radicelles a été trop avancé, on est exposé à faire erreur et à considérer celles-ci comme étant des moisissures.

X. — *La température de la cave ne doit pas être inférieure à 10 — 12°,5 C., et ne doit pas dépasser de beaucoup 15° C. Elle doit d'ailleurs être constante.*

XI. — *Les conditions à réaliser pour obtenir la plus grande quantité de diastase ne correspondent pas avec celles qui produisent la germination la plus rapide et la plus énergique.*

Ainsi on a reconnu qu'à de basses températures la germination était ralentie, mais que la formation de diastase était considéra-

blement favorisée ; c'est pour cette raison qu'on maintient la température au dessous de 31° C, température qui est la plus favorable pour la germination des grains, et que l'on préfère la régler de manière à ce qu'elle ne devienne pas inférieure à 17°, 5, ni supérieure à 20° C.

On a reconnu que les conditions favorables à la germination et à la formation de diastase étaient les suivantes :

a) *L'air chargé d'une certaine proportion d'eau*, car il s'oppose à la dessiccation du grain soumis à la germination. Pour cette raison, il ne faut pas ventiler trop fortement la cave.

b) *L'accumulation de l'acide carbonique produit par la germination est nuisible à ce phénomène.*

On ne peut donc se dispenser de renouveler l'air de la cave ; mais, dans le cas d'une ventilation artificielle, il faudra tenir compte de l'observation ci-dessus (a) et aussi de ce fait qu'en hiver la température pourrait être trop abaissée et subir de grandes variations. Les caves élevées et de grandes dimensions n'exigent souvent pas de ventilation artificielle. La proposition d'absorber l'acide carbonique par de la chaux éteinte doit être rejetée.

XII. — *La germination doit être comparée à un phénomène d'oxydation ou de combustion, tant pour les produits qui en résultent (acide carbonique et eau) qu'à cause du dégagement de chaleur qui se manifeste.*

On doit donc observer comme conditions fondamentales de la germination :

a) La présence d'une certaine quantité de chaleur (voir plus haut);

b) L'arrivée d'oxygène ; cette dernière condition se trouve réalisée par le renouvellement de l'air et coïncide, d'ailleurs, avec l'enlèvement de l'acide carbonique.

XIII. — *La combustion, qui se produit pendant la germination, se reporte principalement sur l'amidon du grain qui disparaît en partie (env. 5 pour cent).*

La perte de produits fermentescibles est donc inévitable et on a

reconnu que la quantité d'amidon détruit est plus faible lorsque la germination se fait à basse température.

XIV. — *Par suite de la combustion de l'amidon, le dégagement de la chaleur est tel que la température du malt peut dépasser de beaucoup celle de l'air ambiant.*

Lorsque la chaleur dégagée pendant la germination ne peut se perdre par rayonnement, (comme, par exemple, lorsque le malt est en gros tas) la température du malt peut dépasser la température maxima de germination et le malt « se consume » ; mais, déjà bien en dessous de ce point, la formation de la diastase se trouve diminuée.

La base de la préparation rationnelle du malt consiste donc à conserver une température convenable (17°,5 à 20° C.)

XV. — *Pour donner aux grains, au début de la germination, la chaleur qu'ils exigent, il convient de les placer en tas élevés et terminés en pointe, afin de diminuer la perte par rayonnement. Lorsque la température s'élève, il faut diminuer graduellement l'épaisseur de la couche afin de maintenir la température dans les limites les plus favorables.*

XVI. — *Une germination lente est favorable au développement de la diastase.*

Ce résultat s'obtient en ne laissant, dans aucun cas, la température dépasser 20° C. Pour une température de la cave de 15° C. et pour une germination de 4 jours, on commencera par des couches de 11 à 12 cm., qu'on réduira ensuite à 6-7 cm. Une germination durant 4 jours est parfaitement suffisante pour produire un bon malt.

XVII. — *La maturité du malt est atteinte lorsque le germe a les $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ de la longueur du grain ; lorsqu'il en est ainsi, les radicelles mesurent environ 1 $\frac{1}{2}$ fois cette longueur.*

Lorsque le germe sort du grain, la teneur en diastase diminue rapidement. On ne doit donc jamais pousser la germination aussi loin.

XVIII. — *La lumière paraît n'exercer aucune influence sur la germination de l'orge ou de l'avoine, car le germe reste en-dessous de leur*

écorce; il n'en est probablement pas de même pour le seigle et le froment, car, lors de la germination de ces grains, le germe sort presque en même temps que les radicules.

XIX. — *La majeure partie de la diastase se trouve dans la partie farineuse du grain.*

Le germe ne contient pas trace de ce ferment; par contre, il s'en rencontre une faible quantité dans les radicules.

XX. — *Le malt vert possède un pouvoir saccharificateur plus intense que le malt sec.*

Il est probable qu'à poids égaux le malt vert et le malt sec peuvent transformer la même quantité d'amidon; il s'en suit que le pouvoir saccharificateur du malt vert rapporté à la matière sèche est double de celui du malt sec.

XXI. — *Le meilleur malt est celui provenant de l'orge.*

L'avoine et le seigle donnent aussi un bon malt; cependant, ce dernier paraît favoriser la fermentation acide des moûts. Le malt de froment n'a qu'une faible valeur.

XXII. — *Le nettoyage et la désinfection du malt de mauvaise qualité, au moyen du sulfite acide de chaux, de l'acide salicylique, etc., sont des opérations indispensables. Il est même probable qu'il y aurait intérêt à les pratiquer sur les malts sains.*

XXIII. — *Le séchage du malt de distillerie doit se faire, pour les malts sains, à basse température : 50° C.*

DE LA QUANTITÉ DE MALT NÉCESSAIRE POUR LE TRAVAIL DE LA DISTILLERIE.

La quantité de malt employé pour le travail de la distillerie était auparavant non seulement très-élevée, mais aussi très-variable; voici quelques renseignements recueillis par Maercker pour les années 1872-1875 :

(150 kilos de malt vert = 100 kilos d'orge).

Par 100 kilos de pommes de terre, on employait :

	MALT VERT			
	pour la saccharification.	pour le levain.	total.	orge.
OTTERVISCH, procédé Henze.	4,8	1,8	6,6	4,4
BELGERSHAIN, " BOHM.	4,3	2,8	7,1	4,7
TROTHA, " Hollefreund (1875)	5,0	2,8	7,8	5,2
MOCKERN, " Ancien (1875)	7,1	2,0	9,1	6,0
HOHENZIATZ, " "	6,2	2,8	9,0	6,0
RODERHOF, " Henze.	6,6	2,7	9,3	6,2
KLEINHOF, " BOHM.	6,4	3,2	9,6	6,4
NEDLITZ, " Ancien.	6,0	3,7	9,7	6,5
KÆTSCHAU, " BOHM.	6,2	3,7	9,9	6,6
ZABITZ, " Hollefreund	6,3	3,6	9,9	6,6
TROTHA, " " (1874)..	6,7	3,5	10,2	6,8
SALZMUNDE, " "	6,0	4,4	10,4	7,0
TROTHA, " " (1872)..	8,1	3,5	11,6	7,7
ÉMERSLEBEN. " Henze.	9,5	3,2	12,7	8,5

La quantité de malt employé pour la saccharification variait donc de 4,3 à 9,5 kilos par 100 kilos de pommes de terre.

Par suite de l'application des nouveaux procédés, on est arrivé à diminuer considérablement la proportion de malt consommé et cette réduction constitue un de leurs grands mérites.

Voici les causes pour lesquelles on consommait anciennement un si grand excès de malt :

1. Une grande partie du malt employé perdait son pouvoir saccharificateur parce que la diastase était détruite par la haute température de l'empois de pommes de terre ; ce fait se présentait notamment avec le procédé Henze.

2. La température de la saccharification était trop élevée, et, par suite, l'action de la diastase moins énergique.

L'application des aspirateurs disposés à la sortie des cuiseurs a supprimé le premier inconvénient, et on peut maintenant éviter facilement de brûler — échauder — le malt.

Toutefois, ce progrès n'est pas très-important, et c'est surtout par l'étude de la saccharification qu'on a pu arriver à réduire considérablement la proportion de malt. On a, en effet, reconnu que la température la plus favorable pour la saccharification par la diastase

était comprise entre 50° et 56,5° C., et qu'à partir de 65° C. le pouvoir saccharificateur de la diastase diminuait rapidement.

Or, anciennement, on commençait la saccharification à 65° C. et on devait, par conséquent, mélanger au lait de malt de l'empois ayant environ 70° à 72,5 C.; il en résultait que les premières portions de malt étaient portées à plus de 65° C., et que, par suite, le pouvoir de la diastase était fortement amoindri.

Schuster a démontré le premier qu'il était possible de saccharifier avec de très-petites quantités de malt. Son procédé consiste à refroidir l'empois de pommes de terre à 60° C., puis à y ajouter le lait de malt et à maintenir l'empois dans ces conditions pendant 1/4 d'heure. La température descend à 57-58° C, et la saccharification est complète. La distillerie de Prieborn, qui travaille d'après le système Schuster, n'emploie que 1600 grammes de malt vert, soit 1 kilogr. d'orge, par 100 kilos de pommes de terre. Quoique les distillateurs ne soient pas tous arrivés à une aussi faible consommation de malt que Schuster, il n'en est pas moins vrai que c'est grâce à lui que l'attention a été appelée sur la grande quantité de malt employé inutilement, et son grand mérite a été de démontrer qu'il était possible d'opérer la saccharification avec de très-petites quantités de malt. On peut considérer que 2,5 kilos de malt vert suffisent largement pour la saccharification de 100 kilos de pommes de terre. Cette quantité est juste la moitié de celle qu'on employait anciennement dans les distilleries bien dirigées.

On peut admettre que la moyenne actuelle (1882-83) de la quantité de malt consommé dans les distilleries est de 5 kilos par 100 kilos de pommes de terre; la moitié, soit 2,5 k., est employée pour la préparation du levain et l'autre moitié pour la saccharification. Cette proportion peut être considérée comme largement suffisante.

Schuster a, en outre, préconisé un procédé spécial pour obtenir une saccharification complète de l'amidon contenu dans le malt; mais sa méthode n'est pas entrée dans le domaine de la pratique. Elle consistait à traiter le malt par l'eau, de manière à obtenir un extrait de diastase, puis à cuire fortement le résidu insoluble renfermant l'amidon et, après refroidissement, à l'ajouter à l'extrait.

Ces manipulations ne sont d'ailleurs pas utiles, car la quantité d'amidon qui reste insoluble, lorsqu'on ne sépare pas la diastase du malt, est très-faible lorsque le concasseur fonctionne bien.

DU CONCASSAGE DU MALT.

Le malt, avant d'être mis en œuvre, doit être divisé aussi finement que possible. Lorsqu'il s'agit de malt sec, on obtient ce résultat en le faisant passer dans une meule, tandis que pour le malt vert on emploie un broyeur spécial dont nous donnons la description plus loin.

Voici quelques chiffres qui montreront l'importance qu'il faut attacher au concassage du malt.

Dans une distillerie (Trotha près Halle), Maercker a trouvé, pour des moûts obtenus avec l'appareil de Hollefreund, une proportion d'amidon insoluble de beaucoup supérieure à celle que l'on rencontre dans des conditions normales ; il trouva en effet :

15,677 gr. d'amidon par litre de moût	=	8,21 %	de l'amidon total.
13,179	"	=	7,39 %
11,873	"	=	6,21 %

13,576 gr. en moyenne.

Ces moûts étendus d'eau contenaient une grande quantité de grains de malt qui n'avaient pas été écrasés par le broyeur. Par suite du remplacement des cylindres du broyeur et de la diminution de leur écartement, on n'obtint plus, dans des conditions de saccharification identiques, que les proportions suivantes d'amidon insoluble dans le moût :

8,932 gr. d'amidon par litre de moût	=	4,09 %	de l'amidon total
8,486	"	=	4,06 %
9,812	"	=	4,66 %
9,003	"	=	4,32 %

9,058 gr. en moyenne.

Ainsi, par suite d'un broyage meilleur, on arriva à saccharifier 4,52 gr. d'amidon en plus par litre de moût. Les cuves de la distillerie de Trotha ayant une contenance de 4009 litres, on obtint donc par cuve 18,08 kilog. d'amidon fermentescible en plus, soit 9 à 10 litres d'alcool pur.

Nous pourrions donner encore d'autres exemples de l'impor-

tance d'un broyage parfait du malt ; mais le précédent suffit pour appeler l'attention sur cette partie du travail de la distillerie.

Il est difficile de reconnaître l'existence de grains de malt dans les moûts concentrés, et, pour s'assurer de leur présence, il convient d'étendre 1 litre de moût, par exemple, avec de l'eau, de manière à obtenir un volume de 5 à 10 litres ; on agite alors fortement, puis on laisse reposer. Aussitôt, les grains non broyés se rassemblent au fond du vase et s'y trouvent en quantité assez notable dès que le broyeur ne fonctionne plus bien. Il est bon de remarquer que non-seulement les grains, qui ont échappé à l'action du broyeur, restent insolubles, mais aussi les boules que forme le broyeur en écrasant plusieurs grains ensemble.

1. Des broyeurs de malt.

Les broyeurs de malt se composent généralement de cylindres

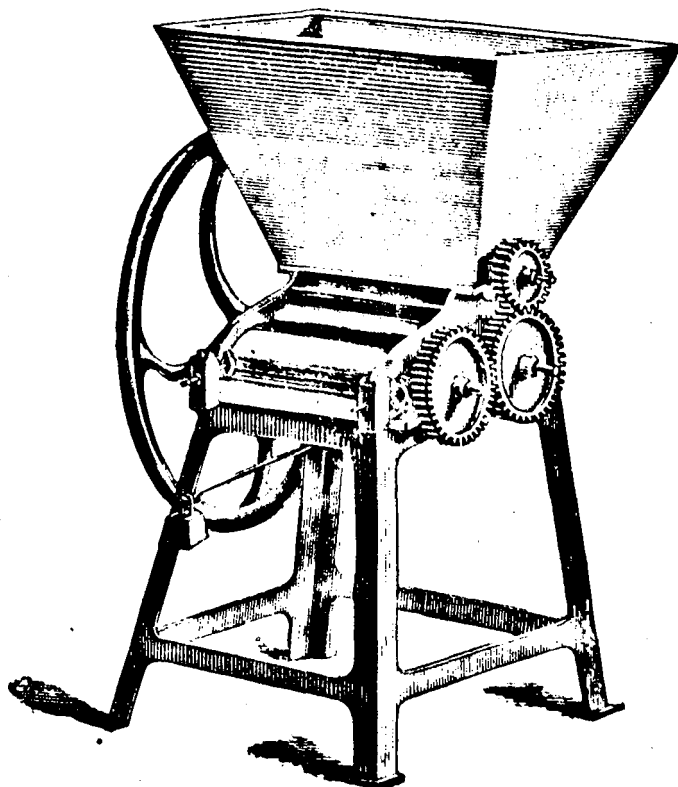


Fig. 46.

unis, juxtaposés, et pouvant être éloignés ou rapprochés les uns des autres.

Dans les anciennes distilleries, on rencontre fréquemment des broyeurs dont les cylindres ont le même diamètre ; il s'en suit que le grain de malt ne subit qu'un simple écrasement et, dans ce cas, la division du grain est souvent insuffisante.

Le broyage est de beaucoup supérieur lorsque les cylindres-broyeurs sont de diamètres différents, tout en faisant le même nombre de tours, ou lorsque leur diamètre est le même et leur vitesse différente.

On comprend, en effet, que dans ce cas le grain de malt ne subit pas seulement l'écrasement, mais aussi un arrachement grâce auquel la division du grain devient parfaite.

La figure 46 représente un broyeur de ce dernier système construit par *Venueth et Ellenberger*, de Darmstadt. La figure 47 représente

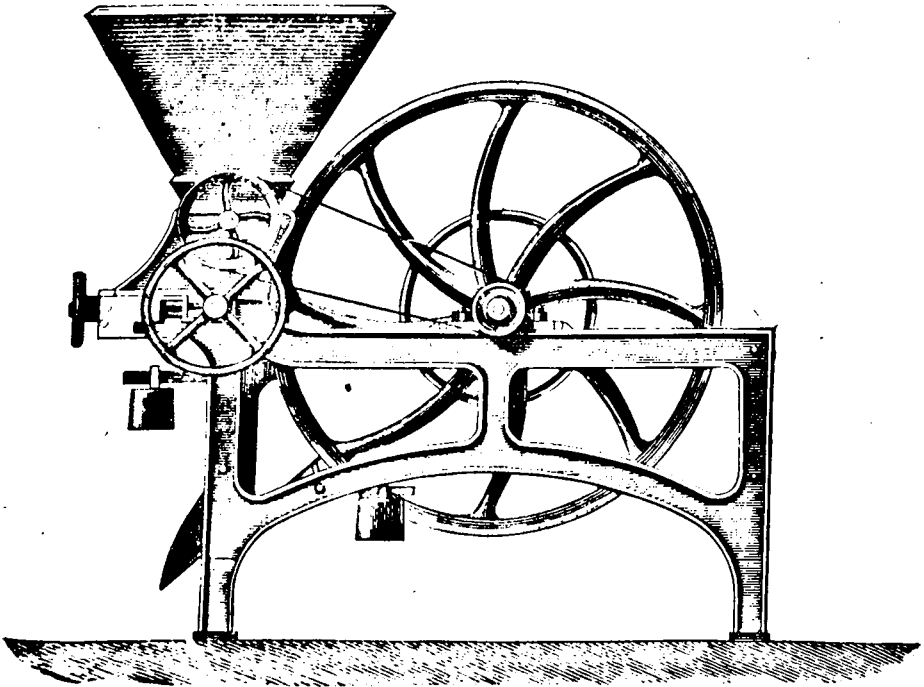


Fig. 47.

un broyeur à cylindres inégaux sortant des ateliers des mêmes constructeurs. Le petit cylindre est serré contre le grand au moyen de ressorts et est mis en mouvement par la friction du grand cylindre. De plus, les volants fixés aux extrémités du petit cylindre empêchent un arrêt momentané de ce dernier. Ce broyeur fonctionne très-bien et produit beaucoup.

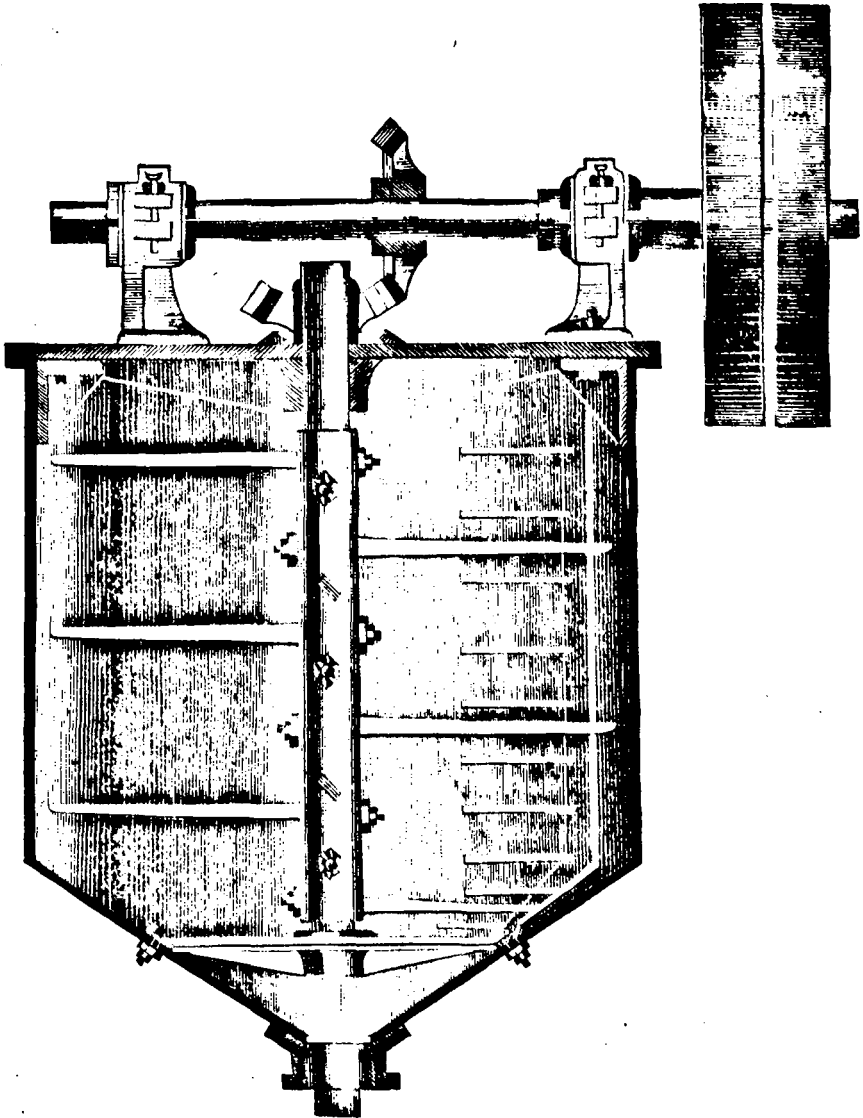


Fig. 48.
Préparateur de lait de malt.

Parmi les broyeurs à cylindres inégaux, on peut encore citer celui de *Eckert* dont les diamètres des cylindres sont respectivement de 21 et 63 cm.

Ces cylindres broyeurs tournent à la même vitesse et il s'en suit qu'un point du grand cylindre se meut 3 fois plus vite qu'un point du petit.

Le malt broyé était, anciennement, directement introduit dans la cuve à saccharifier dans laquelle on le mélangeait avec l'eau nécessaire ou avec les pommes de terre cuites. Actuellement, et notamment avec les appareils de *Hollefreund* et *Bohm*, que nous décrirons plus loin, on ne peut procéder ainsi et le malt doit être au préalable transformé en *lait de malt* au moyen de dispositions spéciales.

Les appareils employés pour la préparation du lait de malt consistaient d'abord en cuves cylindriques en fer terminées par une partie conique, et ils étaient souvent munis d'agitateurs comme l'indique la figure 48.

Dans ces derniers temps, on a employé pour cet usage des appareils spéciaux dont l'action est beaucoup plus efficace et qui permettent de ne plus broyer le malt.

2. Du concasseur « *excelsior* » employé comme broyeur de malt.

On a appliqué récemment pour le broyage du malt le concasseur

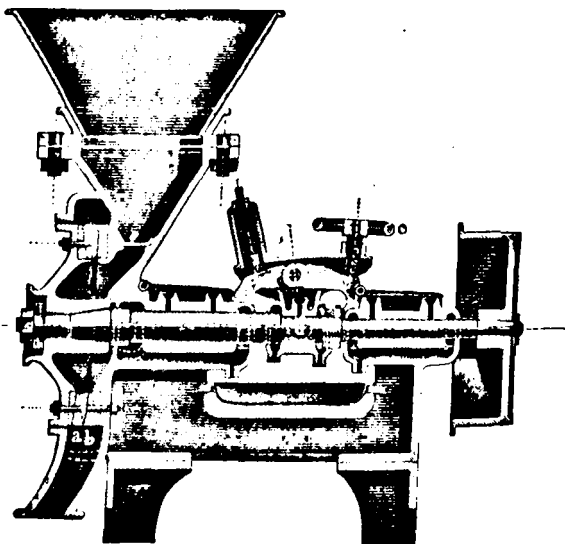


Fig. 49.

Excelsior de *Schmeja*, construit par *H. Gruson*, de Buckau-lez-

Magdebourg, qui, depuis longtemps, est employé avec succès pour le concassage des grains. Les figures 49, 50 et 51 représentent cet appareil.

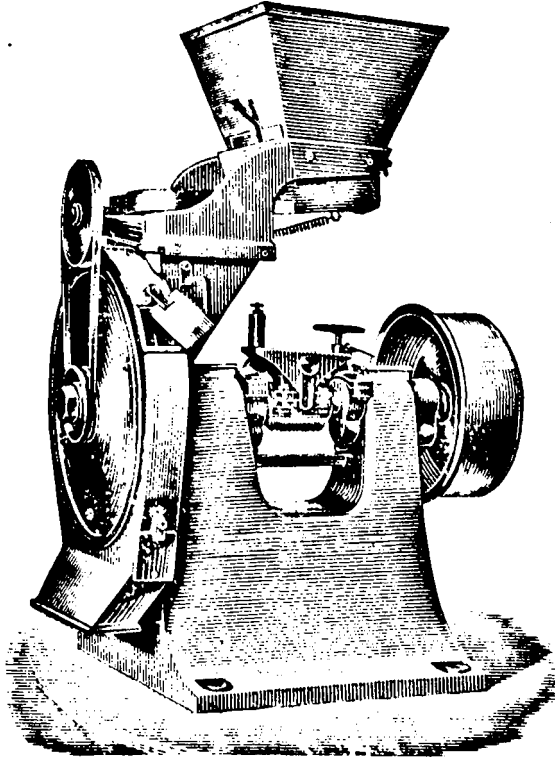


Fig. 50.
Concasseur Excelsior.

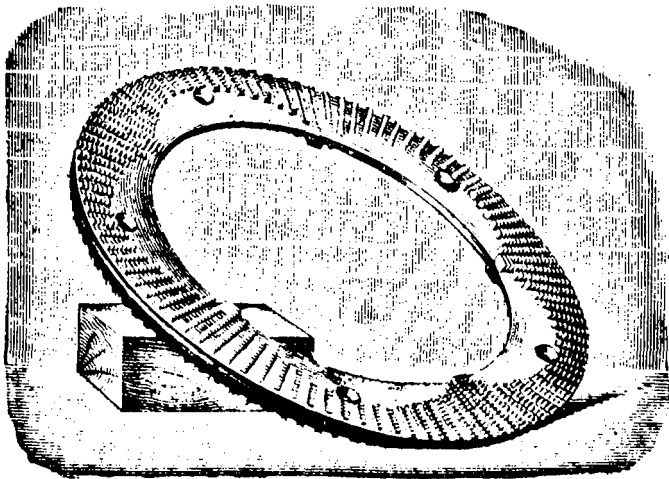


Fig. 51.

La partie principale de ce concasseur est constituée par deux disques annulaires, en fonte durcie, fixés verticalement dans l'appareil. L'un des disques *b*, est immobile et boulonné dans la boîte du concasseur, l'autre *a*, est fixé sur un arbre horizontal. La surface des disques est garnie de dents à section triangulaire qui forment des lignes concentriques (fig. 51), de telle sorte qu'entre deux rangées de dents il y ait une cavité circulaire à section également circulaire. A ces cavités correspondent les dents de l'autre disque, et réciproquement. Les vides existant entre deux rangées de dents consécutives forment des canaux sur le disque dans le sens des rayons, et c'est par ces canaux que le malt, entrant dans le broyeur par le centre, gagne la périphérie en subissant une division de plus en plus énergique. Afin de faciliter le passage du grain, les disques sont plus minces au centre qu'à la circonférence, de façon à présenter une cavité conique, et une partie seulement des rangées de dents sont prolongées jusqu'à la circonférence intérieure du disque,

Par suite de l'excavation des disques dans la partie intérieure, les dents qui s'y trouvent sont beaucoup plus fortes et plus grandes que celles existant vers la circonférence extérieure; il en résulte que les grains sont d'abord soumis à un concassage grossier qui se complète au fur et à mesure qu'ils tendent à traverser le broyeur. Le disque fixe est boulonné sur la face intérieure de la boîte du broyeur qui est venue de fonte avec les paliers et la naissance de l'entonnoir; le disque mobile est boulonné sur un plateau calé sur un arbre horizontal mû par une courroie de transmission. Ce plateau, qui ferme la cage du broyeur, se meut dans un anneau tourné de 2 cm. de largeur, venu de fonte avec l'ensemble de l'appareil, et qui permet de rapprocher ou d'éloigner les disques broyeurs tout en maintenant la fermeture parfaite de la cage. Un avantage important de ce broyeur consiste en ce que les dents, qui sont naturellement exposées à s'user, peuvent s'aiguiser à nouveau en changeant simplement le sens de la rotation des disques. Dans le cas où ce changement ne suffirait pas, on arriverait à un résultat parfait en faisant passer, pendant quelques minutes, de l'eau et du sable dans le broyeur.

Lorsqu'après avoir modifié plusieurs fois le sens de la rotation du broyeur, on constate que les dents sont usées, on retourne les

disques qui sont garnis de dents des deux côtés. Enfin, lorsque les disques sont hors de service, on peut, à peu de frais, les remplacer facilement.

3. Des préparateurs de lait de malt.

Le premier appareil qui ait été employé pour la préparation du lait de malt a été le « *Hollandais* » de *Ellenberger* que nous décrirons plus loin ; mais cet appareil ne paraît pas être bien approprié pour cet usage. Parmi les diverses installations employées pour préparer le lait de malt, on peut citer l'appareil de *C. G. Bohm*.

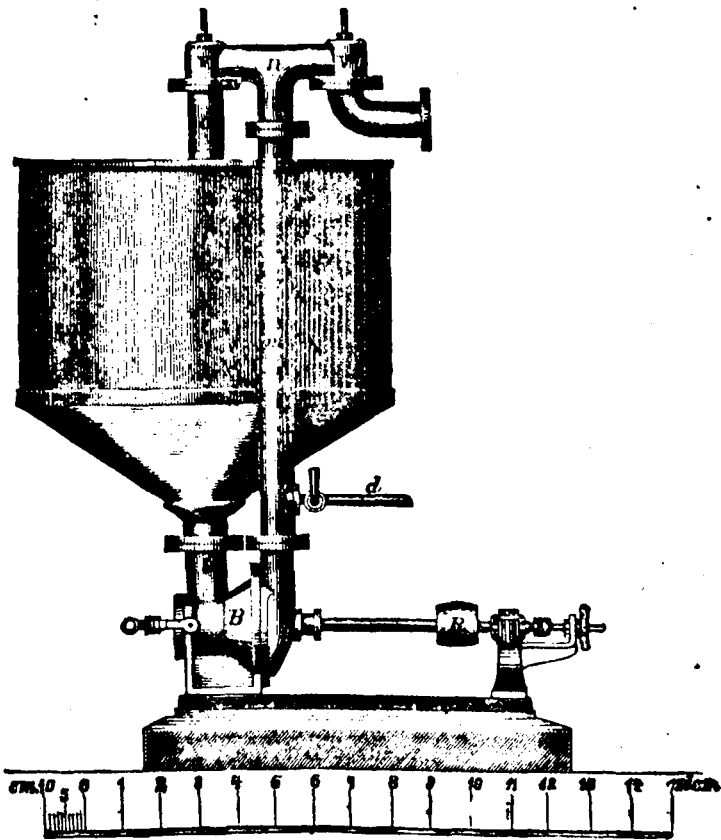


Fig. 52.
Broyeur Bohm

Il se compose d'un réservoir en fer A terminé par une partie conique mise en relation par un tuyau *l* avec l'aspiration d'une pompe centrifuge spéciale B appelée « *décortiqueur* ». Le refoulement de la pompe est relié par les tuyaux *m*, *n*, *o* et deux robinets *v* et *v'*, soit avec le réservoir A, soit avec la cuve à saccharifier ou les cuves à levain. Un tuyau *d* est raccordé avec le tuyau *m* et permet d'envoyer dans ce dernier un jet de vapeur, soit pour échauffer le lait de malt, soit pour nettoyer l'appareil. Le fonctionnement de l'appareil est très-simple ; il suffit de mettre de l'eau en quantité suffisante dans le réservoir A, puis d'ouvrir le robinet *v* et fermer le robinet *v'* ; on fait tourner ensuite le « *dépéleur* » B et on ajoute progressivement le malt vert naturel ; on rapproche ensuite graduellement les disques broyeurs, et on obtient en peu de temps un lait de malt parfait. Lorsque ce résultat est atteint, il suffit de fermer le robinet *v* et d'ouvrir le robinet *v'* pour envoyer le lait à la cuve à saccharifier. Pour de grands appareils C. G. Bohm, la pompe est placée latéralement à l'appareil. De plus, les robinets *v* et *v'* sont maintenant remplacés par un seul robinet à trois eaux qui porte un thermomètre permettant de régler la température du lait.

Delbrück a fait des essais sur la marche de l'appareil Bohm (Zeitschrift für Spiritusindustrie, 1880, p. 226), installé à la distillerie de Biesdorf ; il a constaté que le travail était de 1/3 plus rapide qu'avec le broyeur de malt ordinaire, mais que la dissolution de l'amidon n'était guère plus parfaite. Le travail avec l'appareil Bohm exige, par contre, plus de force motrice que n'en emploie le broyeur ordinaire ; la force moyenne prise par cet appareil a été de 4 chevaux — audébut du broyage 7 et à la fin 2, 9. — Par suite de l'emploi d'un dépéleur plus grand, la force nécessaire a été, paraît-il, notablement diminuée dans ces derniers temps.

Le remplacement des disques broyeurs est très-économique, car ils ne coûtent que 8 francs,

La préparation du levain a parfaitement réussi avec les laits de malt obtenus avec l'appareil Bohm, et, en résumé, on peut le recommander pour les distilleries largement montées en force motrice.

Leinhaas et Hülsenberg, à Fribourg-en-Saxe, construisent un appareil semblable pour la préparation du lait de malt ; il est représenté par la figure 53 qu'il est inutile d'expliquer. Ces constructeurs admettent que 10 minutes suffisent pour la prépa-

ration du malt nécessaire à 1000 litres de moût. Avec des appareils plus grands, on réduirait ce temps de moitié, par suite de leur efficacité relative plus considérable.

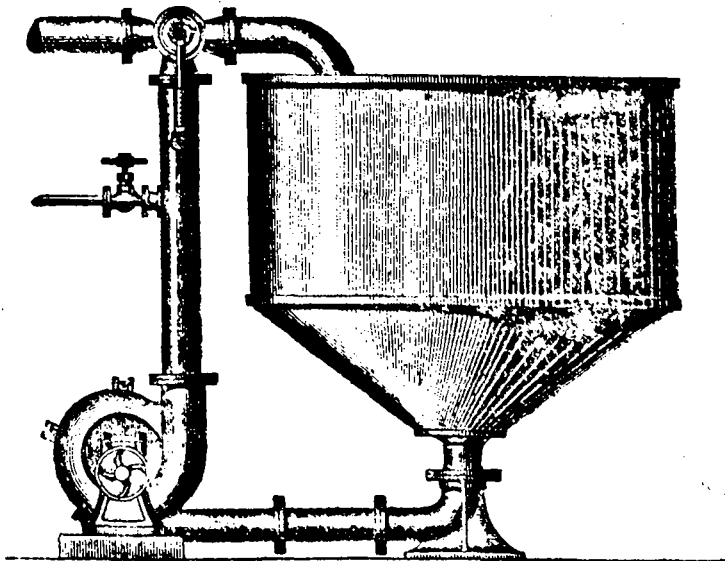


Fig. 53.

4. De l'Emploi des broyeurs de moût pour le malt.

Lorsqu'on a commencé à adopter les broyeurs de moûts, on a partout songé à les appliquer également au broyage du malt. Pour obtenir ce résultat, on broie le malt avec de l'eau dans la cuve à saccharifier, puis, lorsque le lait est parfait, on le retire de la cuve pour l'y remettre après y avoir coulé l'empois de pommes de terre. Toutefois, ces diverses manipulations sont assez désagréables, et ce mode de procéder n'est guère pratique; il immobilise d'ailleurs, pendant un temps assez long, la cuve à saccharifier, ce qui peut gêner le travail, surtout si la réfrigération des moûts se fait dans la cuve à saccharifier. Dans ce dernier cas, il ne serait guère possible de se dispenser d'installer un broyeur spécial pour le malt.

CHAPITRE V.

DE LA SACCHARIFICATION ET APPAREILS QU'ELLE EXIGE AU POINT DE VUE SPÉCIAL DU TRAVAIL DES POMMES DE TERRE ET DES GRAINS.

RÉSUMÉ DES DIVERSES OPÉRATIONS DE LA FABRICATION DE L'ALCOOL.

Maercker a jugé utile de donner ici un court résumé des opérations principales de la fabrication de l'alcool et du but qu'elles doivent atteindre.

Dans la plupart des matières premières, c'est l'amidon qui est destiné à se transformer en alcool ; toutefois, ce corps n'est pas fermentescible et doit être, au préalable, transformé en un sucre susceptible de subir la fermentation.

Les opérations de la fabrication se divisent, par suite, de la façon suivante :

- I. — *Transformation de l'amidon en sucre fermentescible ;*
- II. — *Production de l'alcool par la fermentation ;*
- III. — *Séparation de l'alcool des liquides fermentés, par la distillation.*

L'amidon, avant d'être soumis à l'action de la diastase, doit être transformé en empois, puis finement divisé afin de permettre à la

diastase d'agir sur toutes les parties d'amidon contenues dans les cellules des grains. Les premières opérations auxquelles on soumet les grains ou les pommes de terre lavées sont la « cuisson », puis la « division ». Ce sont précisément ces opérations qui ont subi dans ces derniers temps de grands perfectionnements par l'introduction dans la pratique des appareils Hollefreund, Bohm, Henze, Ellenberger et autres. La saccharification succède à ces deux opérations après refroidissement de l'empois à la température de 60° C. qui est la plus favorable pour l'action de la diastase. La production de l'agent saccharificateur s'obtient par un travail spécial « la fabrication du malt », car la diastase ne se rencontre qu'en trop faible quantité dans les grains naturels.

Pour préparer le malt, on soumet les grains, et plus particulièrement l'orge, à un trempage avec de l'eau, puis à la germination le malt ainsi obtenu est traité dans des appareils spéciaux (*Broyeurs de malt*) qui le divisent. C'est dans cet état qu'il est ajouté aux empois à saccharifier.

Enfin, après la saccharification, il reste à refroidir le moût à la température de 15 à 17°,5 C. qui est la plus favorable pour la mise en fermentation. Ces diverses opérations, qui ont pour but la transformation de l'amidon en sucre fermentescible, disparaissent lorsque les matières premières employées ne contiennent que du sucre fermentescible, comme c'est le cas pour la betterave et la mélasse.

La première opération de la fermentation consiste dans la préparation du *levain*, préparation qui nécessite des précautions particulières suivant la concentration des moûts et la rapidité de la fermentation. Ces différents modes de travail dépendent de la base de l'impôt.

Le levain ajouté aux moûts sucrés dans des conditions favorables y produit la fermentation, c'est-à-dire la *décomposition du sucre en alcool et en acide carbonique*. La conduite convenable de cette opération constitue la base de tout le travail de la fabrication de l'alcool. Il reste enfin à extraire des liquides fermentés l'alcool qu'ils contiennent. Ce résultat s'obtient avec des appareils à distiller et à rectifier qui retirent l'alcool produit et l'amènent à un grand état de pureté en le séparant de l'eau et des alcools impurs qui se forment toujours pendant le phénomène de la fermentation.

« Maercker croit devoir encore faire remarquer ici que le but principal de son traité n'est pas de développer la description technique des nombreux appareils employés pour les diverses opérations de la fabrication de l'alcool, mais de faire ressortir le but de chaque opération, sa marche, les modifications chimiques qui se produisent, et enfin les résultats obtenus dans l'état actuel de l'industrie de la fabrication de l'alcool. Il lui semble que, dans tous les traités de ce genre qui ont paru jusqu'à ce jour, l'étude du but à atteindre, pour chaque opération spéciale, a été trop superficielle. »

DU TRAVAIL DES MATIÈRES PREMIÈRES AMYLACÉES ET NOTAMMENT DES POMMES DE TERRE.

DES LAVEURS DE POMMES DE TERRE.

Les pommes de terres sont les seules matières premières qui, pour la fabrication de l'alcool, nécessitent absolument un lavage préalable. Le lavage se fait avec de l'eau, et les machines employées à cet effet sont disposées de telle sorte que le parcours de l'eau est opposé à celui des pommes de terre, afin que l'eau la plus propre se trouve en contact avec les pommes de terre déjà lavées.

Nous décrivons ci-dessous un certain nombre de machines actuellement employées pour le lavage des pommes de terre ; l'ancien tambour-laveur a été presque partout remplacé par des appareils plus appropriés à cet usage. La figure 54 représente le laveur de H. F. Eckert. Les pommes de terre subissent, tout d'abord, un pre-

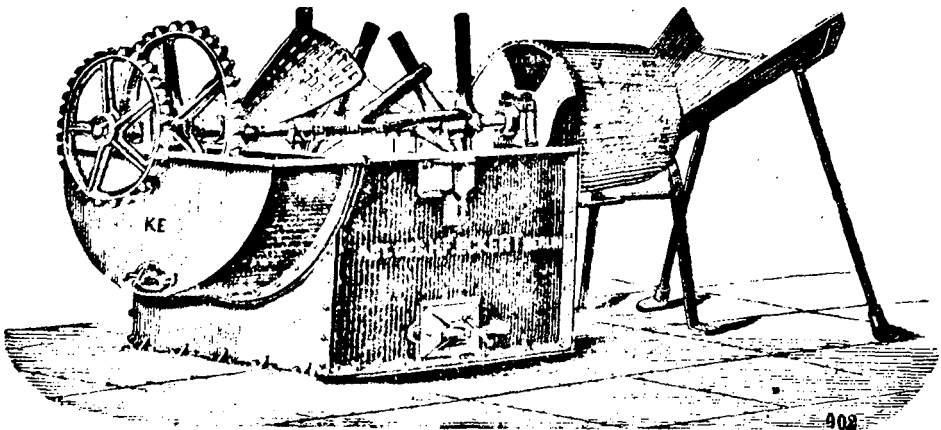


Fig. 54.

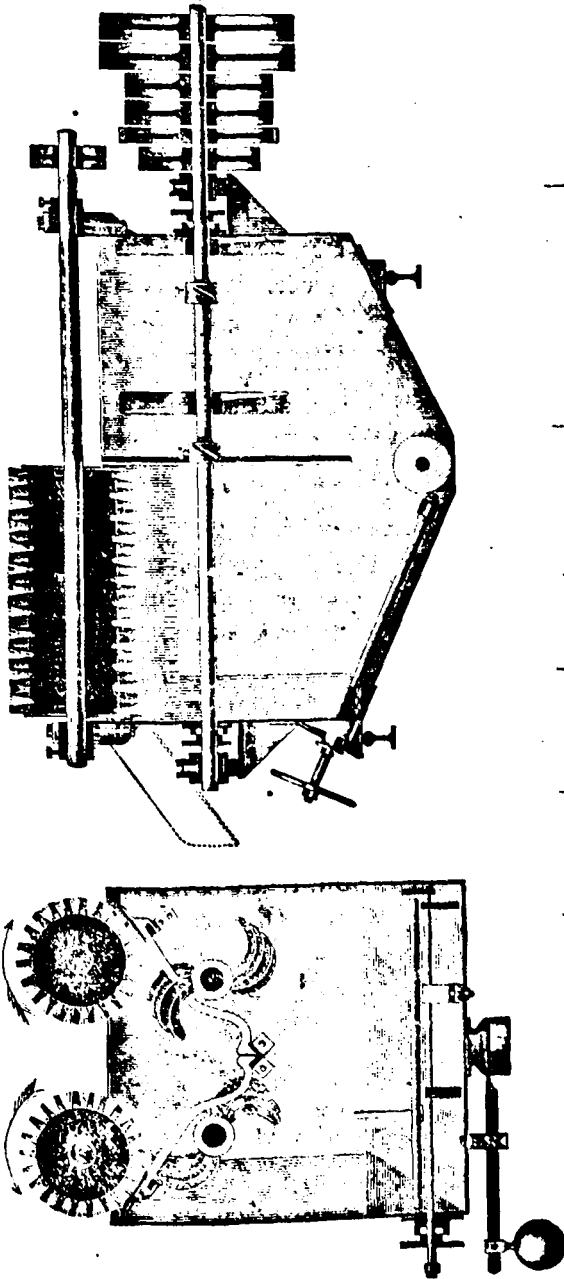


Fig. 55.

mier nettoyage sans eau, dans un tambour à baguettes où elles abandonnent la majeure partie de la terre, qui tombe à travers les vides laissés entre les baguettes. Cette disposition est très-bonne, et on devrait toujours employer une installation analogue avant d'opérer le lavage proprement dit.

Les pommes de terre sortent de ce premier tambour par deux ouvertures pratiquées à son extrémité, et réglées par des plaques boulonnées, pour tomber régulièrement dans le laveur où elles se trouvent constamment agitées et lentement amenées vers l'autre extrémité; de là, elles sont déversées dans la chaîne à godets

destinée à les élever. La caisse du laveur et les grilles

destinées à retenir les pierres sont construites en fonte. Différents laveurs construits par *É. Leinhaas, de Fribourg-en-Saxe* et *H. Paucksch, de Landsberg a. W.* sont également très-convenables ; mais il serait trop long d'en donner ici la description. Un laveur, construit par *Hering et Cie, d'Osterfeld*, près Naumburg a. S., a été vivement recommandé par *Gontard* (*Zeitschr. f. Spiritusindustrie*, 1885, p. 252) ; nous en donnons le dessin, fig. 55, qui nous a été communiqué par *J. Kern*, ingénieur à *Halle a. S.*

La partie inférieure du laveur affecte la forme conique et est munie de soupapes pour l'évacuation des boues. La partie supérieure est divisée par une cloison en 2 compartiments, dont l'un agit comme épierreur, et l'autre comme laveur. Le laveur est muni d'agitateurs faisant 30 à 36 tours par minute.

Les pommes de terre, versées dans l'épierreur,

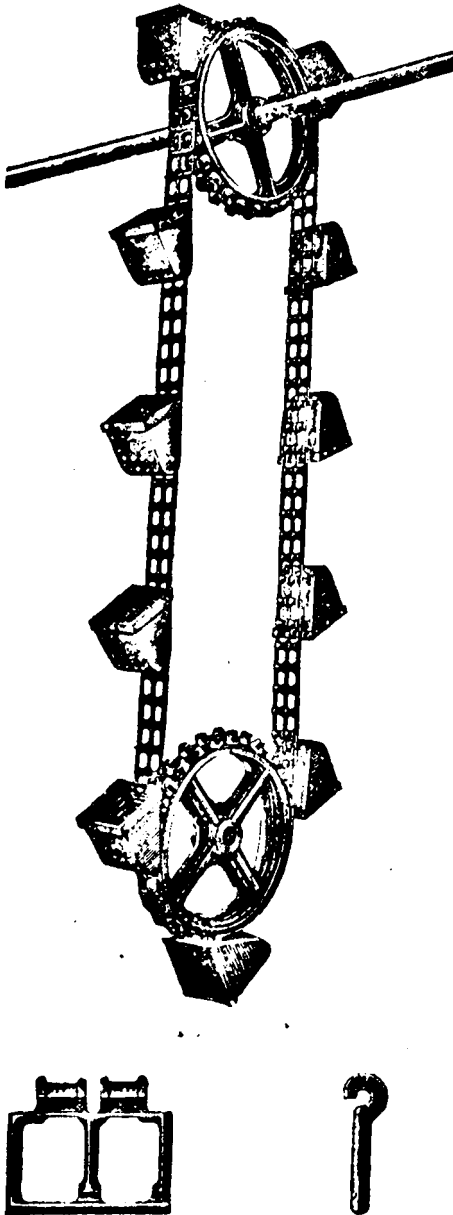


Fig 56.

sont poussées par les bras des agitateurs au-dessus de la cloison séparant l'épierreur du laveur, et tombent dans ce dernier sur une grille formée de barres de fer à travers lesquelles passent les bras des agitateurs. Ces derniers, tout en faisant avancer lentement les pommes de terre vers la sortie du laveur, les soulèvent continuellement et les projettent les unes contre les autres. Afin d'obtenir un nettoyage parfait, il existe encore deux cylindres en bois, garnis de fils de fer, qui tournent dans le même sens que l'agitateur et qui agissent comme des brosses sur les pommes de terre soulevées par celui-ci.

L'arrivée de l'eau dans le laveur se fait du côté de la sortie des pommes de terre et de telle sorte que celles-ci reçoivent le jet d'eau qui termine le lavage. La sortie de l'eau se fait par un trop-plein du côté de l'épierreur.

Les pommes de terre lavées, sortant de la machine, sont prises par un élévateur qui les déverse dans une bascule, et de là elles passent au cuiseur.

L'élévateur se fait généralement en fer, comme l'indique la figure 56, qui représente le système de la maison Stotz de Stuttgart.

Les différentes parties de la chaîne sont en fonte et semblables. Les godets sont rivés sur la chaîne et ses diverses parties s'emmanchent les unes dans les autres et ne peuvent se séparer lorsque la chaîne est fermée. La fermeture présente une disposition spéciale ne permettant pas à la chaîne de s'ouvrir. La roue dentée inférieure peut être employée pour le fonctionnement du laveur.

Le laveur doit être installé de préférence sur le sol, de manière à n'avoir pas à élever inutilement la terre et l'eau.

DE LA CUISSON DES MATIÈRES PREMIÈRES CONTENANT DE L'AMIDON.

Le but de la cuisson consiste à faire subir une préparation préalable aux matières premières contenant de l'amidon avant de les soumettre à la saccharification. L'amidon contenu dans les grains et les pommes de terre n'est, à l'état naturel, attaqué que très-lentement par la diastase, qui ne saurait le transformer en maltose et en

dextrine. Par contre, lorsqu'on le met en présence d'une quantité d'eau suffisante et qu'on le maintient à la température de 100° C., il éprouve une modification spéciale et donne de l'empois ; les grains se dilatent considérablement et, dans cet état, subissent facilement l'action du ferment diastasique. Il est donc indispensable, pour obtenir une bonne saccharification, de produire un empois parfait, et le principe de la cuisson consiste à soumettre chaque grain d'amidon à l'action de la vapeur dans le cuiseur, afin que chaque grain subisse le gonflement qui est nécessaire pour assurer une bonne saccharification. La distribution de la vapeur doit donc être parfaite dans tout bon cuiseur.

Notices historiques. La cuisson des grains ou des pommes de terre se faisait encore il y a quelques années par un procédé, que nous appellerons l'ancien procédé, qui consistait à les soumettre à l'action de la vapeur, dans un tonneau, jusqu'à ce qu'ils fussent cuits. Cette cuisson se faisait naturellement sans pression. De là, les matières premières employées passaient au broyeur et ensuite à la saccharification dans un vase ouvert.

Ce fut Hollefreund qui, le premier, songea à employer pour son cuiseur installé à Pesth en 1871 (1) *la vapeur sous pression*. Ce procédé se répandit rapidement et fut appliqué en 1872 à la distillerie de *Friedeburg a. S.*

Henze, (mort prématurément) démontra bientôt qu'il était inutile d'employer des dispositions compliquées pour produire un broyage aussi parfait qu'avec l'appareil Hollefreund, et il établit que la vapeur employée convenablement permettait d'obtenir un empois ne contenant pas de grains non broyés.

Ce fut à la réunion générale des distillateurs allemands de l'année 1873 que *Henze* fit part de son procédé.

C. G. Bohm perfectionna l'appareil de Hollefreund en y appliquant un réfrigérant et installa le premier appareil de ce genre, en 1872, à *Bollensdorf*.

Ellenberger adjoignit au cuiseur *Henze* le « *Hollandais* », appareil

(1) Le véritable inventeur serait un *M. Schulze*, de Pesth.

de broyage employé dans les papeteries, et installa son premier appareil dans la distillerie de Monsieur *Schudt*, à *Rheinfelderhof* (Haute-Hesse). Il soumit un modèle de son système à l'assemblée générale des distillateurs en 1875.

L'idée d'Ellenberger donna naissance aux nombreux broyeurs existant aujourd'hui. Le premier broyeur breveté fut celui de *Lwowski* (construit en 1876) puis vinrent ceux de *Camin* et *Neumann*, *Paucksch* (1877), *Bohm* (1877), etc., etc. Actuellement, le système Henze, avec ou sans appareil de broyage, est généralement appliqué : malheureusement, l'inventeur, Monsieur Henze, n'a pu assister au triomphe de son invention.

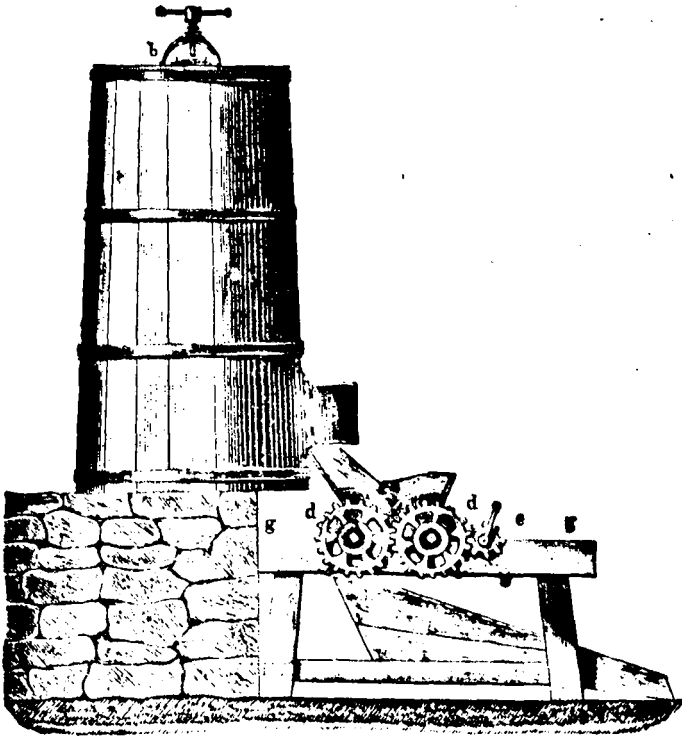


Fig. 57.

1. ANCIENS APPAREILS.

Nous croyons pouvoir abrégé la description des anciens appareils, car ils ont été partout remplacés par les cuiseurs sous pression et ne présentent plus qu'un intérêt historique.

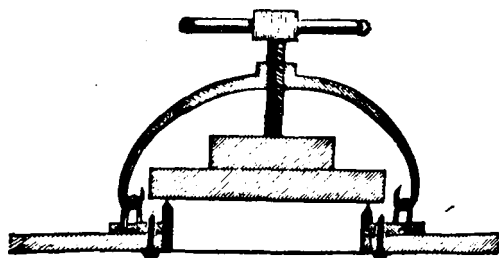


Fig. 58.

La cuisson des pommes de terre se faisait, par les anciens procédés, dans un tonneau muni d'un tuyau destiné à amener la vapeur nécessaire à la cuisson. Le tonneau était généralement en bois.

On a quelquefois employé des cuiseurs en fer, ou aussi en briques maçonnées au ciment et recouvertes d'une couche de ciment.

La figure ci-contre (prise dans les industries agricoles de *Otto*) représente un ancien cuiseur en bois, avec la disposition pour le broyage. Le cuiseur se charge par la partie supérieure qui est munie d'un trou d'homme dont la fermeture est représentée à la figure 58.

La vapeur débouche au milieu du cuiseur qui se vide par une ouverture latérale disposée à 10 centimètres environ du fond. A l'intérieur du cuiseur est placé un faux-fond percé de trous et arrivant juste au niveau du bord inférieur du trou de vidange et permettant d'isoler l'eau de condensation, ainsi que les impuretés enlevées aux pommes de terre par la vapeur. Ce résidu est évacué par un tuyau fixé sur le fond du cuiseur. La cuisson au moyen de cet appareil était très-simple et durait de 1 1/2 à 2 heures.

Il suffisait de laisser agir la vapeur dans le cuiseur jusqu'à cuisson complète des pommes de terre ; celles-ci passaient alors entre 2 cylindres broyeurs placés au-dessus de la cuve à saccharifier.

Les cylindres auraient dû faire un nombre inégal de tours, afin qu'il y ait glissement entre eux et, par suite, écrasement et déchire-

ment des cellules des pommes de terre mais on en rencontrait bien peu présentant cette disposition.

Ces cylindres étaient en bois, en fer ou en pierre. Ce broyeur était mauvais, et, n'étant pas muni d'organes forçant les pommes de terre à traverser les cylindres broyeurs, il exigeait la présence continuelle d'un homme occupé à pousser les pommes de terre très-chaudes entre ces cylindres-broyeurs, ce qui était un travail pénible et très-désagréable.

On voit par ce qui précède que ce procédé occasionnait de grandes pertes de temps, nécessitait beaucoup de main-d'œuvre et était très malpropre.

La cuve à saccharifier consistait en un vase en bois, quelquefois doublé de cuivre, ou aussi en fer. Dans les petites distilleries, où tout le travail se faisait à la main, les cuves à saccharifier n'étaient pas munies d'agitateurs et l'ouvrier employait un rable pour mélanger le malt avec les pommes de terre cuites et broyées. Plus tard, lorsque les progrès de l'industrie remplacèrent le travail manuel par le travail mécanique, on adopta partout des agitateurs mûs mécaniquement.

De la cuve à saccharifier.

Venuleth et Ellenberger construisaient anciennement une cuve à saccharifier munie d'un agitateur planétaire. L'arbre principal de la cuve était creux et fixe : il portait une roue dentée de fort diamètre, et était traversé par un arbre plein tournant sur une crapaudine fixée sur le fond de la cuve. Cet arbre plein était muni de deux bras fixes, portant chacun, à son extrémité, un palier traversé par un arbre muni d'une roue dentée engrenant avec l'engrenage fixe de l'arbre principal. L'arbre plein était mis en mouvement par un système d'engrenages coniques, et, par sa rotation, il communiquait aux deux arbres reposant aux extrémités du bras fixe un mouvement circulaire qui, grâce à l'engrenage calé sur l'arbre creux, devenait en même temps rotatoire.

L'efficacité de cet agitateur était très-grande. On introduisait le malt broyé dans la cuve et on y ajoutait les pommes de terres cuites et broyées : on maintenait la température vers 62° C. en activant ou en ralentissant le broyage des pommes de terre chaudes.

Souvent, d'ailleurs, les cuves à saccharifier étaient construites à doubles parois permettant de régler la température par une circulation d'eau froide.

La durée de la saccharification était, en général, beaucoup trop longue ; Maercker parle de distilleries où la durée de la saccharification était portée jusqu'à 3 heures, et l'on peut admettre que la durée moyenne était de 2 heures. Cette durée de 2 heures était certainement suffisante car, si le résultat n'avait pas été complet en 2 heures, il n'eût pas été meilleur en 3 heures.

Certaines usines, d'ailleurs, opéraient la saccharification en une heure et il est probable que, même dans ces conditions, la transformation de l'amidon était aussi complète que le permettait l'ancien procédé.

2. APPAREIL HOLLEFREUND.

L'introduction de l'appareil Hollefreund dans les distilleries leur a donné un aspect spécial et nouveau. En effet, les diverses opérations nécessaires pour obtenir la saccharification des pommes de terre exigeaient trois appareils distincts, savoir :

- 1 le tonneau-cuiseur,
- 2 le broyeur,
- 3 la cuve à saccharifier,

tandis que le système Hollefreund réunit ces divers appareils en un seul. De plus, la cuisson des pommes de terre ne se fait plus à air libre, mais dans un récipient fermé où elles sont soumises à l'action de vapeur sous pression.

L'appareil de Hollefreund consiste principalement en une chaudière cylindrique horizontale A (fig. 59) de forte tôle de fer, pouvant résister à une pression de 4 atmosphères. Les pommes de terre sont

montées par un élévateur et versées dans la caisse d'une bascule où elles sont pesées avant de tomber dans le cuiseur par le trou d'homme B. La vapeur est introduite dans le cuiseur par l'intermédiaire de la valve *e* munie d'un indicateur, et des robinets *d, d, d*, construits de telle façon qu'ils permettent à la vapeur de passer dans le cuiseur tout en empêchant l'empois de les traverser lorsque la cuisson est terminée et qu'on ferme le robinet principal de vapeur *e*.

Avec la disposition que nous venons d'examiner, il n'est pas possible de séparer l'eau de condensation, qui se produit au début de la cuisson, de l'empois; il peut être nécessaire, cependant, de produire de l'empois très-concentré et on peut facilement arriver à ce résultat par une petite modification de l'introduction de la vapeur dans le cuiseur. Cette modification consiste à introduire la vapeur dans le cuiseur par le dôme, au début de l'opération, en ouvrant la soupape de vidange. La vapeur se condense en chauffant les pommes de terre, et l'eau s'écoule au fur et à mesure; lorsqu'au lieu d'eau il s'échappe de la vapeur par le robinet de vidange, ou de l'eau trouble et blanchie par de l'amidon provenant des pommes de terre crevées, on ferme la vidange et le robinet de vapeur pour ouvrir les soupapes ordinaires *d, d, d*.

Nous donnons ci-dessous une table indiquant les températures qui correspondent aux diverses pressions :

Pressions de la vapeur et températures d'ébullition.			Vide et températures d'ébullition correspondantes.		
Températures d'ébullition de l'eau.	Pression en atmosphères	Pression en millimètres de mercure.	Températures d'ébullition de l'eau.	Pression en atmosphères.	Pression en millimètres de mercure.
100	1	760,0	100	1,000	760
112,2	1,5	1140,3	95	—	633,8
121,4	2	1520,0	90	0,690	525,5
128,8	2,5	1900,0	85	—	433,0
135,1	2	2280,0	80	0,466	354,6
140,6	3,5	2660,0	60	0,195	148,8
145,4	4	3040,0	40	0,072	54,9
153,1	5	3800,0	20	0,023	17,4
160,2	6	4560,0	10	0,012	9,2
166,5	7	5320,0	5	—	4,9
172,1	8	6080,0	1	0,0064	4,6
181,6	10	7600,0			

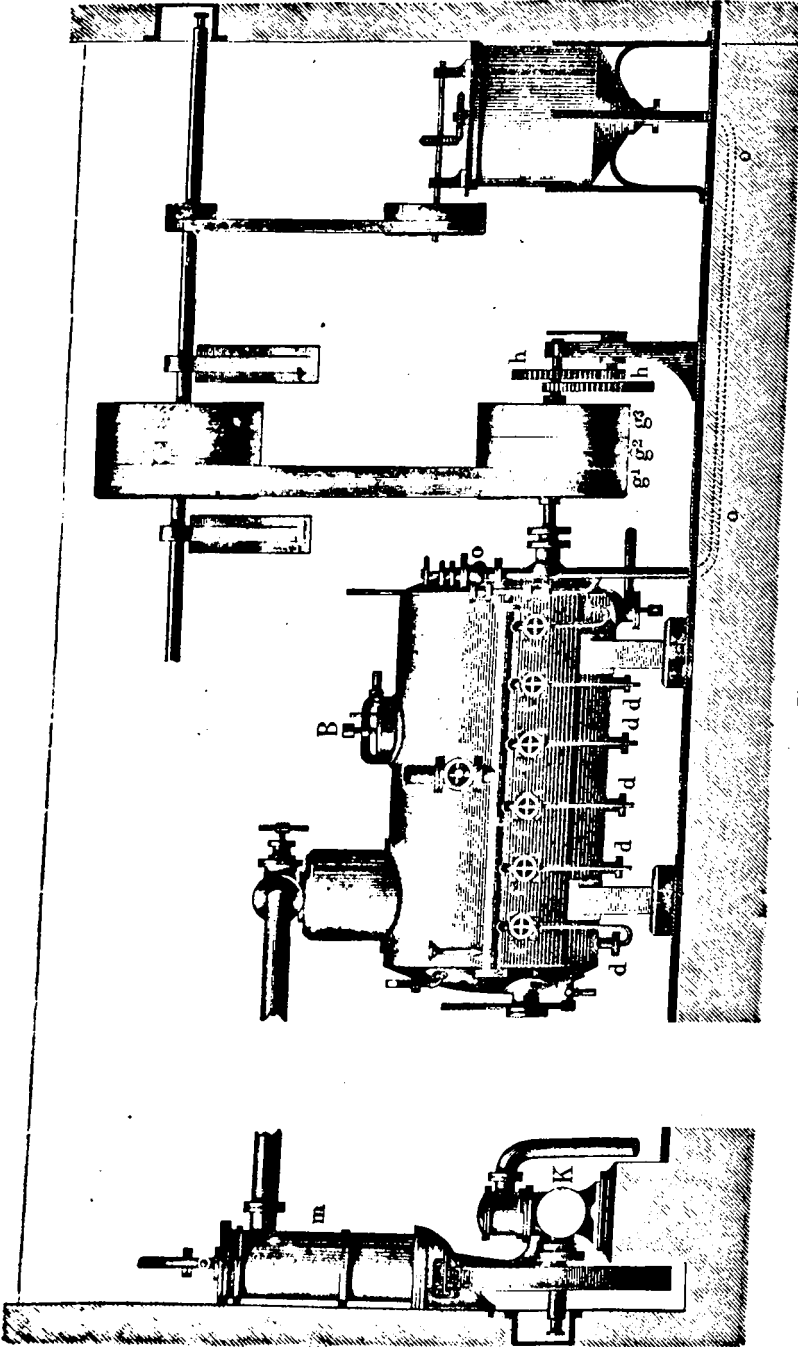


Fig. 59.
Appareil Hollefreund.

Dans l'appareil Hollefreund, on soumet les pommes de terre à une pression de 2 1/2 à 3 atmosphères ; il s'en suit que la température de l'empois est d'environ 130-135° C. Lorsque les pommes de terre ont subi l'action de la vapeur pendant une heure, on met l'agitateur en mouvement et, comme au début la résistance de l'empois est considérable, on fait tourner cet agitateur très-lentement, au moyen d'un système spécial d'engrenages, puis on accélère la vitesse pour atteindre 40 à 50 tours par minute.

L'agitateur est très simple et formé de couteaux fixés en forme de spirale sur l'arbre. A chaque extrémité se trouve une raclette destinée à détacher l'empois collé sur les parois du cuiseur. Cet agitateur n'a pas une grande efficacité, au point de vue du broyage et de la division des matières travaillées, car il ne tourne pas suffisamment vite et ne possède pas de lames réellement tranchantes. Il suffit néanmoins pour le travail des pommes de terre car, à la haute température à laquelle elles sont soumises, la substance intercellulaire est détruite et l'amidon, se trouvant directement en contact avec l'eau, donne, par une faible agitation, un empois parfait.

La dissolution de l'amidon est d'autant plus parfaite que la pression a été plus élevée, et, dans ce cas, l'agitateur tourne facilement. On ne saurait cependant recommander la cuisson à trop haute pression, car, si l'amidon reste intact, il n'en est pas de même du sucre que contiennent les pommes de terre.

Après la cuisson, on a dans l'appareil Hollefreund un empois bien liquide dont la température varie entre 130 et 135° C. Cet empois doit être saccharifié; mais nous savons que cette opération ne peut se faire qu'à 65° C. au maximum, de sorte qu'il faut commencer par amener l'empois à cette température. Pour cela, on ferme la soupape d'introduction de la vapeur, puis on ouvre une soupape d'échappement placée sur le côté du cuiseur. La vapeur s'échappe et, lorsque la pression dans le cuiseur est devenue égale à la pression atmosphérique, on constate qu'au lieu d'être descendue à 100°, comme ce serait le cas avec de l'eau, la température de l'empois est restée à 110-112° C.

Cette différence s'explique facilement, car on sait que les dissolutions ont des points d'ébullition différents de ceux des dissolvants correspondants. Pour ramener la température de l'empois à 65° C., on fait le vide dans le cuiseur au moyen de la pompe à

air k , mise en relation avec le condenseur m , après avoir fermé la soupape d'échappement. Par suite du vide, l'empois reste en ébullition et dégage continuellement de la vapeur dont la chaleur provient de l'empois qui se refroidit ainsi graduellement. Ce système de réfrigération produit la concentration de l'empois, ce qui peut être un avantage dans certains cas.

Ainsi, supposons qu'il faille refroidir 1000 kilos d'empois de 108 à 65° C.; il faudra enlever $(108-65) 1000 = 43000$ calories. Or chaque kilogramme de vapeur contenant 640 calories, la quantité de vapeur produite sera $\frac{43000}{640} = 67,2$ kilogrammes. Dans ces conditions, un moût de 22° saccharométriques serait amené à 23°,6.

Le condenseur se compose d'un gros tube terminé en forme d'entonnoir pour recevoir les vapeurs.

Ce tube contient à l'intérieur un tuyau en cuivre percé de trous à travers lesquels l'eau froide est projetée sur les vapeurs qu'elle condense.

Pendant toute la durée du refroidissement de l'empois du cuiseur, la consommation d'eau du condenseur est d'environ $\frac{3}{4}$ de litre par litre de moût.

On contrôle la marche de la réfrigération dans le cuiseur par un thermomètre à angle droit dont la boule, qui plonge dans l'empois, est recouverte d'une couche de cuivre. Ce dépôt de cuivre, qui préserve la boule, s'obtient par la galvanoplastie. Aussitôt qu'on a atteint la température de 67°5 - 70° C., on arrête la pompe à air et on introduit le lait de malt qui abaisse immédiatement la température à 60° - 62° C. Vers la fin de la réfrigération, l'agitateur tourne difficilement et très-lentement; par contre, aussitôt après l'addition du malt, il augmente de vitesse et fait 80-90 tours alors qu'il n'en faisait auparavant que 36-40.

L'addition du lait de malt se fait d'une façon très-simple. Il suffit d'ouvrir le robinet o pour que la pression atmosphérique, agissant sur le préparateur de lait de malt p , fasse passer le malt dans le cuiseur où, par suite de la marche de la pompe à air, existe un vide relatif. Il suffit enfin de laisser agir le malt pendant une demi-heure et d'enlever le moût sucré par une pompe quelconque qui l'envoie au réfrigérant. On avait espéré pouvoir refroidir le moût sucré dans le cuiseur en continuant à faire le vide et en refroidissant extérieurement le cuiseur, mais les résultats obtenus n'ont pas été satisfai-

sants et, jusqu'à présent, il n'existe que l'appareil *Bohm* qui, muni d'un agitateur à circulation d'eau, permette de refroidir les moûts saccharifiés jusqu'à la température convenable pour la fermentation.

On pourrait vider le cuiseur *Hollefreund* en s'en servant comme d'un monte-jus ; mais il faudrait avoir soin de laisser l'agitateur au repos pendant la vidange. En opérant de cette façon, on élèverait la température du moût de 2°,5 C. environ. On emploie fréquemment des monte-jus spéciaux qui reçoivent le moût du cuiseur et le refoulent ensuite aux réfrigérants.

La figure 60 représente un monte-jus de ce genre. Le moût pénètre dans le monte-jus par le tuyau *a*, l'air s'échappe par le robinet *e*, et, lorsque le monte-jus est plein, on ferme les robinets *e* et *a* et l'on ouvre le robinet de vapeur *c*. La vapeur, exerçant alors sa pression sur le moût, le refoule par le tuyau *d*.

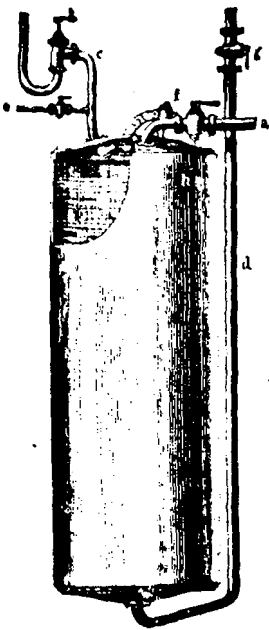


Fig. 60.

Lorsqu'on se sert de ce monte-jus, le moût n'augmente guère de température, car la surface en contact avec la vapeur est beaucoup plus petite que dans le cuiseur *Hollefreund* dont la position est horizontale. Il faut avoir soin de faire passer un courant de vapeur dans le monte-jus avant chaque remplissage, afin de tuer les germes de fermentation qui pourraient s'y être développés grâce à la petite quantité de moût restant après chaque opération. La pompe à air du cuiseur *Hollefreund* peut être aussi construite de telle sorte qu'elle puisse servir à refouler les moûts aux réfrigérants.

Ici s'arrêtent les diverses opérations spéciales du système *Hollefreund*, car les opérations suivantes, auxquelles les moûts sucrés obtenus sont soumis, restent identiques à celles des anciens systèmes.

Comme l'appareil *Hollefreund* ne suffit pas pour travailler convenablement les pommes de terre avariées et les maïs, un grand nombre de distillateurs lui ont adjoint le broyeur *Bohm*. *Ludecke-Hætensleben* a obtenu d'excellents résultats avec cette dernière disposition.

Pour une capacité des cuves à fermentation de 4000 litres, l'appareil Hollefreund doit avoir 6000 litres de volume et ses dimensions sont les suivantes :

Hauteur.....	1 mètre 60
Longueur.....	3 mètres
Volume.....	6030 litres.

Voici la durée approximative des différentes opérations de l'appareil *Hollefreund* :

	Minimum.	Maximum.
1. Cuisson des pommes de terre jusqu'à l'obtention de 2 à 3 atmosphères de pression.	1 heure	1 heure 30 min.
2. Formation de l'empois par la marche de l'agitateur	— " 15 "	— " 20 "
3. Échappement de la vapeur.....	— " 10 "	— " 10 "
4. Réfrigération jusqu'à la température de saccharification au moyen du vide....	— " 20 "	— " 30 "
5. Durée de la saccharification	— " 20 "	— " 30 "
6. Vidange du cuiseur.....	— " 10 "	— " 10 "
7. Nettoyage et charge.....	— " 15 "	— " 20 "
<hr/>		
Durée totale des diverses opérations ..	2 heures 30	3 heures 30

On peut compter sur une durée moyenne de 3 heures pour chaque opération complète ; on pourra donc en faire 4 par 12 heures de travail.

3. ANCIEN APPAREIL DE BOHM.

Le cuiseur de *Bohm* est dérivé de l'appareil *Hollefreund* et n'en diffère que par le moyen employé pour ramener l'empois à la température de saccharification. Tandis que dans l'appareil *Hollefreund*, on utilise le froid produit par le vide, *Bohm* emploie un agitateur creux à circulation d'eau froide qui permet non-seulement d'arriver facilement à la température de saccharification, mais aussi à celle qui est nécessaire pour la mise en fermentation. (Nous avons vu que le vide il n'était pas pratique pour obtenir des températures aussi basses.)

L'appareil Bohm permet donc de réaliser toutes les opérations préliminaires dans un seul vase.

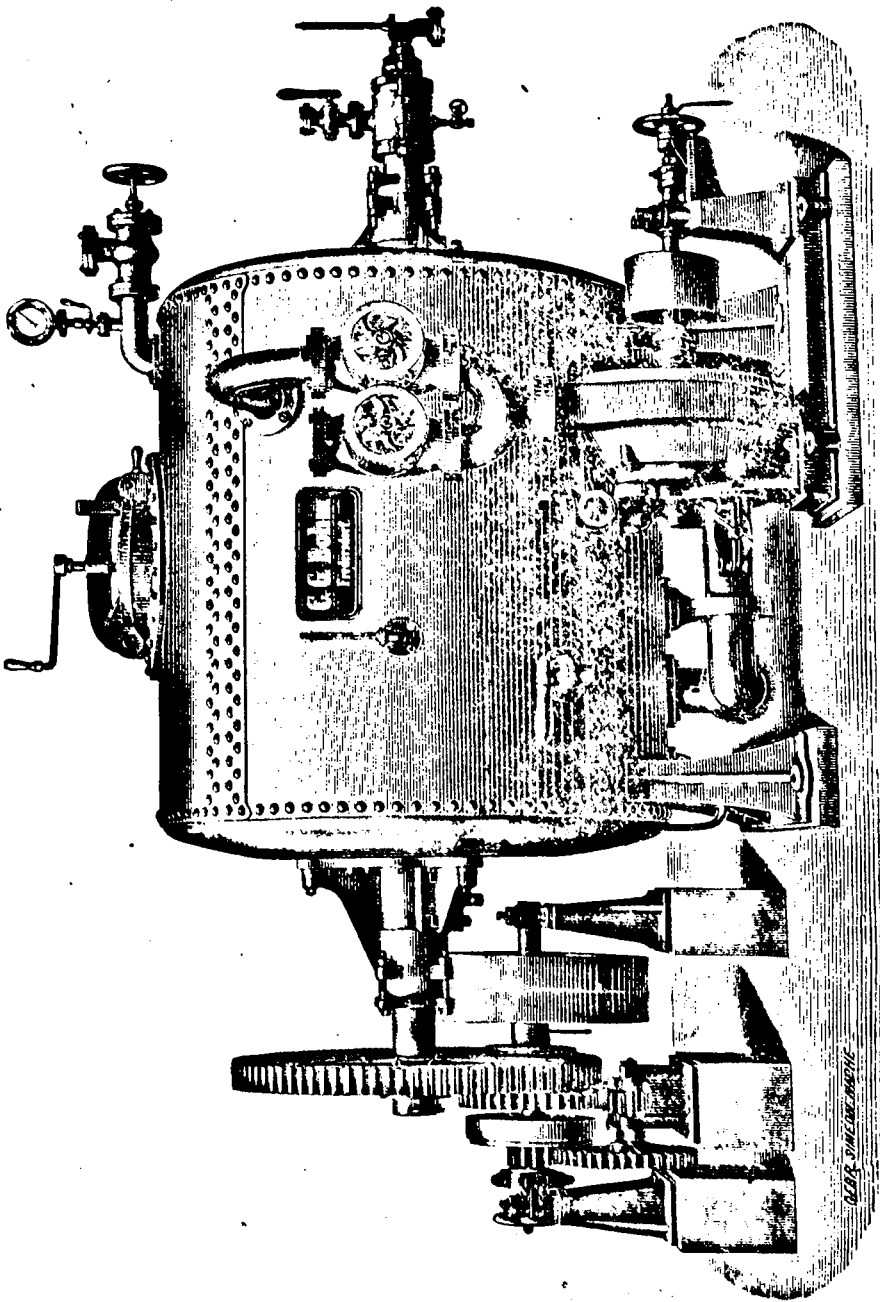


Fig. 61.
Cuisseur Bohm (ancien).

La fig. 61 représente la disposition adoptée par Bohm. Cette disposition est presque identique à celle de Hollefreund. L'appareil Bohm se compose essentiellement d'un vase cylindrique horizontal dont les dimensions sont semblables à celles de l'appareil Hollefreund.

Ainsi, pour une capacité des cuves à fermentation de 2200 litres, le cuiseur Bohm aura un volume de 3662 litres, avec les dimensions suivantes :

Longueur.....	188,6 centimètres.
Hauteur.....	157,2 "

On voit donc que l'appareil Bohm ne diffère de celui de Hollefreund que parce qu'il a un peu moins de longueur et un peu plus de hauteur.

Les opérations de la cuisson sont analogues à celles que nous avons décrites pour le cuiseur précédent. Les pommes de terre sont introduites par un trou d'homme, puis soumises à l'action de la vapeur. La partie inférieure du cuiseur s'usant plus rapidement que la partie supérieure, par l'action des sables et de la terre adhérant aux pommes de terre, est faite en tôle plus épaisse que les autres parois.

L'agitateur, qui caractérise ce cuiseur, est représenté par les figures 62 et 63.

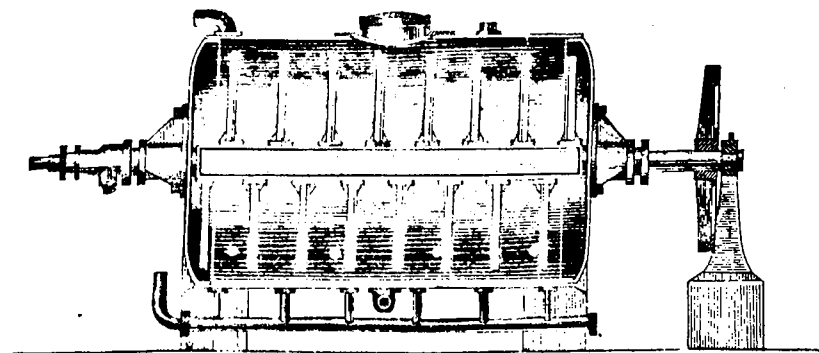


Fig. 62.

Sur un arbre creux, on adapte non plus des couteaux, mais des boîtes qui, au début, étaient faites en tôle de fer, mais que par la suite Bohm a exécutées en tôle de cuivre, ce dernier métal transmettant

mieux la chaleur. Les parois de ces agitateurs sont écartées de 4 cm et portent des couteaux faisant saillie, et destinés à déchirer les matières premières travaillées.

La cuisson dure le même temps que dans l'appareil Hollefreund, et lorsqu'elle est terminée on lâche la vapeur, puis on introduit de l'eau froide dans l'agitateur maintenu en mouvement.

L'arbre creux de l'agitateur est cloisonné de telle façon que l'eau, après avoir traversé chacune des boîtes, revient dans cet arbre et sort du côté par lequel elle est entrée. La réfrigération peut être activée en faisant couler de l'eau froide sur le cuiseur.

Lorsque la température de la saccharification est atteinte, on laisse arriver dans le cuiseur le lait de malt provenant d'un réservoir situé à un niveau supérieur à celui du cuiseur.

Puis, lorsque la saccharification est terminée, on reprend la réfrigération en laissant à nouveau passer un courant d'eau froide dans l'agitateur. La consommation d'eau pour l'appareil Bohm, d'après une expérience faite par Maercker, représente environ :

1/2 à 3/4 de litre pour la réfrigération jusqu'à la température de saccharification,

2 à 2 1/2 litres pour descendre ensuite jusqu'à la température de fermentation.

L'eau qui a servi dans cette expérience avait une température de 10,5 à 11,5° C. Nous rappellerons que le condenseur de l'appareil Hollefreund exige 3/4 de litre d'eau indépendamment de la force nécessaire pour le fonctionnement de la pompe à air.

Lorsque l'agitateur de l'appareil Bohm s'est sali par le dépôt de boue ou de carbonate de chaux, on y fait passer de l'acide chlorhydrique étendu qui dissout facilement le carbonate de chaux et désagrège la boue et les dépôts organiques qui s'enlèvent ensuite par un simple courant d'eau (?).

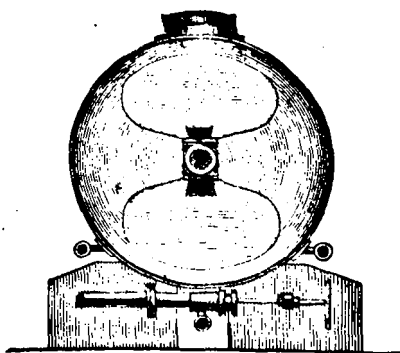


Fig. 63.

Voici le temps exigé pour les différentes opérations de l'appareil Bohm :

Cuisson jusqu'à l'obtention de 2 à 3 atmosphères de pression	1 heure — min.	1 heure 30 min.
2. Formation de l'empois par la marche de l'agitateur.....	— " 15 "	— " 20. "
3. Échappement de la vapeur.....	— " 10 "	— " 10 "
4. Réfrigération jusqu'à 67°,4 C.....	— " 20 "	— " 30 "
5. Addition du lait de malt et durée de la saccharification.....	— " 20 "	— " 30 "
6. Réfrigération jusqu'à 15°—16° C. ...	1 " — "	1 " 30 "
7. Vidange du cuiseur.....	— " 10 "	— " 10 "
8. Nettoyage et chargement	— " 15 "	— " 20 "
<hr/>		
Durée totale des diverses opérations	3 heures 30 min.	5 heures — min.

La durée moyenne est donc comprise entre 4 à 4 1/2 heures, et on ne doit guère pouvoir faire plus de 3 opérations par jour.

Il est évident qu'en n'utilisant pas l'appareil Bohm pour la réfrigération du moût saccharifié on pourrait faire autant de saccharifications avec cet appareil qu'avec ceux de Hollefreund ou de Henze.

4. APPAREIL HENZE.

L'appareil Henze est le plus simple de tous les appareils nouveaux, et, par suite, celui qui se rapproche le plus des anciennes dispositions des distilleries.

Il s'est rapidement propagé et est actuellement non seulement le plus répandu, mais aussi celui qui est adopté pour tous les nouveaux systèmes de cuiseurs combinés avec des appareils de broyage. On ne compte plus par centaines, mais bien par milliers, les distilleries installées d'après le système Henze. Cet appareil, d'ailleurs, donne des résultats excellents, malgré sa simplicité.

Le système Henze repose sur ce fait qu'une masse de pommes de terre cuites à haute pression donne, sans aucune disposition soit pour l'agitation de la matière, soit pour son broyage, un empois parfaitement homogène, à condition que la vidange se fasse par un petit orifice muni d'arêtes aiguës.

Les opinions sont partagées sur la théorie de cette division de la matière soumise à la cuisson.

Maercker n'a pas cru devoir adopter l'opinion généralement admise, ses observations microscopiques ne la confirmant pas. En effet, on admet souvent que l'eau contenue dans les cellules des pommes de terre se trouve, dans le cuiseur, portée à une température de beaucoup supérieure à 100° C., et que cette eau, dès que la masse sort du cuiseur, passe à l'état de vapeur en crevant les cellules.

Cette théorie très-séduisante ne se confirme pas, car la masse sortant du cuiseur, examinée au microscope, ne présente que peu de cellules ayant éclaté.

On doit plutôt admettre, d'après Maercker, que les parois des cellules soumises à la haute température du cuiseur se désagrègent à un tel point que le moindre frottement les brise, et permet alors à la diastase d'arriver à l'amidon rendu en partie soluble par la cuisson.

DESCRIPTION RAPIDE DU SYSTÈME HENZE.

Avant d'entrer dans les détails du cuiseur Henze, nous allons donner une courte description du procédé de fabrication qu'on adopte lorsqu'on fait usage de l'appareil Henze. Cet appareil se compose d'un réservoir cylindrique terminé par une partie conique, ou d'un réservoir entièrement conique (*Paucksch*), placé verticalement dans tous les cas. Cette chaudière comprend :

1. Un trou d'homme pour l'introduction des pommes de terre,
2. Une soupape de sûreté,
3. Un manomètre,
4. Une ou plusieurs arrivées de vapeur,
5. Un robinet pour l'écoulement de l'eau de condensation,
6. Un tuyau de sortie pour conduire la masse cuite dans la cuve à saccharifier,
7. Un robinet pour ouvrir ou fermer ce tuyau.

On introduit les pommes de terre dans le cuiseur par le trou d'homme qu'on ferme ensuite ; on ouvre alors les tuyaux amenant la vapeur, en même temps que le robinet d'écoulement de l'eau condensée. On ferme ce dernier dès que les eaux de condensation qui s'écoulent entraînent une certaine quantité d'amidon, ce que l'on reconnaît à la teinte blanche de ces eaux. On laisse alors la cuisson

s'opérer à la pression de 2 à 3 atmosphères. D'autre part, on introduit le malt finement broyé dans la cuve à saccharifier, on l'additionne d'eau pour en faire un lait de malt bien liquide, puis on opère lentement la vidange du cuiseur, en surveillant la température dans la cuve à saccharifier, car, sans cela, on risquerait fort de brûler le malt et de détruire la diastase.

Pour éviter cet accident les nouveaux appareils sont munis de dispositions spéciales qui opèrent le refroidissement de l'empois à la sortie du cuiseur. Parmi les appareils employés à cet effet, il faut citer en premier lieu les « *exhausteurs* ». Lorsque la vidange est terminée, la température de la matière soumise à la saccharification ne doit, sous aucun prétexte, dépasser 65° C. La durée d'une saccharification est d'une demi-heure ; on procède ensuite au refroidissement. Nous décrirons les appareils employés pour la réfrigération dans le chapitre VIII.

Les améliorations apportées à l'appareil Henze portent principalement sur les points suivants :

1. Perfectionnement de la forme du cuiseur,
2. Amélioration de la distribution de la vapeur,
3. Perfectionnement de la soupape de vidange,
4. Réfrigération de l'empois par les exhausteurs et autres dispositifs,
5. Addition d'appareils de broyage, concasseurs, etc., etc,

DE LA CONSTRUCTION DE L'APPAREIL HENZE.

a) *Résumé historique du cuiseur Henze.*

La forme du cuiseur Henze a passé par un grand nombre d'essais avant d'arriver à la disposition actuelle. Henze lui-même employa au début un cuiseur cylindrique terminé par un fond plat à la partie inférieure ; mais il constata aussitôt qu'une telle disposition ne permettait pas la vidange complète de l'appareil et notamment des pommes de terre logées dans l'angle formé par le fond avec la partie cylindrique.

Il essaya alors d'obtenir une vidange complète en ajoutant à son cuiseur un agitateur vertical muni de bras horizontaux ; mais le résultat ne fut pas parfait. Le travail se fit mieux en établissant

dans le fond du cuiseur un faux-fond incliné à 60° au moyen de douelles de tonneau.

Toutefois, ce n'est qu'à partir du jour où l'on construisit le cuiseur Henze avec un fond conique, tel qu'on l'utilise encore aujourd'hui, que cet appareil devint parfait.

La distillerie de Mockau (Gontard) adopta la première le cuiseur à fond conique, aussitôt après la communication de Henze à la réunion des distillateurs, en 1873.

Parmi les grands constructeurs, *Paucksch* fût le premier qui construisit les cuiseurs Henze à base conique; il installa son premier cuiseur, ainsi établi, à la distillerie de Baerfelde en Neumark.

Plus récemment, *Paucksch* prit un brevet (1881) pour un cuiseur entièrement conique.

b) *Construction ancienne du cuiseur Henze.*

La figure représente le cuiseur Henze tel que le font la plupart des constructeurs. La fig. 64 représente spécialement le cuiseur de la maison E. Leinhaas de Freiberg en Saxe. L'arrivée de vapeur se fait par deux orifices dans le bas et par un troisième dans le haut.

c) *Cuiseur conique de Paucksch.*

La figure 65 représente le cuiseur conique de *Paucksch*. Il faut remarquer que l'entrée de la vapeur, dans la partie supérieure, se fait par un tuyau circulaire afin d'obtenir une meilleure distribution.

DISPOSITIONS EMPLOYÉES POUR PESER LES POMMES DE TERRE.

Il est évident que, pour le contrôle du travail, les pommes de terre doivent être pesées pour chaque opération du cuiseur. Pour obtenir ce résultat, l'élévateur déverse les pommes de terre dans une caisse posée sur une bascule. Après chaque pesée, les pommes de terre se déversent dans le cuiseur par une ouverture de la caisse fermée par un registre. Dans les distilleries où la hauteur fait défaut, on peut fixer le cuiseur lui-même sur la bascule.

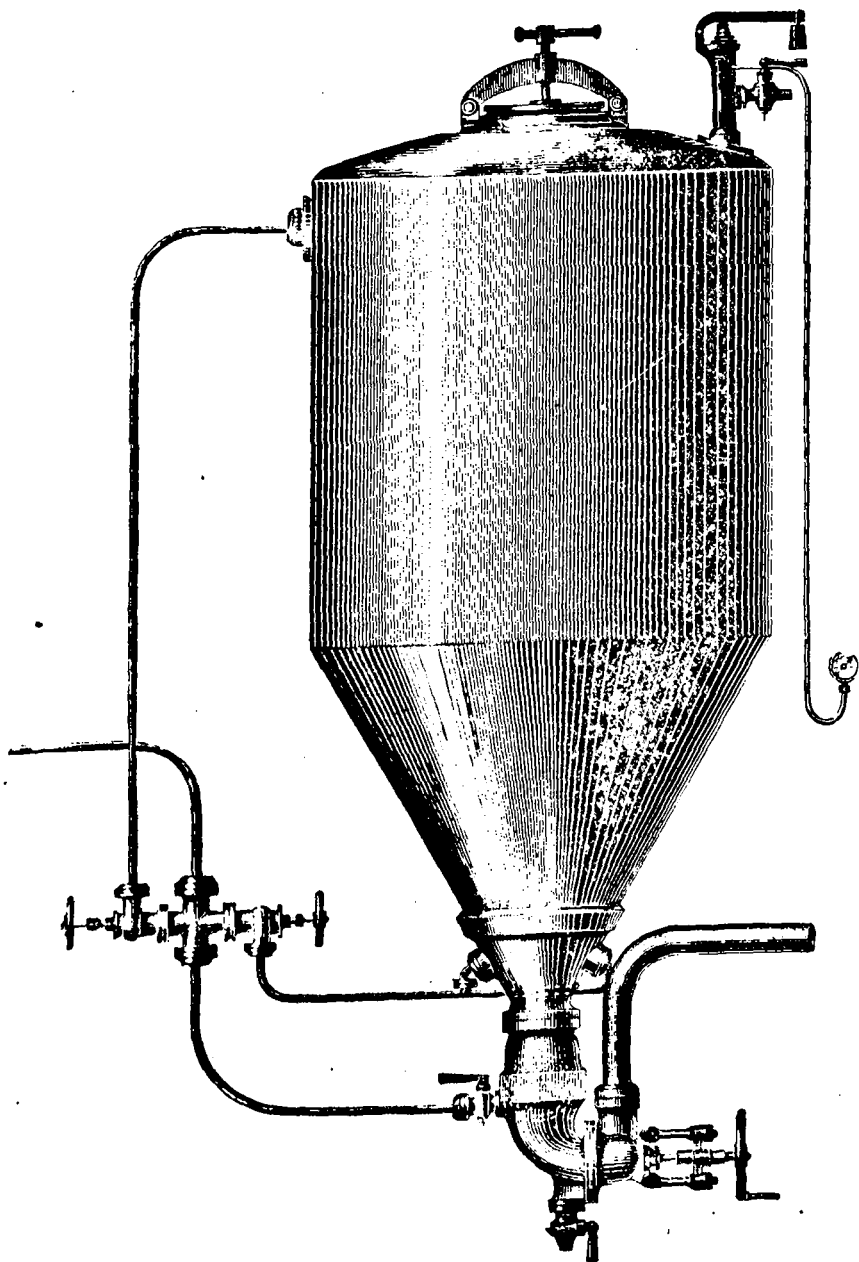


Fig. 64.
Cuisneur Henze.

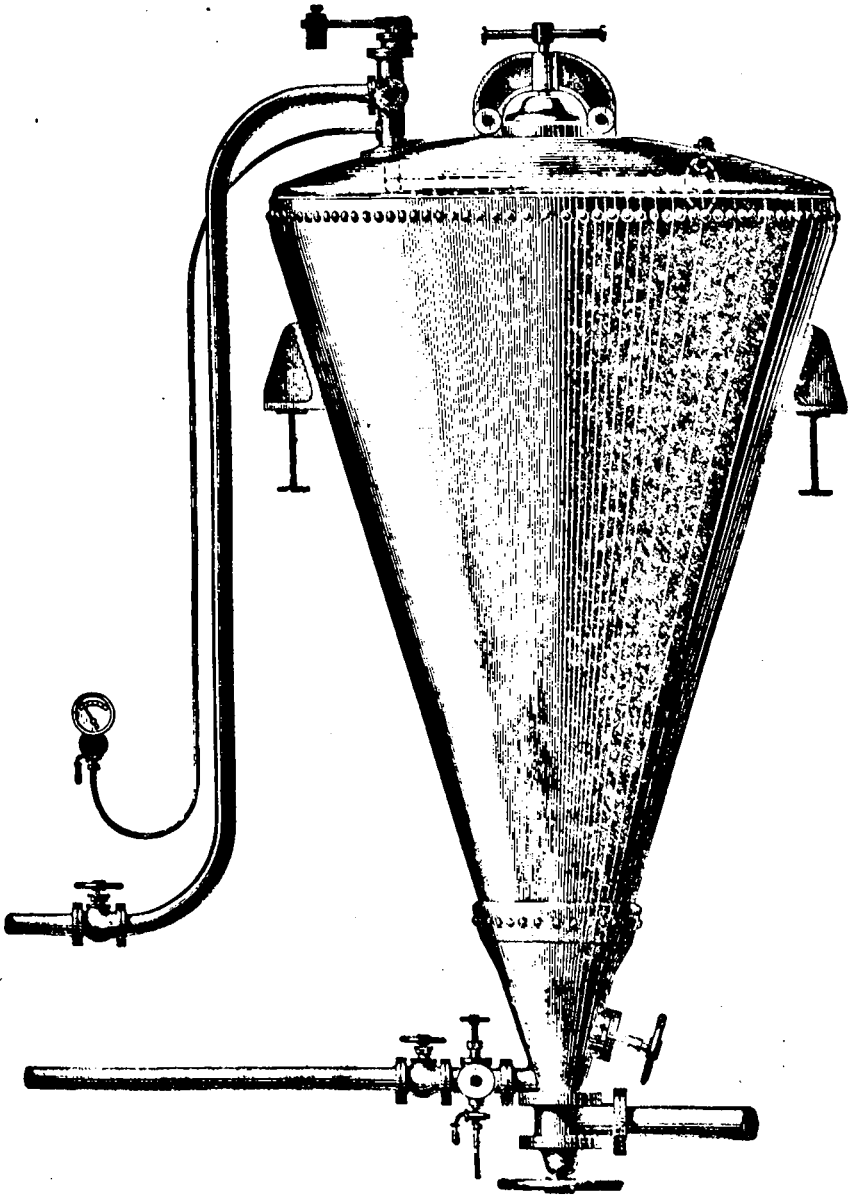


Fig. 65.
Cuiseur Paucksch

DE L'EMPLOI DU CUISEUR HENZE.

1. *Conduite de la cuisson.*

Voici de quelle façon on travaille généralement avec le cuiseur Henze :

Après avoir chargé le cuiseur de pommes de terre et fermé le trou d'homme, on ouvre la soupape de sûreté, ou bien un robinet pour l'échappement de l'air, s'il en existe un. On introduit alors la vapeur par le fond conique du cuiseur jusqu'à ce que tout l'air soit chassé. On ferme ensuite la soupape de sûreté ainsi que l'arrivée de vapeur, et on ouvre le robinet amenant la vapeur dans la partie supérieure du cuiseur. On ouvre à ce moment le robinet permettant l'évacuation de l'eau de condensation, pour le refermer dès qu'on s'aperçoit que cette eau devient laiteuse par l'amidon entraîné.

On monte alors à la pression de 2 à 3 atmosphères, puis on procède à la vidange.

Schuster recommande d'observer les précautions suivantes pendant la cuisson : Dès que le robinet de l'eau de condensation a été fermé et que l'introduction de vapeur a été à nouveau faite par le bas, on décharge la soupape de sûreté, de telle façon que pendant toute la durée de la cuisson il y ait un petit échappement de vapeur. On obtient ainsi un mouvement continu des pommes de terre soumises à la cuisson, et aussi un empois meilleur et plus rapidement formé.

Schuster donne l'exemple suivant de l'efficacité de son procédé : 3000 kilogr. de pommes de terre soumises à la cuisson à une pression de 3 à 3,5 atmosphères, pendant 3 heures, donnèrent un empois *inégalement coloré et fluide*, tandis que la même quantité de pommes de terre soumises à la cuisson à une pression de 2,5 atmosphères, pendant 2 à 2 1/4 heures, avec la soupape de sûreté soufflante, donna un empois absolument régulier, tant comme fluidité que comme teinte.

Ce mode de cuire avec la soupape soufflante est presque universellement employé, notamment pour la cuisson du maïs et des autres grains.

Paucksch fait les recommandations suivantes pour la cuisson avec son appareil conique :

Le robinet pour l'évacuation de l'eau de condensation est ouvert dès la mise en marche, et la vapeur est immédiatement introduite par la partie supérieure.

La vapeur se répand régulièrement de haut en bas, et les pommes de terre de la partie supérieure restent plus longtemps en contact avec la vapeur que celles de la partie inférieure, qui se trouvent déjà chauffées par la vapeur condensée. Le robinet d'évacuation de l'eau de condensation ne se ferme que lorsque les pommes de terre sont cuites à point, et on peut ensuite procéder à la vidange dès que le fond du cuiseur est devenu chaud.

D'après Pauksch, on obtient ainsi des moûts à grande concentration ainsi qu'un empois parfait. Presque toutes les distilleries travaillent, d'ailleurs, d'une façon analogue.

2. Combien de temps doit durer la cuisson, et à quelle pression doit-elle se faire ?

On croyait jusqu'à présent qu'il n'était pas nécessaire de surveiller exactement la pression pendant la cuisson, puisque l'amidon ne se décompose que vers 160° C. = 6 atmosphères ; toutefois, bien que l'amidon résiste parfaitement à la pression de 4 atmosphères, il est nécessaire de cuire avec précaution, car la dextrose et la maltose sont détruites à des températures beaucoup plus basses. De plus, on sait que les dissolutions salines détruisent beaucoup plus facilement les matières organiques que l'eau pure : il se peut donc que les sels contenus dans les moûts activent, pendant la cuisson, la destruction du sucre. Les pommes de terre contiennent d'ailleurs toujours du sucre tout formé, et notamment lorsqu'elles ont germé, de sorte que pendant la cuisson on pourrait s'exposer à détruire ces matières fermentescibles. Delbrück et Francke ont appelé l'attention des distillateurs sur ce fait, lors de la réunion des distillateurs allemands en 1882, et ils ont vivement critiqué la cuisson trop prolongée. On peut considérer qu'une cuisson de 2 heures, à la pression de 3 atmosphères, est un maximum pour des produits normaux, et, lorsqu'il y a du sucre, de grandes précautions sont nécessaires. C'est pour cette raison que les distributions de vapeur perfectionnées ont une si grande importance, car, grâce à la

cuisson régulière qu'elles procurent, elles activent cette opération et par suite diminuent les chances de destruction du sucre.

3. Vidange de l'appareil Henze.

La vidange du cuiseur peut se faire à très-basse pression. Maercker a constaté qu'avec une pression d'une demi-atmosphère cette opération pouvait très-bien s'accomplir ; néanmoins, c'est un grand tort d'opérer la vidange à basse pression. La masse cuite ne doit pas sortir lentement ; mais elle doit être projetée dehors avec force, de manière qu'elle se divise bien en passant sur les arêtes vives des dispositifs employés dans ce but. La pression devrait donc être au moins de 2 atmosphères, et, si possible, de 3. Il vaudrait même mieux employer une pression plus forte pour la vidange que pendant la cuisson, la masse cuite étant d'autant plus divisée qu'elle est rejetée plus violemment hors du cuiseur.

4. De la perte d'amidon produite par l'écoulement des eaux de condensation.

Pour obtenir avec l'appareil Henze des moûts très-concentrés, on a l'habitude de laisser écouler du cuiseur les eaux de condensation provenant de la vapeur introduite au début de la cuisson et employée pour porter les pommes de terre à la température de 100°.

Les uns prétendent que la perte provenant de l'amidon entraîné est considérable, tandis que d'autres prétendent qu'elle est insignifiante.

Pour trancher cette question, Maercker a fait des essais dans les distilleries de Weende et Nedlitz et a reconnu que par 2500 kil. de pommes de terre, la perte, provenant tant de l'amidon entraîné des pommes de terre crevées, que du sucre et de la dextrine du jus des pommes de terre, ne dépassait pas 0,75 kilog. d'amidon.

Cette perte est donc tout à fait insignifiante. Maercker admet cependant que, dans certains cas, elle pourrait être plus importante, notamment avec des pommes de terre crevant facilement, ou lorsqu'on cherche à faire des moûts très-concentrés en ne fermant pas en temps le robinet d'écoulement des eaux de condensation.

5. De l'obtention de moûts concentrés avec l'appareil Henze.

C'est à tort que les constructeurs des appareils Henze prétendent

que les autres appareils sous pression ne permettent pas d'obtenir des moûts à haute concentration. Toutefois, il faut reconnaître que l'appareil Henze est le plus favorable pour produire ce résultat.

Néanmoins, un grand nombre de constructeurs s'engagent à donner avec leur cuiseur des moûts marquant 4° du saccharomètre Balling de plus que le degré correspondant à la richesse en amidon des pommes de terre travaillées.

On trouve, effectivement, des exemples (Zeitschrift f. Spiritusind., 1881, p. 294) de moûts obtenus à 4° à 5° sacch. B. de plus que le degré correspondant à la teneur en amidon des pommes de terres mises en œuvre.

Le cuiseur Hollefreund a aussi été approprié tout récemment pour la production de moûts épais par l'adjonction d'un tuyau de vapeur débouchant dans la partie supérieure. (Voir p. 358).

6. *Des dimensions du cuiseur Henze.*

Stenglein a fait une étude complète sur ce sujet (Zeitschrift. f. Spir.ind., p. 290, 1882). Il est évident, à première vue, que les dimensions du cuiseur Henze ne peuvent pas toujours être constantes, car, pour produire des moûts à 20° sacchar. B., il faudra une plus grande quantité de pommes de terre pauvres en amidon que de tubercules riches. Ainsi, Stenglein a trouvé qu'avec des pommes de terre très-riches en amidon, un volume de 140 litres du cuiseur par 100 kilos de pommes de terre suffisait, tandis qu'avec des pommes de terre pauvres il fallait compter sur 160 litres.

On doit donc choisir un cuiseur de dimensions telles que, par 100 kilogr. de pommes de terre à mettre en œuvre, il ait une contenance de 150 litres.

Pour les maïs et seigle, on peut compter sur 400 litres de volume du cuiseur par 100 kilogr. de ces grains. Ce chiffre est même élevé car il est basé sur l'emploi de 200 litres d'eau par 100 kil. de grains, tandis que dans ces derniers temps on est arrivé à cuire avec 140 à 160 litres d'eau seulement par 100 kilogr. de grains. On ne doit pas, d'ailleurs, choisir un cuiseur trop grand, car, outre qu'il coûte cher, il consomme plus de vapeur par suite de sa plus grande surface de condensation; il occupe aussi inutilement un espace trop grand etc., etc.

On compte que par 100 litres de capacité de fermentation, il faut 115 à 120 litres au cuiseur Henze.

DES DANGERS D'EXPLOSION DU CUISEUR HENZE ET DES
APPAREILS ANALOGUES.

Les appareils Henze, de même que ceux de Hollefreund et de Bohm, ont besoin d'être bien surveillés car ils s'usent assez rapidement et présentent alors de grands dangers d'explosion. M. Abel, ingénieur en chef de l'association des propriétaires d'appareils à vapeur, a constaté, dans sa région, que sur 12 cuiseurs Henze, il y en avait 6 qu'il avait pu crever au marteau. Cette usure rapide provient du frottement continu sur la tôle du sable et de la terre dont le lavage n'a pu débarrasser les pommes de terre. Il s'en suit que l'emploi d'un bon laveur est un des meilleurs moyens pour préserver le cuiseur contre l'usure. La fermeture du cuiseur et presque toutes les pièces rapportées sont faites en fonte. D'après Abel, on peut se mettre à l'abri de tout danger d'explosion du cuiseur en se soumettant aux prescriptions suivantes : Les appareils neufs doivent être examinés attentivement au point de vue de la construction, du montage et de la qualité de la tôle ; en outre, à des intervalles assez rapprochés, il faut renouveler cette même vérification et ne confier la conduite du cuiseur qu'à un homme compétent.

Enfin, de temps en temps, il est bon d'essayer la résistance du cuiseur par une épreuve à l'eau.

DU REVÊTEMENT DES CUISEURS AVEC DES CALORIFUGES.

La perte de chaleur à travers la tôle de fer est considérable. On a reconnu que 1 mètre carré condensait les quantités suivantes d'eau, à la température moyenne des ateliers :

Appareil en fonte.....	3,484 kgr.
" fer.....	3,906
" cuivre.....	2,816

C. Ritter a déterminé la chaleur perdue dans une distillerie installée d'après le système Henze ; il a trouvé qu'elle était de 14,3 calories par mètre carré de surface du cuiseur dont l'épaisseur était de 8 millimètres, et par chaque degré de différence de température. Si on suppose une distillerie moyenne dont, par exemple, la surface

totale de la chaudière, de la tuyauterie et du cuiseur soit de 18 mètres carrés, et si on admet que la température dans ces appareils est de 120° C. et la température extérieure 14° C., on a, par 10 heures de travail, une perte de 308880 calories, correspondant à 88,2 kilogr. de charbon, soit par an environ 30000 kilogr. de charbon!

En recouvrant les appareils avec un enduit mauvais conducteur, on diminue considérablement la perte de chaleur.

Ainsi, avec un enduit de feutre, on a constaté les résultats suivants :

0,00 millimètres, perte. . . .	14,303 calories.
6,53 " "	5,140 "
12,70 " "	2,793 "
25,40 " "	1,497 "
50,80 " "	1,059 "

On voit donc qu'avec un enduit mauvais conducteur de 50 millimètres d'épaisseur, on peut réduire la perte à 1/14 seulement.

On ne doit donc jamais négliger de recouvrir les cuiseurs d'enduits mauvais conducteurs.

DE L'EXHAUSTEUR APPLIQUÉ AU CUISEUR HENZE.

Le travail avec le cuiseur Henze présentait anciennement une grande difficulté, car il était fort à craindre que, le cuiseur se vidant trop rapidement, la température de la cuve à saccharification ne dépassât la température de résistance de la diastase et que celle-ci ne fût détruite. Aussi, pour éviter ce danger, opérait-on la vidange très-lentement.

Pour activer cette vidange et pour éviter la destruction de la diastase, on a adapté au tuyau de vidange du cuiseur un aspirateur d'air à jet de vapeur. La première application de cet éjecteur au cuiseur Henze a été faite par les frères Avenarius (*Zeitschrift f. Spiritusindustrie*, 1868, p. 112). Il en est résulté qu'immédiatement la grande consommation de malt des distilleries du type Henze a été fortement réduite. Cette application est bientôt devenue générale, et ce n'est que dans ces derniers temps que cet appareil a pu être supprimé, par certains constructeurs, grâce à l'état de division de l'empois, ainsi qu'à l'agitation et à la réfrigération énergiques dans la cuve à saccharifier.

Le principe de l'exhausteur repose sur ce fait qu'un jet de vapeur, subitement détendu à la sortie d'un tuyau E, produit le vide et par suite un appel d'air. (Fig. 66).

Il est basé, d'ailleurs, sur le même principe que les aspirateurs d'air.

On monte cet aspirateur sur un tuyau vertical fixé à sa base sur le couvercle de la cuve à saccharifier.

Le tuyau de vidange du cuiseur débouche dans cette cheminée et, pendant la vidange, il suffit d'ouvrir le robinet de vapeur pour pro-

duire aussitôt un courant d'air froid circulant en sens inverse de l'empois. Il est essentiel, lors de l'installation d'un exhausteur, de ne pas mettre un tuyau de vapeur trop petit, car la circulation de l'air est alors rendue difficile et l'empois risque de rester trop chaud s'il ne rencontre pas l'air froid en quantité suffisante. On fait déboucher le tuyau de vidange du cuiseur dans la cheminée de l'exhausteur à une hauteur de 1 à 2 mètres au-dessus de la cuve à saccharification.

C. G. Bohm construit un exhausteur spécial représenté par la fig. 66. La cheminée est munie à l'intérieur de plusieurs pièces rapportées, en forme d'entonnoirs, qui rassemblent l'empois tout en le faisant descendre dans la cuve.

Immédiatement au dessous de chacun de ces entonnoirs, la paroi de la cheminée est percée d'un grand nombre de petits trous à travers lesquels passe l'air appelé par l'échappement de la vapeur. Avec cette disposition, le contact de l'air et de l'empois est très-bon.

L'adoption de l'exhausteur a permis de faire la vidange du cuiseur beaucoup plus rapidement. Cette opération, qui durait au moins une heure, auparavant, peut se faire maintenant en moins

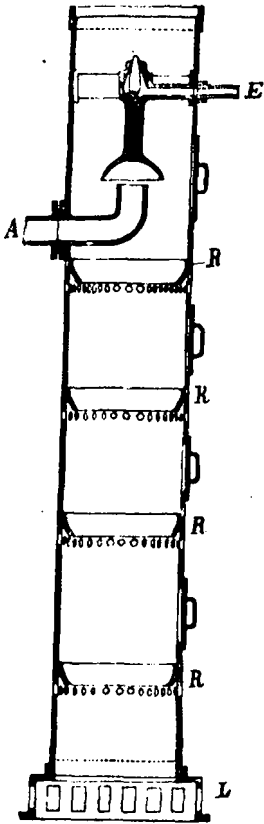


Fig. 66.

d'une demi-heure; toutefois, c'est un appareil qu'il n'est pas facile de nettoyer, même lorsqu'on lui donne des portes de nettoyage comme le fait Bohm. Pour cette raison, Hampel et Pampe n'appliquent pas l'exhausteur sur la tuyauterie de vidange, mais divisent l'empois, à la sortie du cuiseur, au moyen de dispositions mécaniques spéciales sur lesquelles ils installent l'exhausteur.

Néanmoins, le tuyau sur lequel est adapté l'exhausteur se salit encore par le moût entraîné par le courant d'air, de sorte que cette disposition ne supprime pas complètement l'inconvénient cité plus haut.

J. Schulz (Zeitschrift f. Spirind. 1883. p. 408) recommande de donner à la cheminée une forme évasée en entonnoir, vers le bas, parce qu'avec un tel exhausteur l'empois, ne rencontrant plus les parois, ne peut s'y coller.

Outre la sécurité, l'avantage principal de l'exhausteur consiste à donner une grande économie de temps. Bohm frères assurent qu'avec leur exhausteur la vidange peut se faire en 20 à 25 minutes.

DURÉE D'UNE OPÉRATION AVEC L'APPAREIL HENZE.

Exemple de l'ancien travail. — *Appareil Henze avec cuve à saccharifier sans réfrigération et sans exhausteur.*

1. Chauffage jusqu'à 2 atmosphères	1 H. — M. à 1 H. 30 Min.
2. Vidange.....	} 1 " 30 " 2 " — "
3. Refroidissement jusqu'à la température de saccharification	
4. Saccharification	— " 20 " — " 30 "
5. Vidange du saccharificateur	— " 10 " — " 15 "
	<hr/>
	3 Heures à 4 H. 15 Min.

Appareil Henze avec distribution de vapeur perfectionnée et saccharificateur sans réfrigération mais avec exhausteur.

1. Chauffage jusqu'à 2 atmosphères.	— H. 40 M. à 1 H. — Min.
2. Vidange.	} — " 30 " — " 45 "
3. Refroidissement à 65° C.	
4. Saccharification	— " 20 " — " 30 "
5. Vidange du saccharificateur	— " 10 " — " 15 "
	<hr/>
	1 H. 40 M. à 2 H. 30 Min.

Appareil Henze avec exhausteur perfectionné, distribution de vapeur et saccharificateur avec réfrigération.

1. Chauffage jusqu'à 2 atmosphères.....	— H. 40 M. à 1 H. — Min.
2. Vidange	} — » 20 » — » 25 »
3. Refroidissement à 65° C.	
4. Saccharification	— » 20 » — » 30 »
5. Vidange du saccharificateur	— » 10 » — » 15 »
<hr/>	
1 H. 30 M. à 2 H. 10 Min.	

Comme le saccharificateur n'est occupé que pendant 1 1/2 à 2 heures par opération, on peut, avec 2 cuiseurs, faire jusqu'à 6 et même 8 opérations par jour.

DES PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS A L'APPAREIL HENZE.

L'industrie n'a pas tardé à ajouter à l'appareil Henze certaines dispositions qui, en activant sa marche, en assurent et en perfectionnent encore le fonctionnement.

Les premières améliorations ont d'abord porté sur les points suivants :

1. Distribution de la vapeur dans le cuiseur ;
2. Dispositions pour la vidange ;
3. Broyeurs.

DE LA DISTRIBUTION DE LA VAPEUR DANS LE CUISEUR HENZE.

Les premiers appareils Henze ne possédaient qu'une seule entrée de vapeur généralement située au milieu du cuiseur. Bientôt, on reconnut que cette distribution de la vapeur était insuffisante, notamment pour le travail des grains, et on fut amené à adopter une deuxième entrée située à l'extrémité inférieure du cône (Venuleth et Ellenberger).

Malgré cette addition, on constata bientôt que la cuisson des grains n'était pas parfaite, car il est indispensable de maintenir les grains constamment en mouvement pendant leur cuisson ; ce résultat ne peut s'obtenir que par une distribution de vapeur convenable et une disposition spéciale des tuyaux d'arrivée, disposition grâce à laquelle on donne un mouvement rotatoire à la masse soumise à la

cuisson. La disposition la plus ancienne dans ce genre est celle d'Avenarius frères ; elle permet de cuire le maïs sans l'adjonction d'aucun broyeur.

DISTRIBUTION DE VAPEUR DES FRÈRES AVENARIUS.

Cette disposition est représentée en plan par la fig. 68 et en élévation par les fig. 67 et 69.

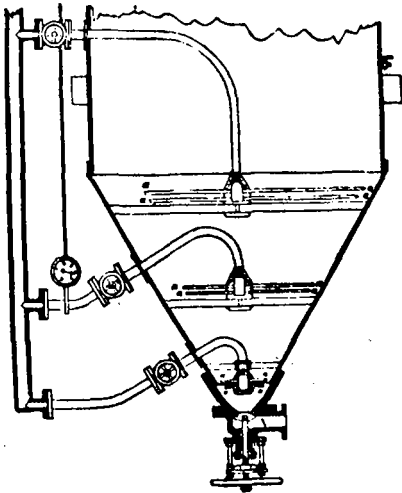


Fig. 67.

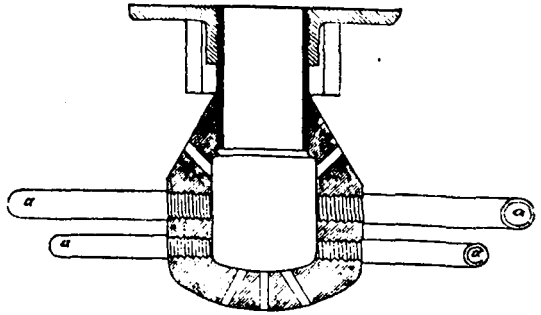


Fig. 69.

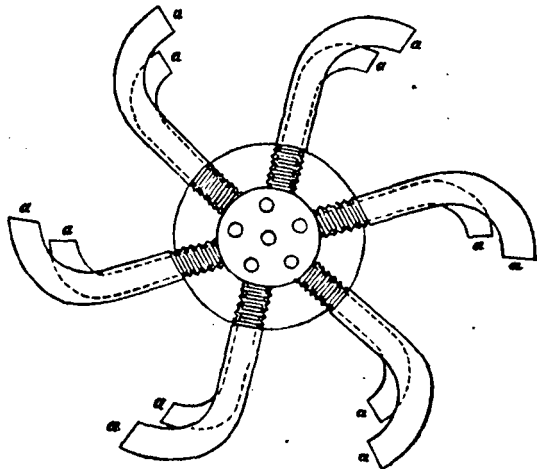


Fig. 68.

Chaque entrée de vapeur conduit à un distributeur horizontal formé de 6 (le système supérieur, 8) doubles tuyaux par lesquels la

vapeur s'échappe en produisant un mouvement rotatoire qui se communique à toute la masse soumise à la cuisson. Le système d'*Avenarius* a donné dans la pratique d'excellents résultats, notamment pour le travail des maïs et des autres grains.

LA DISTRIBUTION DE VAPEUR DE LA DISTILLERIE D'ESSAI
DE BIESDORF, D'APRÈS DELBRUCK.

Cette disposition fait entrer la vapeur par 5 orifices placés en spirale sur le cuiseur (fig. 70). Chaque tubulure d'entrée de la vapeur est munie d'un clapet de retenue.

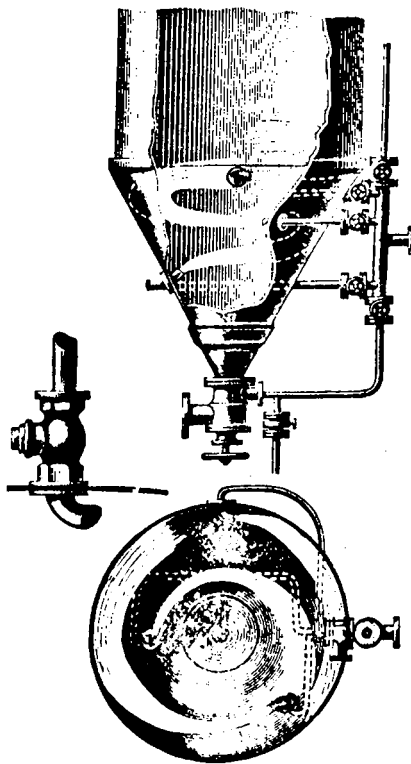


Fig. 70.

Une disposition analogue a été appliquée au cuiseur Henze par *Bohm* en 1877. Les avis sont unanimes pour constater l'excellence de ces distributeurs.

DISTRIBUTION DE VAPEUR DE E. LEINHAAS.

Cette distribution est composée d'un serpentin percé de trous dirigés vers le bas du cuiseur et se croisant entre eux, de telle sorte que la masse se trouve soumise à un mouvement circulaire.

Ce système est également très-bon.

Il en existe encore beaucoup d'autres ; mais ils ne présentent aucune particularité nouvelle.

SOUPAPES DE VIDANGES DU CUISEUR HENZE, DISPOSITIONS SPÉCIALES, TUYAUX DE VIDANGE, BROYEURS.

On employait anciennement, pour la vidange, un simple robinet dont l'ouverture avait une forme prismatique, afin d'avoir, autant que possible, des arêtes vives. On avait, en effet, reconnu que la forme de l'ouverture du robinet n'était pas indifférente au point de vue de l'homogénéité de l'empois, car les arêtes agissent sur la masse en la coupant et en la déchirant.

Dans ces derniers temps, on a complètement abandonné le simple robinet, et on l'a remplacé par des tiroirs, des soupapes et d'autres dispositifs présentant toujours, autant que possible, des arêtes vives.

Nous allons citer quelques-uns de ces dispositifs ; leur nombre est si grand que nous ne pouvons les décrire tous.



Fig. 71.



Fig. 72.

C'est l'appareil Ellenberger qui, d'après Maercker, a été modifié le premier par la suppression du robinet ordinaire usité partout jusque-là. Ce robinet a été remplacé par une vanne à arêtes vives.

Avenarius augmenta le nombre des arêtes en adoptant la disposition représentée par la fig. 71.

L'empois, au sortir du cuiseur, suit le parcours indiqué par les flèches.

W. Reimann, de Francfort s.l'Oder, a imaginé un système très efficace consistant en deux obturateurs S_1 et S_2 , dont le premier est formé d'une plaque pleine, et le deuxième de couteaux en acier disposés en forme de grille. Lorsque cette grille s'obstrue, il suffit de fermer le cuiseur avec le registre S_1 , ce qui permet ensuite de nettoyer les couteaux (fig. 72).

Le dispositif de A. Barthel est représenté par la fig. 73. L'empois venant du cuiseur traverse le tuyau-diviseur b par l'intermédiaire de la boîte a . Cette boîte est séparée du tuyau b par une grille c destinée à retenir les pierres, morceaux de bois, etc., qu'on enlève ensuite par un regard ménagé sur un des côtés de la boîte a . On fait arriver un jet de vapeur dans le tuyau diviseur, lors de la vidange du cuiseur, par la soupape e . La vapeur augmente la vitesse de sortie de l'empois qui est violemment projeté contre les nombreux obstacles placés dans le tuyau-diviseur (fig. 73).

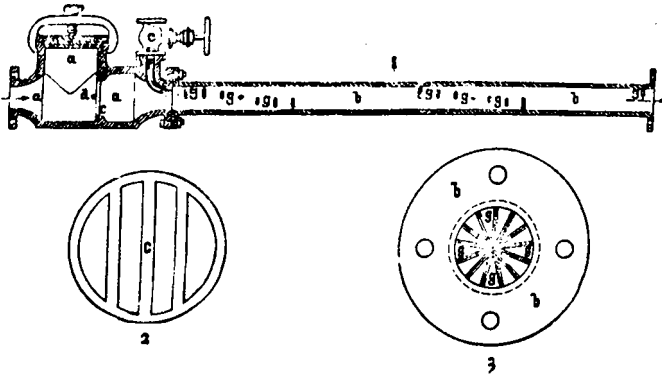


Fig. 73.

Ces obstacles sont formés de petites dents fixées suivant les rayons dans le tuyau *b*, et à une distance égale les unes des autres, sur une ligne en forme de spirale.

Ces dents *g* ont la longueur du rayon du tuyau et arrivent toutes, par conséquent, jusqu'à son axe (fig. 3).

Le tuyau *b* contient 27 dents, pour 2 spires complètes de la spirale qu'elles forment (fig. 1 et 3).

L'efficacité de ce système est, d'après Delbrück, très-grande, notamment pour le travail des grains.

Avec des pommes de terre, il serait sujet à s'obstruer.

Les dispositifs en forme de grille, avec lesquels on ferme la partie inférieure du cône du cuiseur Henze, sont également très-répandus. La disposition la plus ancienne dans ce genre est celle de *Leinhaas*.

La grille supérieure, formée de 2 grilles superposées dont l'une est mobile, permet de donner des ouvertures de sortie de 1 à 10 millimètres de largeur. La vapeur, pendant la cuisson, pénètre en-dessous de cette grille qui agit alors comme distributeur de vapeur.

En-dessous se trouve une deuxième grille tout à fait fixe que *Leinhaas* place maintenant verticalement à la sortie du cuiseur.

B. Hall a imaginé une disposition permettant l'enlèvement facile des pierres ou autres corps étrangers. (Brevet allemand 27807). La fig. 74 représente son appareil. Le cuiseur peut être fermé par un clapet en forme de tampon C. et, en enlevant les parois de la boîte SS, contenant la grille, on arrive facilement à nettoyer celle-ci.

Hentschel, de Grimma, a établi une grille en forme d'éventail, formée de deux plaques métalliques superposées munies d'ouvertures radiales plus larges à la périphérie que vers le centre. L'une des plaques est fixe, l'autre peut tourner et permet par conséquent de rendre les ouvertures de la grille aussi petites qu'on le désire. Stenglein recommande cet appareil et le considère comme un très bon distributeur de vapeur.

Les systèmes consistant en obturateurs sphériques munis d'entailles à arêtes vives, en forme de pas-de-vis, constituent un groupe spécial.

Nous représentons deux de ces dispositifs dans les fig. 75 et 76 ; le premier est de J. Scheibner, le second de H. Schmidt de Küstrin.

Plischke et Weigel, de Neisse, cherchent à augmenter l'efficacité de ces diviseurs sphériques en envoyant dans le cône un jet de vapeur, ou un filet d'eau bouillante divisé, pendant la vidange.

Une autre classe de diviseurs comprend des roues à ailettes rotatives installées dans des boîtes en fonte fixées à la sortie du cuiseur.

La disposition Siegler est de ce genre ; l'empois sortant du cuiseur met lui-même en mouvement la roue munie de trois ailettes, et se trouve ainsi projeté et divisé contre des arêtes vives, venues de fonte dans la boîte.

La disposition adoptée par Gaul et Hoffmann, de Francfort s. l'O., (brevet allemand 27351), est aussi constituée par une roue mobile, munie de pointes en acier, qui lance l'empois à la sortie du cuiseur contre d'autres pointes en acier fixées dans la boîte en fonte dans laquelle se meut la roue. Cette boîte est reliée au cuiseur et peut être facilement visitée et nettoyée.

Une disposition analogue à la précédente est celle qui a été imaginée par J. Woessler (brevet allemand 28278).

Il existe encore d'autres systèmes de vidange, notamment ceux de F. Lankow (brevet 25192) et de Ullrich.

Pour produire la division de l'empois, on a aussi employé des dispositifs mûs par force motrice. Le premier broyeur de ce genre a été construit par Pluentsch, de Stolp, en Posnanie.

Depuis, un grand nombre de broyeurs ont été appliqués; nous ne parlerons que des suivants :

Broyeur de IV. Schwarz. — Ce broyeur consiste en une roue en acier, munie de rainures, mûe par une poulie de commande fixée sur un arbre qui sort du cuiseur, à la partie supérieure, en traversant un presse-étoupe. Cette roue tourne dans le cône du cuiseur sur une plaque en acier, à denture analogue, et broie par conséquent l'empois.

Broyeur de Kraeusel. — Ce broyeur est constitué par un boulet muni de fines rainures qui se meut dans une cage

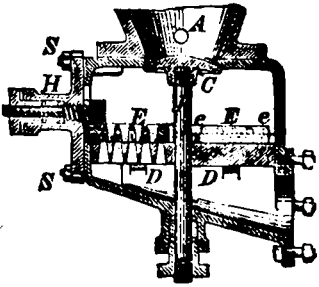


Fig. 74.

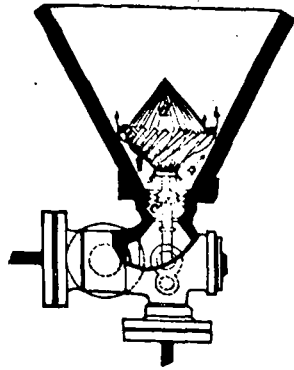


Fig. 75.

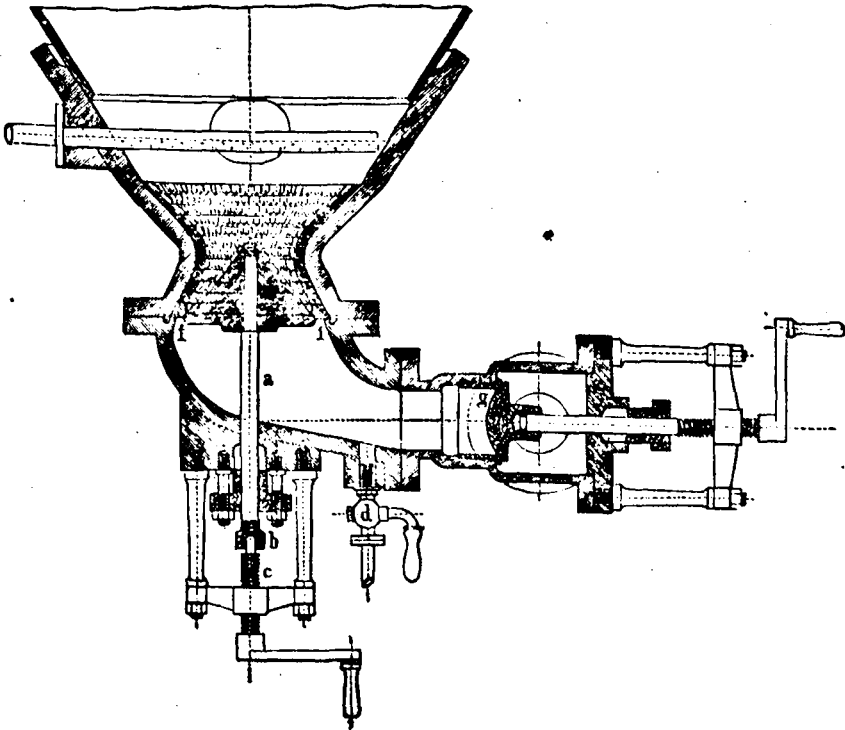


Fig. 76.

sphérique et rainée. Le broyeur fait 250 tours par minute, et, outre les petites rainures, il en contient six plus fortes, en forme de pas de vis, de 25 millim. de profondeur et de 40 millim. de largeur, dans lesquelles pénètre l'empois qui, projeté ensuite contre la cage, se trouve bien divisé et broyé.

Broyeur de F. C. Christoph, à Niesky.—La fig. 77 représente cette disposition. Le tuyau *a* est relié au cuiseur de telle façon qu'on puisse vider celui-ci sans passer par le broyeur. Un robinet à trois voies permet ce changement. Le conduit *b* amène l'empois dans une boîte cylindrique dans laquelle se meut un tambour garni de couteaux. A la partie inférieure de la boîte se trouve une plaque mobile *e* munie de dents. L'empois, forcé de passer entre le tambour et la plaque avant d'aller au saccharificateur, éprouve ainsi un broyage et un déchirement parfaits.

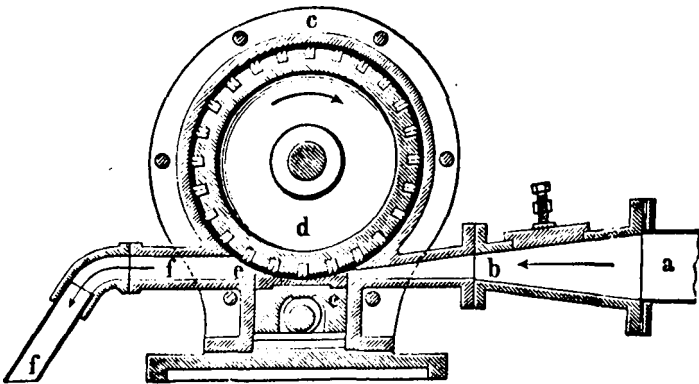


Fig. 77.

Une roue excentrée permet de rapprocher ou d'éloigner à volonté la plaque *e* du tambour.

Le broyeur *Gruson*, installé d'après le système *Forstreuter*, rentre dans cette même catégorie. Cette disposition se comprend facilement à l'inspection de la fig. 78. Le broyeur excelsior *Gruson* ne sert pas seulement à diviser l'empois à son passage; on l'utilise encore pour la préparation du levain et pour le broyage du malt. A cet effet, le broyeur est surmonté d'une boîte en forme d'entonnoir B_1 dont il est séparé par un registre bien étanche.

Dans cette caisse se meut un cylindre muni de pointes, destiné à délayer le malt. On verse le malt dans l'entonnoir et on le délaie en faisant arriver un petit filet d'eau froide.

Le malt est d'autant mieux délayé que l'eau a coulé plus

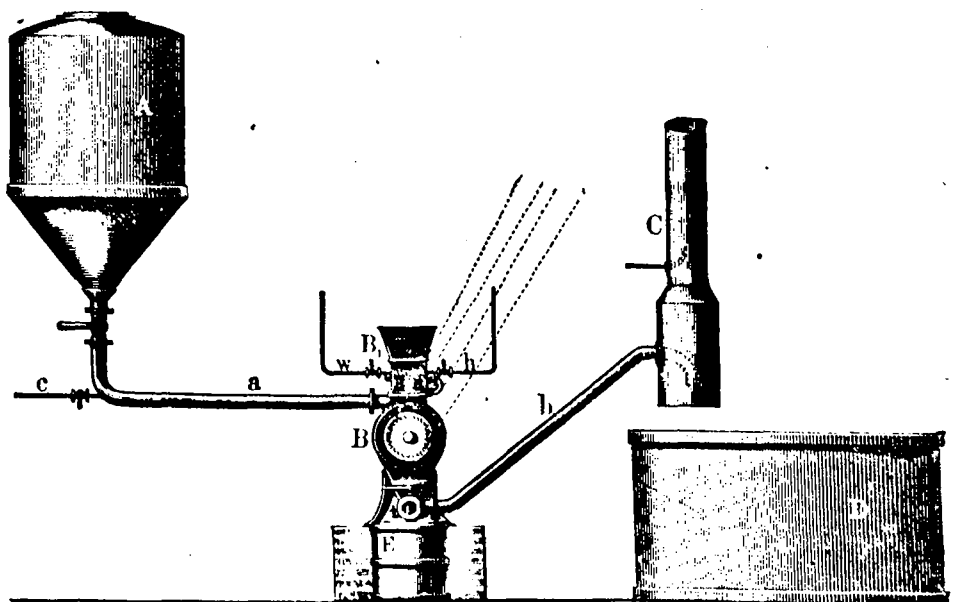


Fig. 78.

lentement. La pâte de malt tombe alors dans un réservoir E qui peut être mis en relation avec le broyeur B au moyen d'un robinet à trois eaux.

Lorsqu'on veut préparer le levain, on additionne le malt d'eau chaude dans l'entonnoir.

DES DISPOSITIFS DE BROYAGE TELS QUE BROYEURS, POMPES CENTRIFUGES, ETC., COMBINÉS AVEC L'APPAREIL HENZE.

Eilenberger est le premier qui eut l'idée d'appliquer au cuiseur Henze une disposition pour le broyage. Le premier broyeur centrifuge fut imaginé par Lwowski et, concurramment avec celui-ci, par Camin et Neumann.

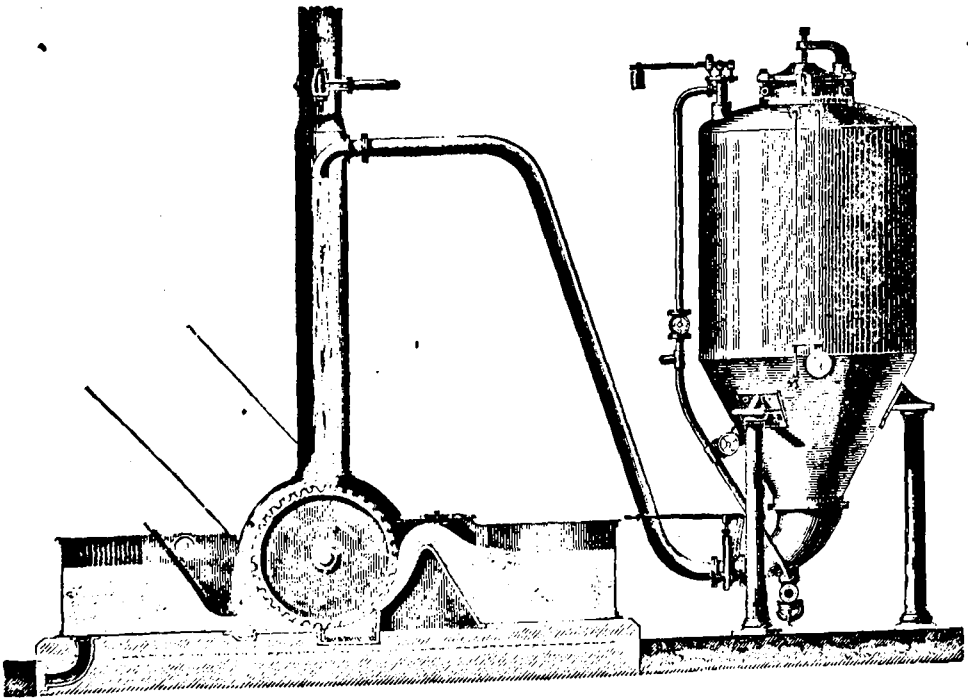


Fig. 79.

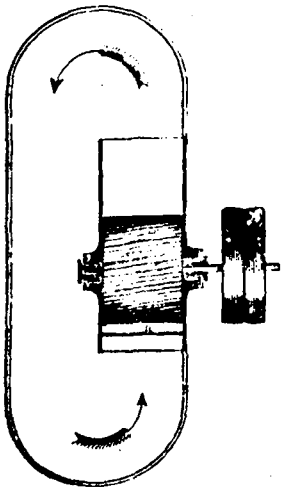


Fig. 80.

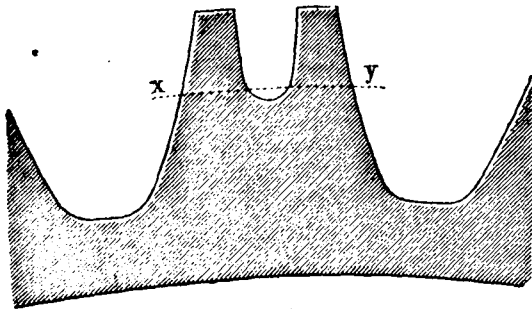


Fig. 81.

APPAREIL ELLENBERGER.

Ellenberger a appliqué au broyage des grains et des pommes de terre l'appareil diviseur connu depuis longtemps dans la fabrication du papier : le « *hollandais* » (pile à papier). Les figures précédentes représentent l'appareil Ellenberger, la figure 79, en coupe longitudinale et la figure 80, vu en plan. La cuisson se fait dans l'appareil Henze de la façon ordinaire ; lorsque cette opération est terminée, on vide l'empois sur le « *hollandais* » qui tourne à la vitesse de 200 tours par minute. Ce dernier est monté dans une cuve elliptique séparée par une cloison en deux parties dans l'une desquelles se meut le hollandais.

Celui-ci est formé d'un tambour cylindrique dont la surface est munie de rainures obliques ; ce tambour tourne au-dessus d'une plaque également munie de rainures obliques disposées en sens contraire de celles du tambour ; de cette façon, la rotation du tambour produit une action analogue à celle de ciseaux. Le tambour a 100-110 rainures, la plaque de fond 9-10, et, comme le tambour fait 200 tours par minute, les rainures se croisent $10 \times 100 \times 200 = 200000$ fois par minute et produisent ainsi le même effet qu'un nombre égal de coups de ciseaux.

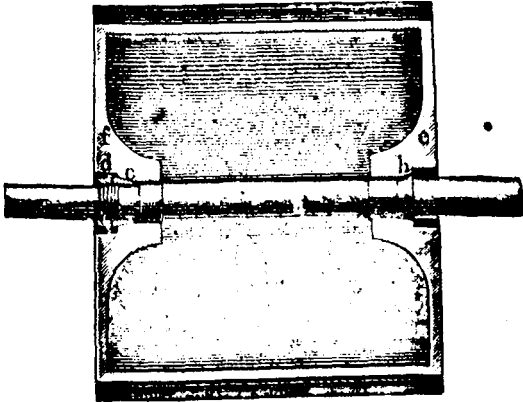


Fig. 82.

Les dents et les rainures ont été modifiées par les inventeurs dans ces derniers temps (fig 81) ; elles peuvent s'user jusqu'à la ligne *xy*, sans pour cela agir moins efficacement. Lorsqu'après un travail de plusieurs années, les arêtes des dents se trouvent usées, il est facile de sortir

le tambour et de le faire travailler en sens inverse.

Cette transformation est très simple et la figure 82 représente la disposition adoptée pour fixer le tambour sur l'arbre de rotation. Par suite de la rotation du tambour, l'empois se trouve entraîné entre le tambour et la plaque cannelée et rejeté au-dessus du barrage *b*, (fig. 79) et toute la masse suit le parcours indiqué par les flèches de la figure 80. Il en résulte une division et un broyage parfaits.

Si la forme de la cuve était circulaire, toute la masse ne participerait pas à ce mouvement ; c'est pour cette raison que les inventeurs ont adopté la forme ovale.

Pour empêcher le passage des pierres dans le broyeur, la cuve présente, sur toute sa largeur et à l'avant du tambour, une cavité dans laquelle toutes les pierres se déposent.

Au début, le tambour était noyé dans l'empois et nécessitait, pour sa rotation, une force motrice considérable ; depuis, un registre mobile *a* (fig. 79) a été ajouté à la cuve et permet d'isoler le tambour de l'empois,

CUVE A SACCHARIFIER ET A RÉFRIGÉRATION DE MM. VENULETH
ET ELLENBERGER, DE DARMSTADT (*)

(Brevet allemand N° 35002).

La maison Venuleth et Ellenberger, pour répondre aux désirs exprimés par sa clientèle, a créé récemment un type de cuve à saccharifier, munie d'une disposition spéciale permettant de refroidir les jus à la température de la mise en fermentation. Cet appareil convient surtout au travail des petites distilleries. Il se compose d'une cuve à doubles parois, en forte tôle, dans laquelle se meut un arbre central supportant un malaxeur horizontal muni de palettes verticales. Ces palettes passent en tournant entre les tubes réfrigérants et produisent *une agitation énergique dans le moût*.

Le réfrigérant est formé d'une série de tubes, composés eux-mêmes de deux tuyaux placés l'un dans l'autre et laissant entre eux un espace annulaire dans lequel circule l'eau froide sous une très-faible épaisseur (fig. 83).

Le tuyau extérieur *a* est en cuivre, le tuyau intérieur *b* est en fer.

L'eau servant à refroidir entre dans le système tubulaire à l'extrémité supérieure, descend dans l'espace annulaire de chaque tube-

(*) Note des T.

réfrigérant, remonte dans le tuyau central, et se rend ensuite dans l'espace formé par les doubles parois de la cuve.

De cette façon, l'utilisation de l'eau est complète et le refroidissement très rapide.

Les tubes réfrigérants sont placés à une distance telle qu'on puisse les nettoyer facilement avec une brosse. *Le nettoyage intérieur est aussi rendu très aisé par la fermeture amovible c*, que la figure explique suffisamment.

Cet appareil, qui n'exige que *peu de force motrice*, a donné d'excellents résultats.

Il a reçu de nombreuses applications, et la pratique en a confirmé les grands avantages.

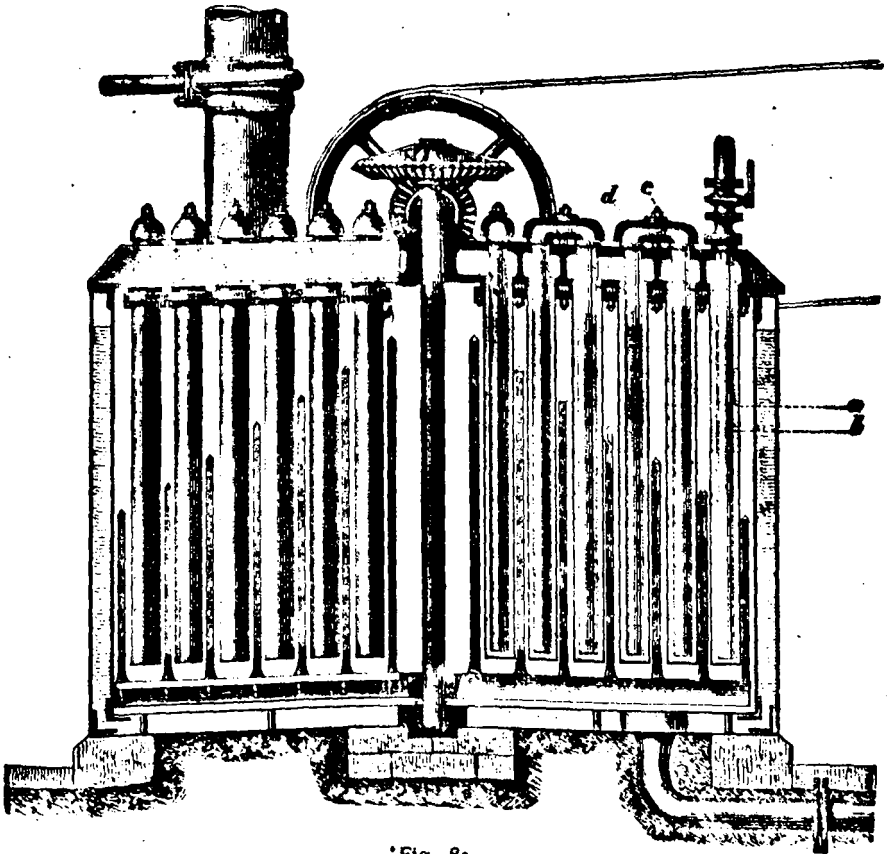


Fig. 83.

Saccharificateur Venueth et Ellenberger.

Balduin et Bechstein ont ajouté à l'appareil *Ellenberger* proprement dit un réfrigérant permettant d'amener le moût saccharifié à la température de fermentation; la figure 84 représente cette disposition.

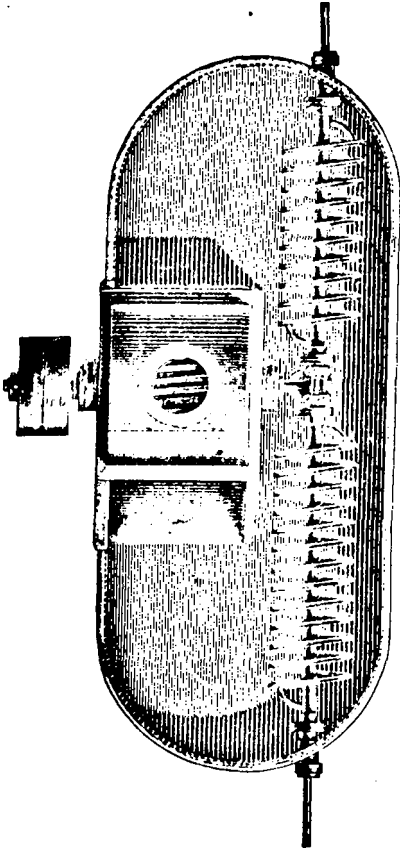


Fig. 84.

Le réfrigérant consiste en un tube enroulé en forme de spirale, sur un arbre mis en mouvement par le tambour, et traversé par un courant d'eau. L'efficacité de ce genre de réfrigérant étant très grande (voir plus loin, au chapitre des réfrigérants, l'appareil *Hentschel*), cette application ne peut qu'être favorable.

LE SACCHARIFICATEUR WERY.

Cet appareil est analogue au précédent; seul, le broyeur est différent. Il est formé d'un cylindre armé de 72 couteaux et se place soit au milieu, soit sur le côté de la cuve ovale.

APPAREIL LWOWSKI.

Victor Lwowski, de Halle s. Saale, a également appliqué le principe, mis tout d'abord en pratique par *Ellenberger*, du

broyage du moût dans la cuve à saccharifier. Il a employé à cet effet une simple meule centrifuge.

Cette application est représentée par la fig. 85, les figures 86 et 87 donnent le détail du broyeur. Le cuiseur se compose d'un appareil *Henze* muni de tous les perfectionnements connus à ce jour; la cuve à saccharifier comprend un réfrigérant ainsi qu'un agitateur et un broyeur *M* installé dans la partie la plus basse. L'agitateur et le broyeur sont mis en mouvement par une même transmission. Le broyeur, entièrement en fonte, est en deux pièces: d'une part la plaque de fond, d'autre part la turbine; toutes deux sont munies

d'entailles comme les meules de moulins. Le moût pénètre dans le broyeur par les ouvertures de la plaque de fond, comme l'indiquent les flèches de la fig. 87, et est rejeté, après avoir passé entre la meule et cette plaque, par une sortie latérale.

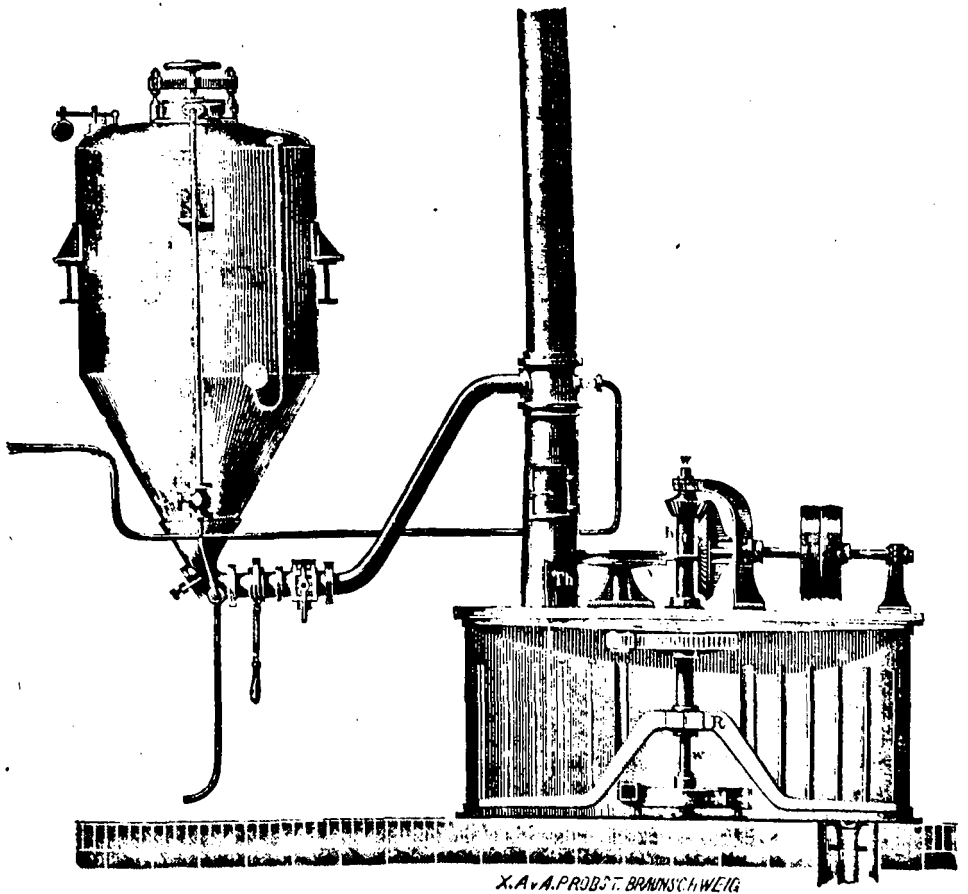


Fig. 85.

Ce broyeur peut s'appliquer à tous les genres de cuves à saccharifier.

Les grands broyeurs Lwowski sont munis de deux à quatre ouvertures pour la sortie du moût, afin d'en rendre la marche plus légère; ils ont aussi un mécanisme permettant de rapprocher ou d'éloigner la meule de la plaque de fond,

L'appareil Lwowski est très-répandu, il consomme peu de force motrice et présente sur les autres systèmes l'avantage de pouvoir s'installer facilement dans toutes les anciennes cuves à saccharifier.

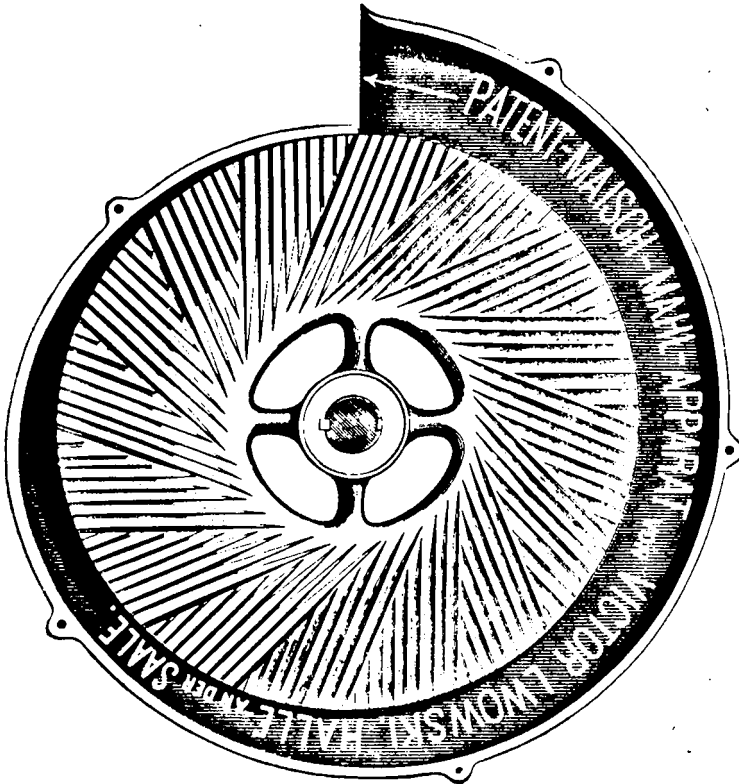


Fig. 86.

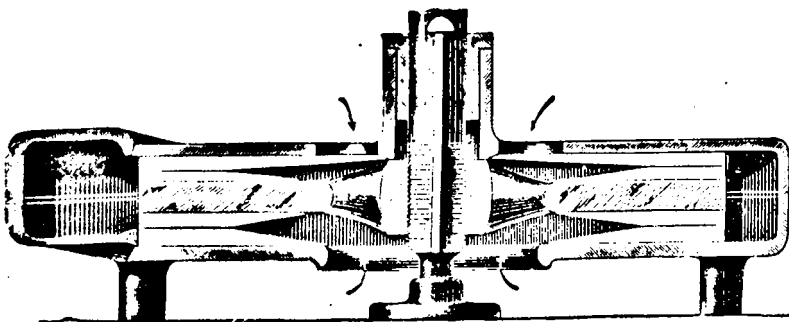


Fig. 87.

APPAREIL DE CAMIN ET NEUMANN.

Camin et Neumann ont appliqué un broyeur analogue à celui de Lwowski dans une cuve à saccharifier de construction spéciale. La cuve est cylindrique dans sa partie supérieure, et conique dans la partie inférieure. Dans la partie la plus basse, on fixe la plaque du broyeur sur laquelle vient frotter la meule commandée par une transmission par courroie.

La meule peut être rapprochée ou éloignée à volonté de la plaque de fond par un mécanisme très simple, représenté dans la figure 88.

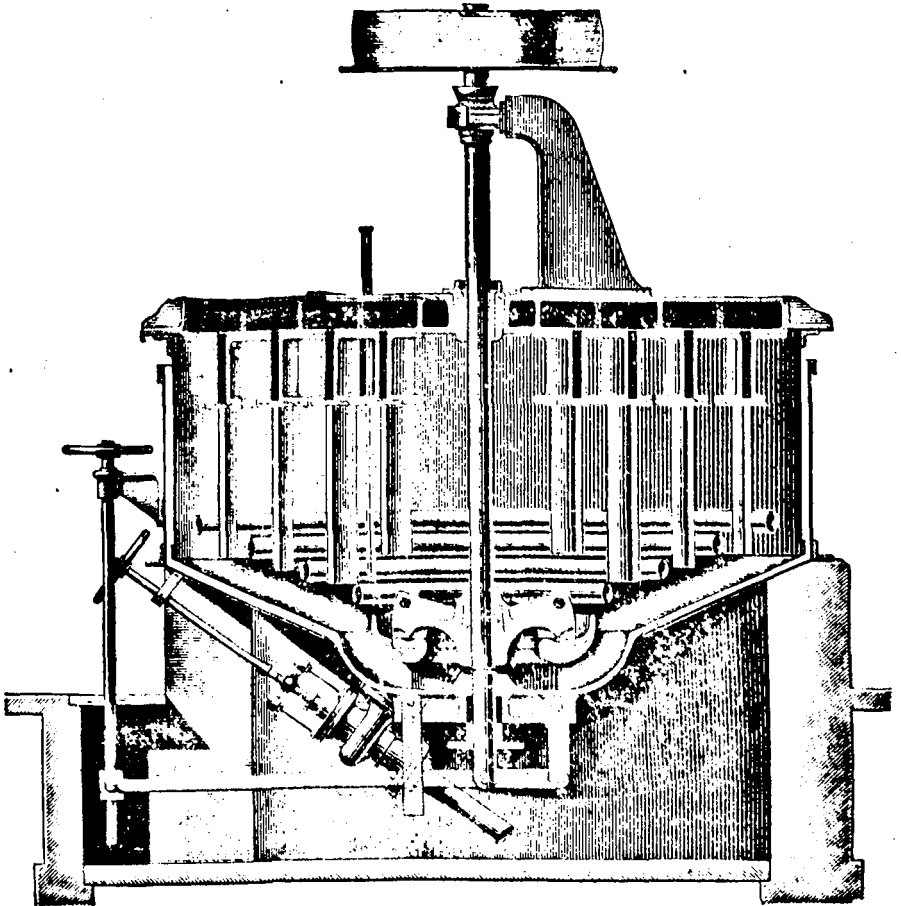


Fig. 88.

Les figures 89 et 90 donnent le détail des plaques du broyeur. Celui-ci, étant installé dans la partie la plus basse de la cuve, travaille dès le début de la vidange du cuiseur, et la forme spéciale de la cuve produit une telle agitation dans la masse qu'on peut supprimer l'agitateur, indispensable dans l'appareil Lwowski.

La cuve de Camin et Neumann permet encore le refroidissement du moût saccharifié, et, à cet effet, elle est à double paroi permettant une circulation d'eau froide ; elle est aussi munie d'un serpentin en cuivre, et, suivant ses dimensions, de 8 à 10 poches en cuivre à travers lesquelles circule un courant d'eau froide. Dès que la division de l'empois est parfaite, on utilise le broyeur comme agitateur en écartant notablement la meule de la plaque de fond, et on arrive ainsi à réduire considérablement la force motrice employée. Le nettoyage du broyeur est également très-facile, car la meule peut être écartée suffisamment de la plaque de fond pour permettre cette opération.

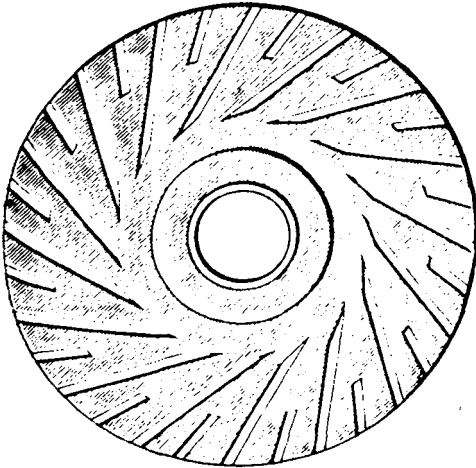


Fig. 89.

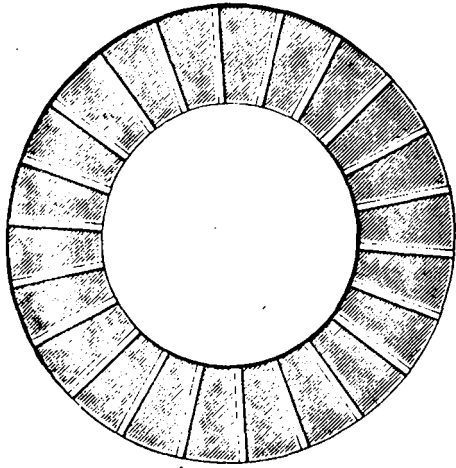


Fig. 90.

APPAREIL DE H. PAUCKSCH DE LANDSBERG s. W.

L'appareil de Pauksch diffère essentiellement, tant par la forme que par la disposition des diverses parties, de tous ceux que nous avons décrits jusqu'ici. La forme de son cuiseur Henze a déjà été décrite à la page 372. Sa cuve à saccharifier a une partie

inférieure arrondie et une partie supérieure cylindrique. Le fond se fait en fonte pour les grands appareils.

Le broyeur, fixé dans le fond de la cuve, comporte une plaque de

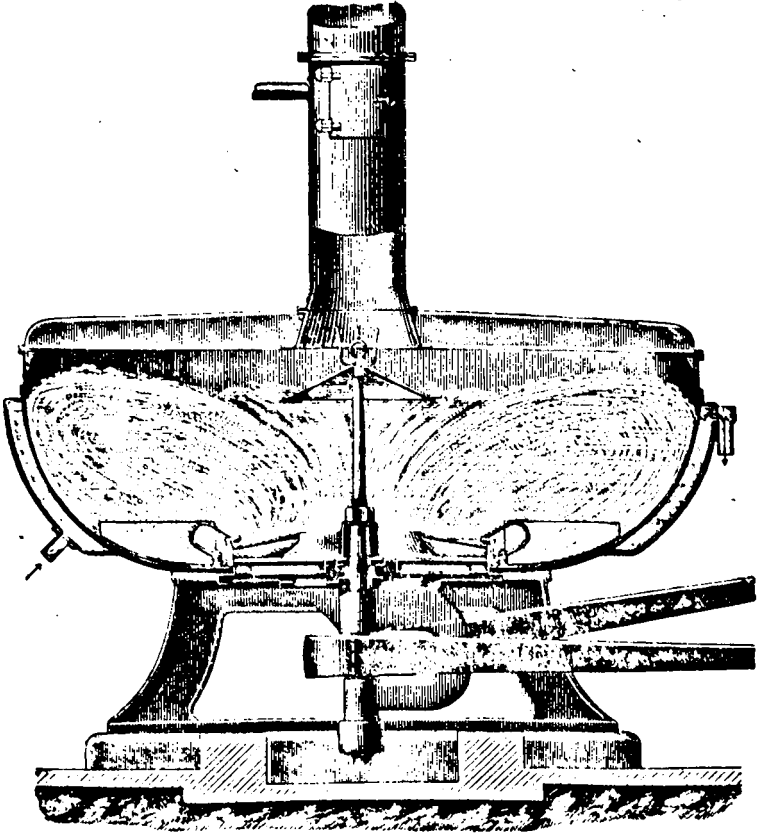


Fig. 91.

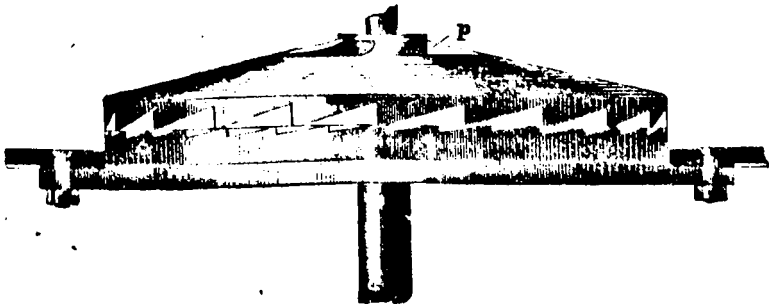


Fig. 92.

fond fixe, et une meule commandée par un arbre traversant le fond de la cuve et recevant le mouvement d'une courroie de transmission. La meule, de forme spéciale, est munie d'ailettes (fig. 92) construites de telle sorte que le moût aspiré pénètre dans le broyeur par 4 ouvertures ménagées au centre de la meule, et sort par la circonférence.

Lorsqu'on veut obtenir du broyeur une agitation énergique, sans lui demander d'agir comme broyeur, Pauksch construit une turbine à 4 ailettes représentée par la figure 93.

Les ailettes ne sont reliées qu'à la périphérie par un anneau circulaire, non représenté dans la figure, et sont libres à la partie supérieure.

L'agitation que produit cet appareil est très énergique.

Pendant la marche de la turbine, le moût y pénètre par le centre, et, afin que toute la masse ne participe pas au mouvement dans le sens de la turbine, la cuve est munie de chicanes qui contrarient la sortie du moût hors de la turbine, et le forcent à suivre le parcours indiqué par les hachures de la fig. 91.

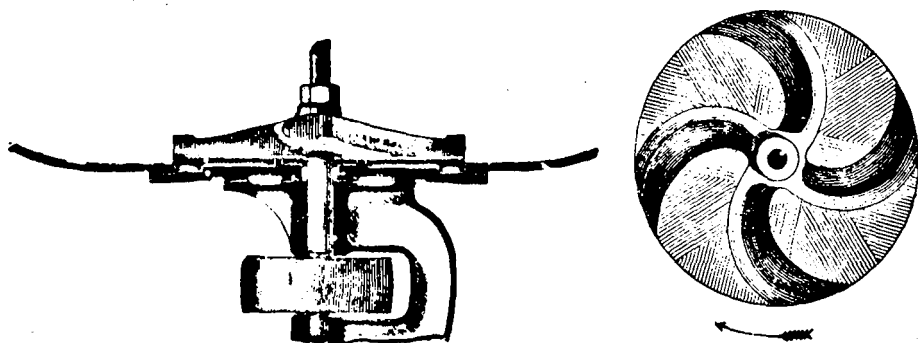


Fig. 93.

La rapidité de la circulation du moût diminue avec le volume de la masse à agiter, et plus le macérateur est plein, moins l'agitation est vive. Il arrive même un moment où la partie supérieure ne participe plus du tout au mouvement indiqué par les hachures. Cette difficulté a été levée d'une façon très simple par l'inventeur. L'arbre de la turbine porte à son extrémité supérieure 2 taquets qui, par suite de leur grande vitesse de rotation, maintiennent la partie supérieure du moût dans un mouvement giratoire tellement rapide

que toute la masse ne tarde pas à reprendre la circulation normale.

La meule du broyeur peut être déplacée à volonté en levant ou en abaissant l'arbre qui la porte.

Les corps étrangers ne peuvent pénétrer dans le broyeur, car ils sont retenus par une grille composée de barreaux cintrés rivés sur le fond du macérateur (fig. 91). De plus, pour empêcher les pierres de tomber dans le broyeur lors de la vidange du cuiseur, Paucksch fixe un chapeau métallique sur l'arbre du broyeur ; ce chapeau fait

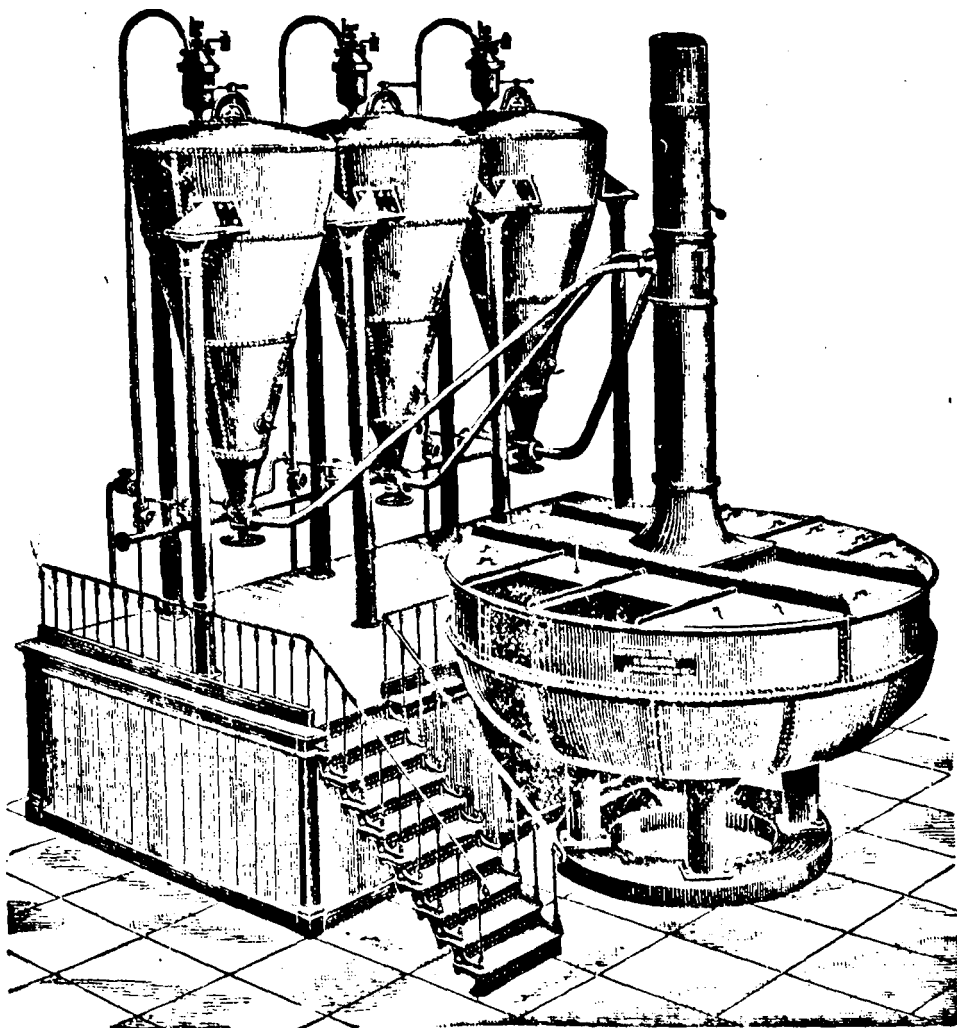


Fig. 94.

3 à 400 tours par minute et projette ainsi contre les parois de la cuve les pierres où les autres corps étrangers provenant du moût.

Les petits appareils sont munis d'une double paroi pour la réfrigération et possèdent aussi des poches en fonte destinées à cet usage ; les grands appareils n'ont pas de réfrigération. Paucksch a déjà construit des macérateurs de ce genre d'une contenance de 32000 litres.

La disposition de Paucksch, comprenant 3 cuiseurs Henze et un macérateur, est originale et généralement adoptée par les distilleries russes.

La grandeur du cuiseur Henze étant limitée et ne pouvant guère dépasser 5000 litres ; il s'en suit que pour une distillerie puissante, ayant, par exemple, un saccharificateur Paucksch de 20000 litres, il faut plusieurs cuiseurs. Pour le travail du maïs, Paucksch relie les cuiseurs en batterie et fait passer la vapeur du premier cuiseur dans le deuxième et de celui-ci dans le troisième ; il en résulte une grande économie, car, pour obtenir une bonne cuisson des grains, il faut que la vapeur produise une agitation dans la masse, ce qui oblige à cuire avec échappement continu de vapeur. La vapeur sortant d'un cuiseur ne peut entraîner des grains ; ils sont retenus par une disposition spéciale appliquée sur la tubulure portant la soupape de sûreté. Chaque cuiseur de la batterie peut naturellement, être chauffé par la vapeur directe.

APPAREIL DE OTTO HENTSCHEL, DE GRIMMA.

L'appareil de Otto Hentschel représente une disposition analogue à la précédente, et se distingue par l'agitation énergique qu'il produit.

La cuve est terminée par un fond conique qui reçoit le broyeur. Celui-ci se compose de deux parties essentielles : le broyeur proprement dit et l'élévateur.

L'élévateur est formé d'une vis sans fin fixée sur un arbre vertical qui porte, au-dessus de cette vis, le cône broyeur muni de cannelures sur toute sa surface. La vis sans fin est séparée de la cuve par un manchon cylindrique sur lequel se boulonne le deuxième cône broyeur creux et également rayé sur toute sa surface. L'arbre qui

met en mouvement la vis sans fin et le broyeur repose sur un pivot mobile et est commandé par une poulie placée au-dessus de la cuve.

L'empois sortant du cuiseur est projeté dans le broyeur qui le rejette aussitôt dans le sens des hachures de la figure 95. Il tombe alors le long des parois du saccharificateur jusque dans le fond conique, où il est pris par la vis sans fin qui le remonte dans le broyeur et ainsi de suite. L'agitation est excellente et, grâce aux rainures du cône broyeur concave, la vidange du cuiseur peut se faire en 20 à 25 minutes, à condition d'avoir un exhausteur suffisant. Souvent, on munit ce saccharificateur d'un serpentín et de doubles parois pour la circulation de l'eau destinée à la réfrigération. Il y a déjà 6 ans que Henschel a employé les serpentins; depuis il les a remplacés par des poches de réfrigération, de crainte

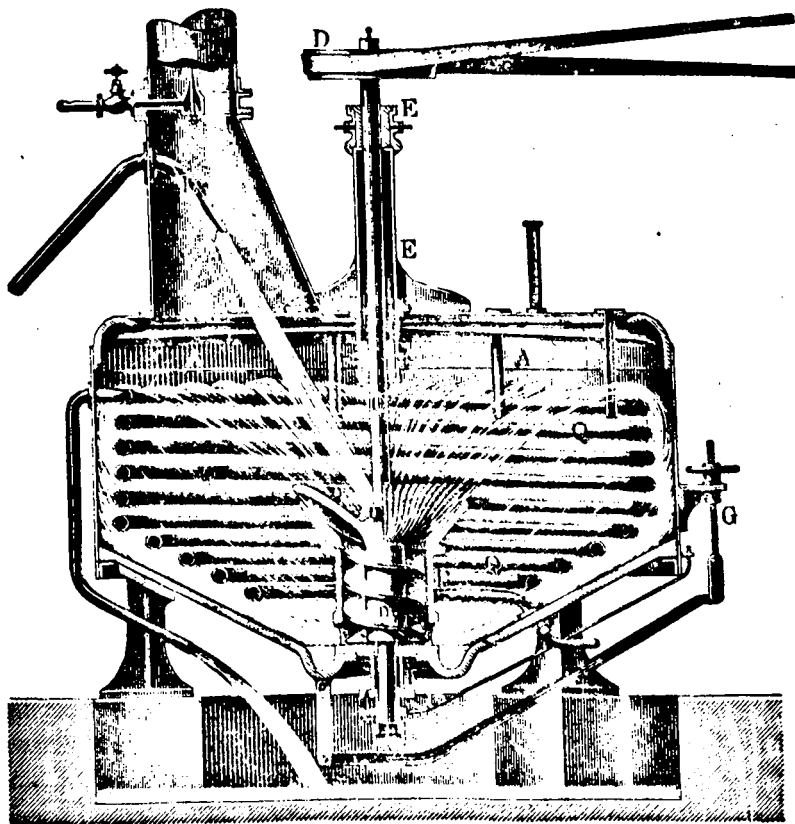


Fig. 95.

que les premiers ne s'encrassent ; mais, depuis 1883, on recommence à employer les serpentins.

On construit ces serpentins par bouts de la longueur de la moitié ou d'un tiers de circonférence, et on les assemble d'une façon spéciale qui permet de les séparer facilement pour les nettoyer avec une brosse. D'après Hentschel, le moût se refroidit de 60 à 16° C. en une heure et quart avec de l'eau à 10-11° C. ; la quantité d'eau employée étant de 1,5 litre par litre de moût.

Hentschel a appliqué sa cuve à saccharifier aux anciens appareils à cuire ; la disposition est représentée par la figure 96 qui ne nécessite pas d'autre explication. Maercker pense que le distillateur qui peut se procurer un saccharificateur Hentschel doit aussi monter un cuiseur Henze, car autrement l'amélioration n'est pas suffisante.

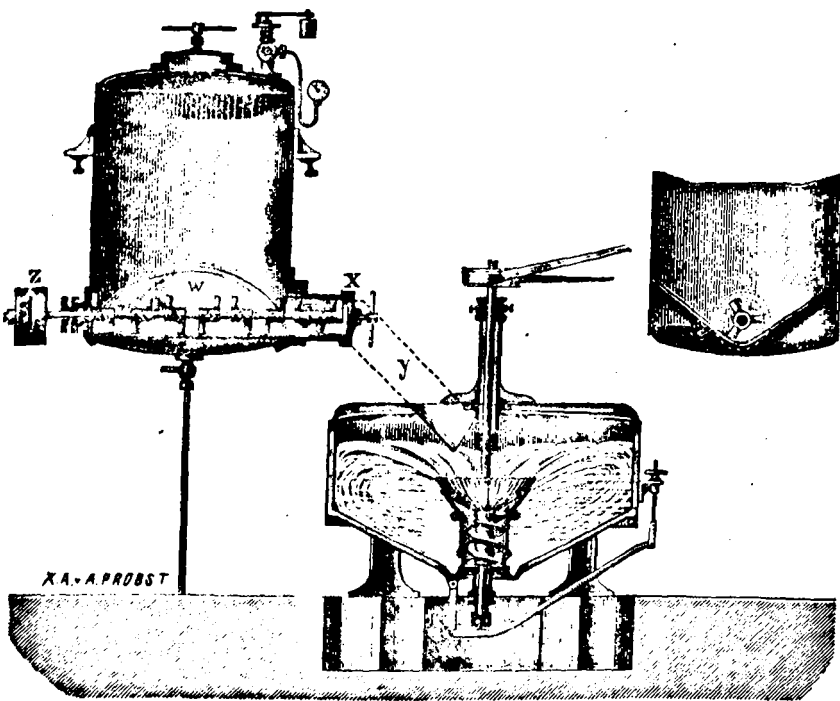


Fig. 96.

APPAREIL ECKERT.

Eckert a muni le cuiseur Henze d'entrées de vapeur *d, d, d*, (fig. 97) qui font pénétrer la vapeur, dans le cuiseur, en forme de spirale afin de maintenir l'empois toujours en mouvement; *s, s, s*, sont des clapets de retenue qu'on emploie lorsqu'on cuit du maïs ou du seigle. Le robinet *c* sert à l'écoulement de l'eau de condensation. La cuve à saccharifier est en fer, elle est cylindrique avec un fond

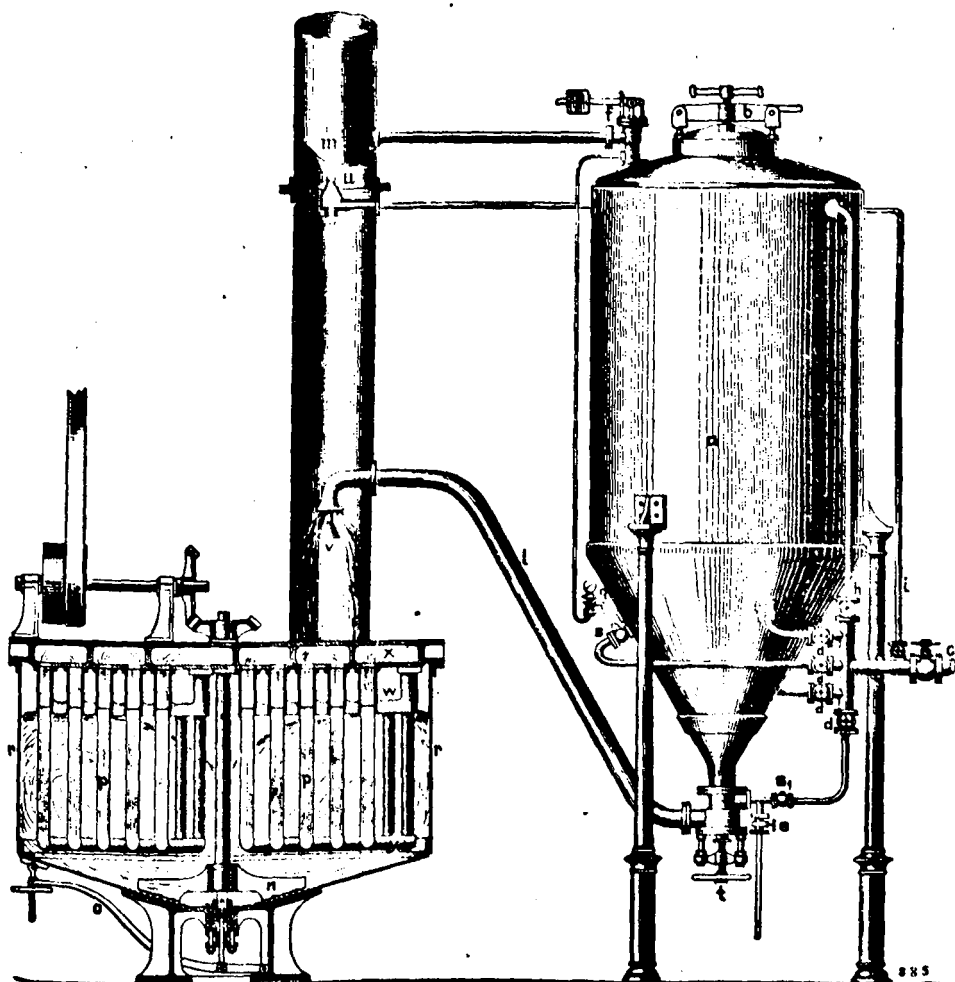


Fig. 97.

conique et est fixée sur un socle en fonte. Le broyeur est semblable aux précédents ; la plaque de fond munie de rainures est fixée sur le fond du saccharificateur ; au-dessus se trouve la meule. Pour la réfrigération du moût on emploie le système tubulaire suivant :

Sur la cuve sont fixées deux poutres creuses, en fonte, qui portent le palier de la transmission, et qui sont reliées aux tubes du réfrigérant, généralement faits en cuivre jaune.

L'eau pénètre à une extrémité dans les poutres creuses X, traverse tous les tubes, puis passe dans la deuxième poutre et la deuxième série de tubes, et sort enfin par l'extrémité opposée de la poutre. Pour les grands appareils, il y a plusieurs entrées et sorties d'eau.

Chaque groupe de tubes peut facilement être démonté pour être soumis au nettoyage.

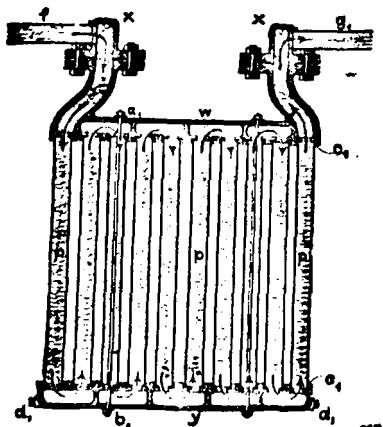


Fig. 98.

Les tubes sont en effet reliés aux poutres en fonte par des joints rendus étanches au moyen de boulons de serrage *a, b*, qu'il suffit par conséquent de desserrer.

L'appareil Eckert, à part quelques petits défauts de construction, est très bon ; aussi bien Delbrück que d'autres membres de l'Association des distillateurs en font l'éloge ; il consomme environ 2 litres d'eau à 10°

C. par litre de moût pour la réfrigération.

APPAREIL DE FRITZE, DE KUSTRIN.

Cet inventeur a remplacé les poches plates en cuivre, fréquemment employées, par un système de tubes verticaux entre lesquels se meut un simple agitateur en fer. D'après l'inventeur, l'avantage de ce système consiste en ce qu'il permet son application, même pendant la campagne, dans n'importe quel genre de saccharificateur.

APPAREIL DE C. PAULMANN, DE HANOVRE.

Cet appareil consiste en une cuve cylindrique en fer terminée par un fond conique au centre duquel est fixé le broyeur. Il repose sur des supports en fonte. Le broyeur est analogue aux précédents et comprend une plaque de fond fixe, munie de rainures, et un disque broyeur portant des ailettes pour l'agitation. Le moût saccharifié est refroidi par un réfrigérant à tubes de cuivre dont la section est triangulaire. Leur démontage est facile, ce qui en facilite le nettoyage. D'après des essais de Stenglein, cet appareil aurait une trop grande hauteur ; l'agitation n'est pas énergique et, par suite, la consommation d'eau pour la réfrigération est élevée, environ 3 à 4 litres d'eau par litre de moût. Une hauteur moins grande de la cuve ferait probablement disparaître cet inconvénient.

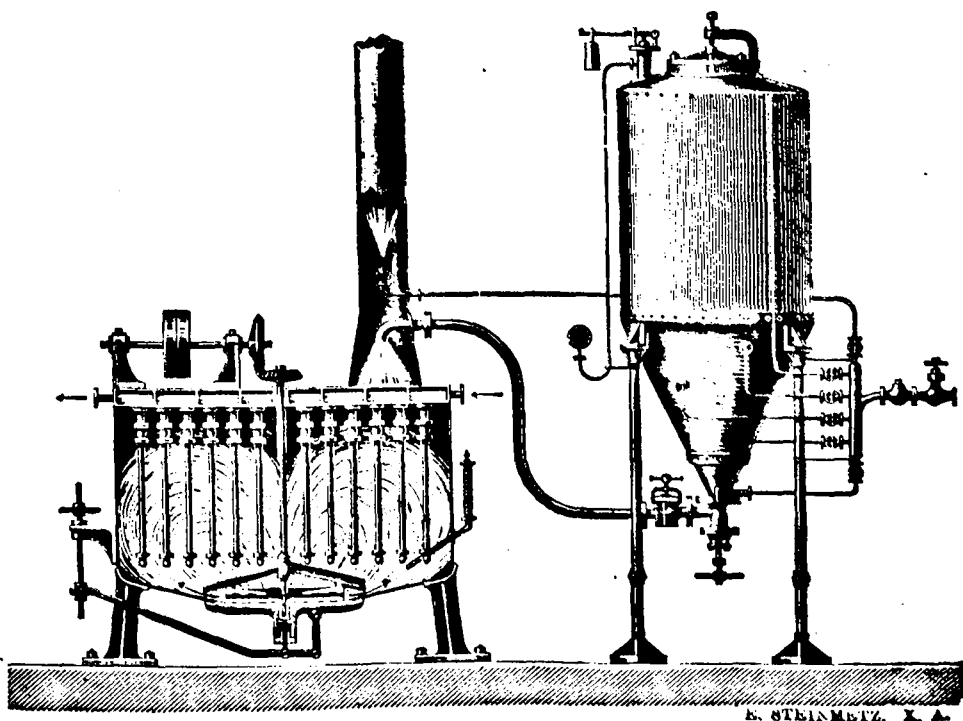


Fig. 99.

APPAREIL HAMPEL, DE DRESDE.

Jean Hampel a remplacé les anciens systèmes d'agitateurs par une turbine calée sur l'arbre de rotation du saccharificateur. Elle produit une agitation très énergique, tout en n'occupant qu'un faible volume, et en ne consommant que peu de force motrice. Cette turbine peut être facilement nettoyée et la dépense d'installation étant faible, un grand nombre de constructeurs ont adopté ce système.

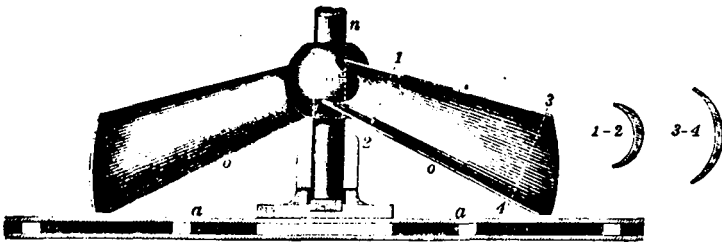


Fig. 100.

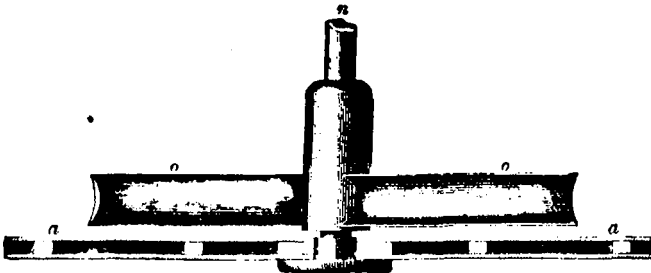


Fig. 101.



Fig. 102.

L'empois sortant du cuiseur Henze traverse le broyeur *c*, fig. 103, ou fig. 104, formé du manchon fixe *f*, qui est conique et sans

rainures, et du cône *g*, également lisse, qui est claveté sur l'arbre de la turbine *o*.

Anciennement, Hampel construisait un autre genre de broyeur ;

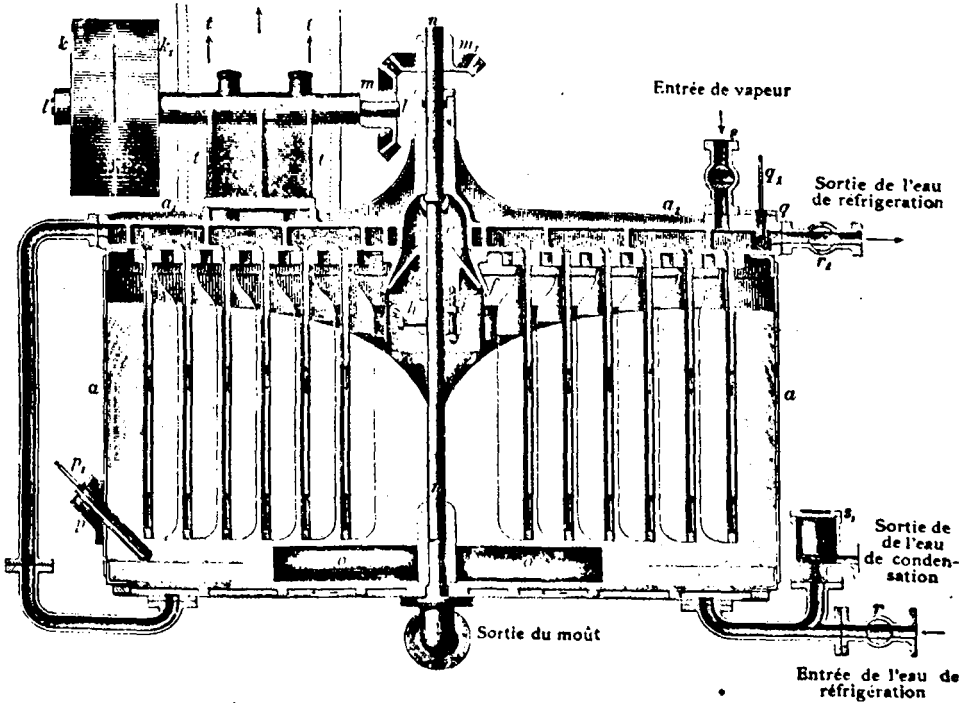


Fig. 103.

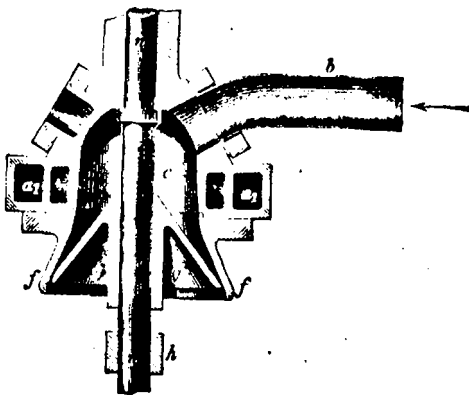


Fig. 104.

intimement avec le malt.

mais il considère le broyeur conique à surface lisse comme étant préférable et ne pouvant occasionner d'arrêts dans le travail par le passage de corps étrangers. L'empois sort du broyeur sous la forme d'une bande mince et est immédiatement pris par la turbine qui le mélange

Le cône mobile du broyeur peut être déplacé sur l'arbre et sa position se règle par une vis de serrage.

La disposition générale de l'appareil se comprend facilement à l'inspection de la figure 103. Sur une poutre creuse, en fonte, posée sur la cuve, sont fixés les tubes du réfrigérant qui ont une forme spéciale. L'eau de réfrigération pénètre d'abord dans le double fond de la cuve en r , puis dans le distributeur supérieur qui la répartit dans tous les tubes du réfrigérant, et s'écoule en r_1 . La cuve est aussi munie d'une circulation de vapeur permettant de travailler les grains naturels concassés. Elle porte enfin une cheminée t pour l'évacuation des vapeurs qui se dégagent de l'empois mis en œuvre.

L'appareil Hampel, de même que celui de Hentschel, permet de supprimer l'exhausteur, car l'empois qui tombe dans la cuve est immédiatement mis en contact tant avec le fond, qu'avec les tubes du réfrigérant, grâce à l'agitation énergique que donne la turbine.

APPAREIL PAMPE.

L'empois sortant du cuiseur pénètre dans la pièce en fonte A fixée sur la cuve ; immédiatement au-dessous, laissant un intervalle libre de 1-2 mm., se meut la meule B à une vitesse de 350 tours par minute (fig. 105).

Cette meule est munie de rainures de 2 mm. de largeur par lesquelles l'empois s'évacue. Les pierres ne peuvent pénétrer dans la meule ni produire, par conséquent, des arrêts dans le travail ; on peut les sortir de la pièce A après chaque opération.

La meule est consolidée par un disque d'acier en deux pièces. L'empois, après avoir passé la meule, tombe sur le disque-agitateur b , qui le projette, mélangé avec le malt, contre les parois de la cuve constamment refroidies par un courant d'eau froide.

Le moût contenu dans la cuve D est toujours maintenu en mouvement par le dispositif suivant : Au centre de la cuve se trouve un tube de 250 mm. de diamètre traversé par un arbre E sur lequel sont fixés la meule B, le disque agitateur b , et deux turbines dont l'une, clavetée à la partie inférieure de la cuve, aspire le moût et le force à monter dans le tube central C, à la partie supérieure duquel

la deuxième turbine l'aspire pour le projeter contre les parois de la cuve. Le tube C est évasé près de chaque turbine.

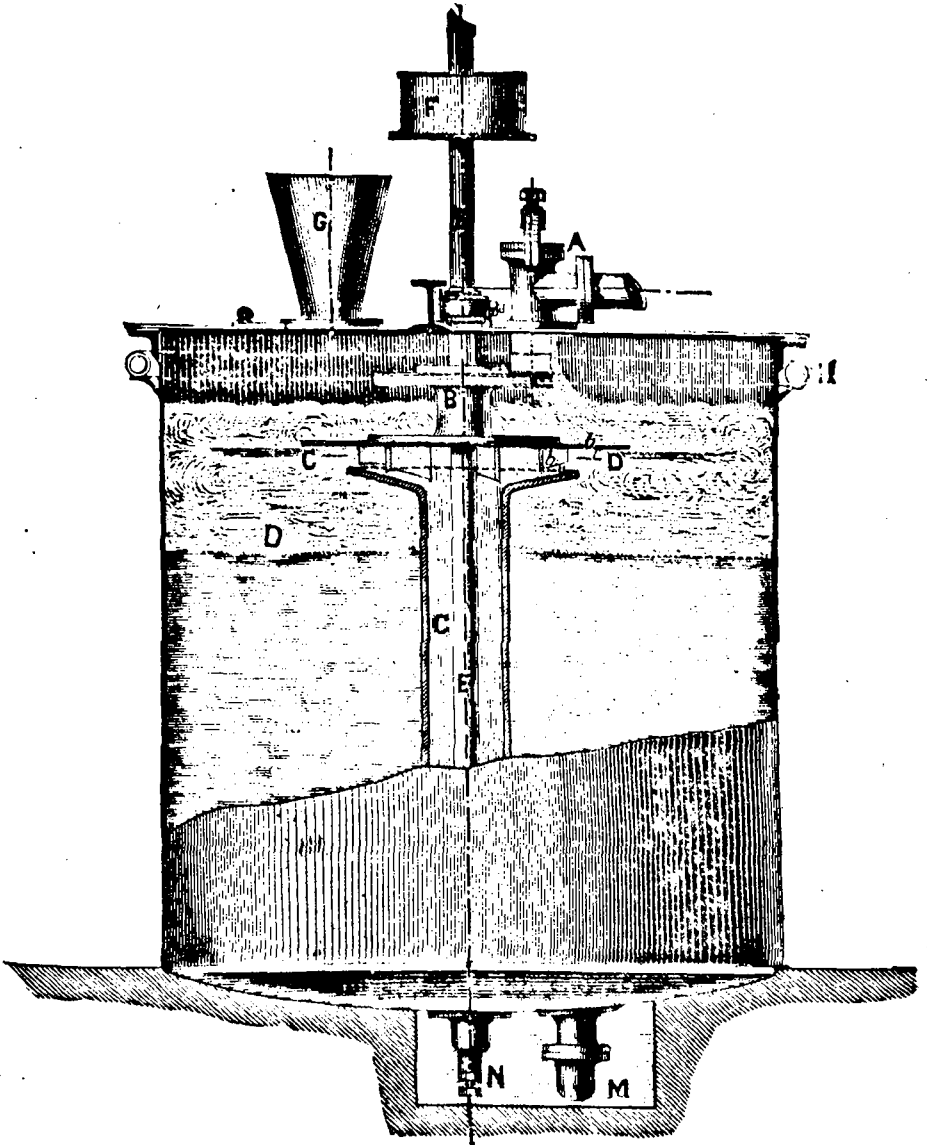


Fig. 105.

Par suite de la projection du moult en-dessous du disque *b*, et de

l'arrivée de l'empois au-dessus, il se produit un mélange parfait et l'agitation de toute la masse est supérieure à celle que donnent tous les autres systèmes.

Les parois de la cuve sont faites en tôles d'acier et constamment arrosées d'eau pour la réfrigération. Ce système, imaginé par *Baudelot*, n'est peut-être pas agréable à l'œil, mais il est si simple, si peu sujet à se déranger et d'une telle efficacité, qu'on se réconcilie très vite avec lui.

D'après Pampe, on peut vider l'empois provenant de 2600 kilos de pommes de terre en 20 à 30 minutes, et la réfrigération du moût jusqu'à la température d'addition de levure (27,5° C.) ne dure que 30 à 40 minutes avec de l'eau à 11° C.

La durée totale de la réfrigération dure 75 à 90 minutes avec une consommation de 2,5 litres d'eau par litre de moût. Ces données seront confirmées au chapitre « *Réfrigération* » dans les communications de Heinzelmann. L'appareil Pampe est peu coûteux, 2500 francs pour une capacité utile de 3000 litres.

Dans ces derniers temps, Pampe a apporté quelques améliorations à son appareil. D'abord, il a considérablement diminué la hauteur du tuyau central et il en est résulté une notable réduction de la force motrice nécessaire à la marche des deux turbines centrifuges ; par le même fait, la hauteur du moût au-dessus du disque agitateur a été plus grande, l'agitation et le refroidissement par évaporation meilleurs.

Pour travailler à moût épais, avec des pommes de terre pauvres, on opère la vidange du cuiseur dans la cuve ne contenant pas de malt : on refroidit rapidement, puis on ajoute le malt. Pour empêcher l'empois de s'épaissir et de se coller dans le fond de la cuve, on munit cette dernière d'un tuyau de distribution de vapeur. Les parois de la cuve faites en tôles de fer n'ont pas donné de bons résultats ; par contre, les appareils construits en cuivre ont une très longue durée.

Pampe garantit que la dépense de force motrice pour un appareil de 3000 litres ne dépasse pas 3 à 4 chevaux-vapeur.

APPAREIL BALDUIN BECHSTEIN, D'ALTENBOURG.

Cet appareil est représenté par la figure 106 : Une vis d'archimède élève le moût dans le broyeur qui le refoule, par l'intermédiaire d'un

tuyau de fort diamètre, vers le système réfrigérant qui consiste actuellement en un serpentin en cuivre fixé à 20 cm. des parois de la cuve (fig. 106).

APPAREIL PLUNTSCH, DE STOLP EN POSNANIE.

La fig. 107 représente cet appareil. Il se compose d'une cuve de la forme ordinaire comprenant l'agitateur à ailettes et se distingue des autres saccharificateurs par son réfrigérant en cuivre, formé par un tuyau enroulé en forme de spirale, de 57 mètres de longueur et écarté de 5 à 7 cm. des parois de la cuve.

La consommation d'eau pour la réfrigération est très faible : environ 1,2 litre par litre de moût, d'après Delbrück.

Il est vrai que, dans cet essai de Delbrück, la température de l'eau n'était que de 5° C.

Nous ne saurions affirmer que *Plüntsch* ait été le premier à adopter ce genre de réfrigérants ; dans tous les cas, c'est à lui qu'est dûe la propagation de ce système, bien que *Hentschel* admette que cette application ait été faite antérieurement.

Plüntsch opère le nettoyage du serpentin d'une façon très originale, en introduisant dans la partie supérieure du tuyau une brosse à noyau métallique en zinc, terminée par une manchette en cuir. Lorsque cette brosse est entrée dans le serpentin, on raccorde ce dernier avec un tuyau de vapeur et on en lance un jet dans le serpentin ; la vapeur, exerçant sa pression sur la brosse, la force à traverser tout le serpentin.

Le diamètre du noyau métallique n'est guère que les $\frac{3}{8}$ de celui du serpentin, de sorte qu'il ne peut pas être arrêté et produire une obstruction.

APPAREIL SCHMIDT, DE KUSTRIN.

Schmidt emploie également un réfrigérant tubulaire, qui diffère du précédent en ce sens que les tubes sont horizontaux. L'eau pénètre d'abord dans la série inférieure, puis elle passe dans la série immédiatement supérieure, au moyen de pièces en tôle spéciales qui forcent l'eau à prendre un mouvement rotatoire et à renouveler, par conséquent, le liquide en contact avec la surface des tubes.

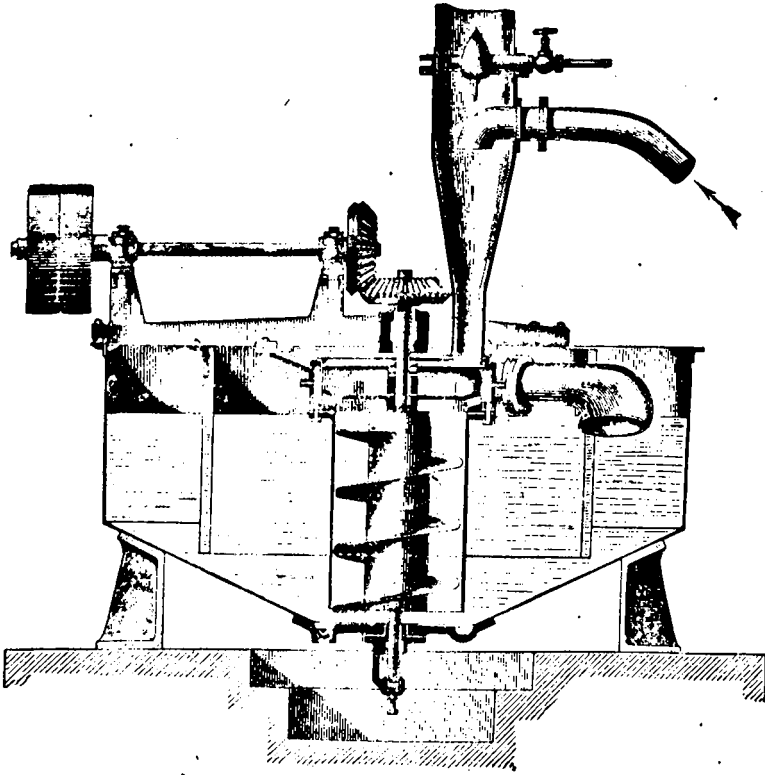


Fig. 106.

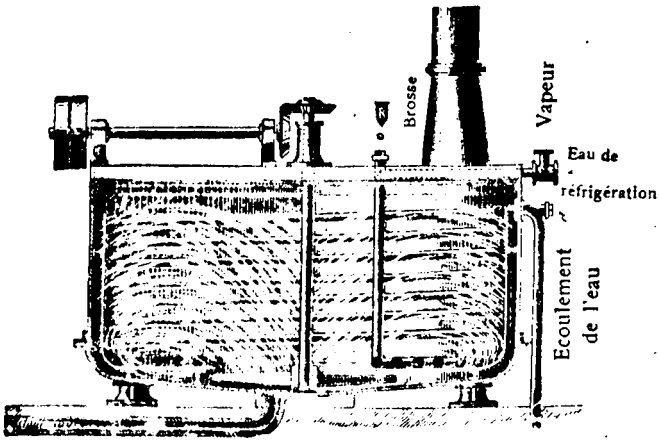


Fig 107.

Les tubes ont un diamètre extérieur de 50 mm., et les joints avec les parois de la cuve sont faits au caoutchouc. Ces tubes peuvent être démontés facilement, comme l'indique la fig. 109. Suivant la température de l'eau, on compte une surface de tubes de 0,35 à 0,45 mètre carré par 100 litres de moût.

Les tubes peuvent être faits soit en cuivre, soit en fer. L'agitation est obtenue par une roue à ailettes commandée par courroie pour les petits appareils, et par un moteur spécial posé sur la cuve pour de grands appareils (fig. 108.) Cette dernière disposition est recom-

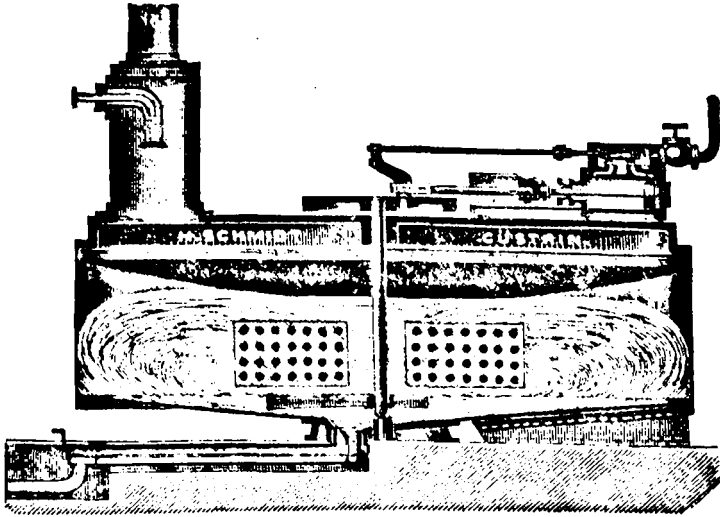


Fig. 108.

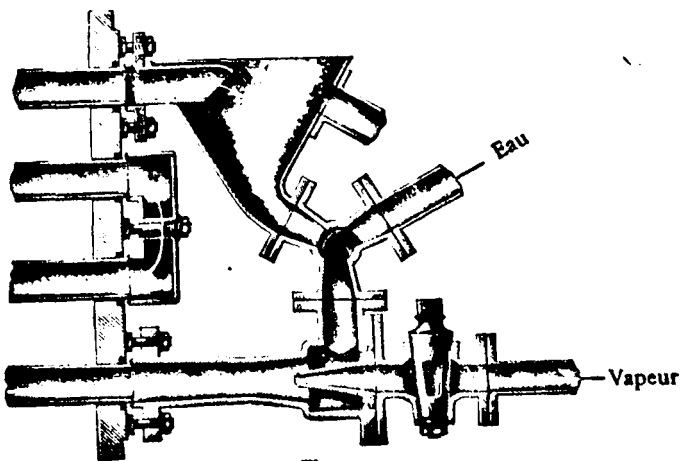


Fig. 109.

mandée par Schmidt; elle n'est guère plus coûteuse que la transmission et permet de faire varier à volonté la vitesse de rotation de l'agitateur.

La vitesse moyenne de l'agitateur est de 85 à 90 tours par minute; le diamètre des ailettes égale les $\frac{4}{10}$ de celui de la cuve, et ces ailettes sont dirigées, sur les $\frac{2}{3}$ de leur longueur à partir de l'arbre, dans le sens des rayons, tandis que le dernier tiers est cintré. Dans les grands appareils, chaque groupe de tubes a une entrée d'eau spéciale, tandis que dans les petits la même entrée alimente les 2 groupes.

Enfin, dans les fabriques de levure, l'appareil est muni d'un système diviseur faisant 700 à 750 tours par minute, afin d'empêcher la formation des boules qui se produiraient avec les grains ou le malt sec concassé. De plus, dans cette industrie, on ajoute au réfrigérant un dispositif pour l'introduction de vapeur (fig. 109).

La figure 109 représente le réfrigérant fonctionnant à l'eau froide: si on voulait, au contraire, s'en servir comme d'un serpentin de chauffe, il suffirait de tourner le robinet à 3 voies existant au-dessous de l'entonnoir, de manière à mettre ce dernier en communication avec le tuyau d'entrée d'eau et les tubes, et d'ouvrir le robinet de vapeur. Il s'établirait aussitôt une circulation d'eau chaude. Ce mode de chauffage est excellent et bien supérieur au chauffage à la vapeur seule, car il donne une température très régulière et permet de ne jamais brûler le malt.

APPAREIL RATH, DE NEUHALDENSLEBEN.

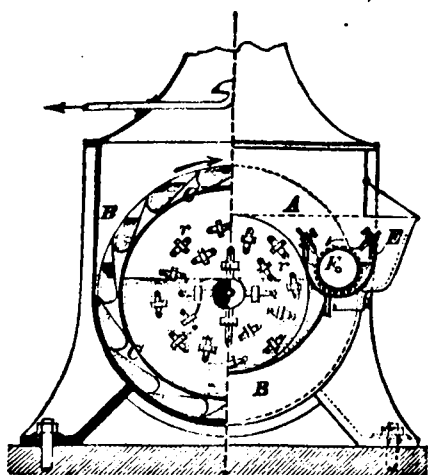


Fig. 110.

Cet appareil consiste en une cuve demi-cylindrique ouverte à la partie supérieure. L'agitation est produite par le déplacement rectiligne d'un faisceau tubulaire fixé à ses extrémités sur deux disques. Le broyage est obtenu par la rotation du cylindre cannelé F entre deux couteaux mobiles qui peuvent être éloignés ou rapprochés des cannelures. Le cylindre F tourne dans une auge E, dans laquelle

on élève le moût au moyen d'une chaîne à godets adaptée à l'une des extrémités de la cuve. Le moût qui a subi le broyage retombe dans la cuve à l'extrémité opposée.

APPAREIL RETTER, DE JULIUSBURG.

Cet appareil se distingue de tous ceux que nous avons décrits jusqu'à présent ; il est formé d'un cylindre de 0,9 mètre de diamètre et 5 mètres de longueur, muni d'un arbre horizontal.

Sur l'un des fonds sont fixés deux tuyaux de 3 1/2 cm. de diamètre extérieur, par lesquels arrive l'empois sortant du cuiseur. Celui-ci étant ainsi projeté dans le sens de la longueur de l'appareil se répand bien uniformément. La réfrigération s'obtient par le refroidissement du cylindre lui-même qui est arrosé extérieurement par de l'eau froide. D'après une communication de Delbrück, cet appareil fonctionne très bien ; la vidange du cuiseur a pu être faite en 15 à 20 minutes, malgré la mauvaise marche de l'exhausteur.

La réfrigération jusqu'à la température de fermentation a nécessité 50 minutes avec une consommation de 0,8 litre d'eau à 2°,5 C. par litre de moût.

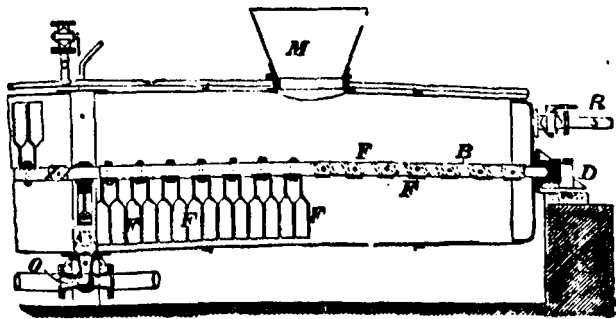


Fig. 111.

APPAREIL ROBERT PZILLAS, DE BRIEG.

Cet appareil a une forme cylindrique et est terminé à la partie inférieure par un fond sphérique.

Il est muni d'un broyeur armé d'ailettes inclinées, et la cuve est munie de chicanes qui forcent le moût à repasser indéfiniment par le broyeur.

APPAREIL E. LEINHAAS, DE FREIBERG.

Cet appareil est formé d'une cuve en fer, de forme ovale, contenant deux arbres munis d'agitateurs formés d'ailettes creuses en cuivre qui servent aussi pour la réfrigération.

Les ailettes de l'un des agitateurs sont calées à 45° par rapport à celles de l'autre agitateur, elles peuvent par conséquent passer les unes dans les autres. Sur les parois de la cuve sont fixés 2 autres groupes d'ailettes fixes, qui augmentent encore l'agitation et la division du moût. L'appareil est enfin muni d'une réfrigération extérieure, ou d'une double paroi à circulation d'eau froide.

APPAREILS P. KYLL, DE BAYENTHAL LEZ-COLOGNE. (*)

A. Appareils de macération combinés avec la machine à vapeur et les pompes, pour distilleries agricoles.

La maison Kyll a exposé à Anvers, en 1885, une installation complète de macération pour distilleries agricoles, correspondant à un travail de 1500 kilog. de grains par 12 heures. Cette installation, qui a été très remarquée, était formée par la combinaison d'appareils de macération choisis parmi ceux dont on a pu apprécier en Allemagne le bon fonctionnement. Elle comprenait les appareils suivants:

1° Un cuiseur vertical reposant sur un bâti en fonte portant également le moteur, les pompes à moût et les pompes à eau.

2° Une cuve à saccharifier universelle à triple réfrigération.

3° Un dépeleur centrifuge Bohm servant en même temps de pompe et de triturateur de malt vert.

Cette disposition permet de placer les appareils indépendamment des bâtiments, puisque le cuiseur, le moteur, les pompes, le saccharificateur et les transmissions, etc., sont fixés sur le même bâti; elle offre aussi l'avantage de permettre le montage et l'ajustage de ces diverses pièces dans l'atelier du constructeur.

Elle est aussi très économique et solide, et peut être placée dans un local quelconque, hangar, grenier, etc., Enfin, la surveillance du travail est rendue très facile, ce qui est très-important pour les distilleries agricoles (fig. 112).

(*) N. des T.

Une installation de ce genre a été faite, en France, à la distillerie de Lhonnaize (Vienne) où elle sert au travail des grains et des topinambours.

La disposition que nous venons de décrire est aussi employée pour les distilleries industrielles.

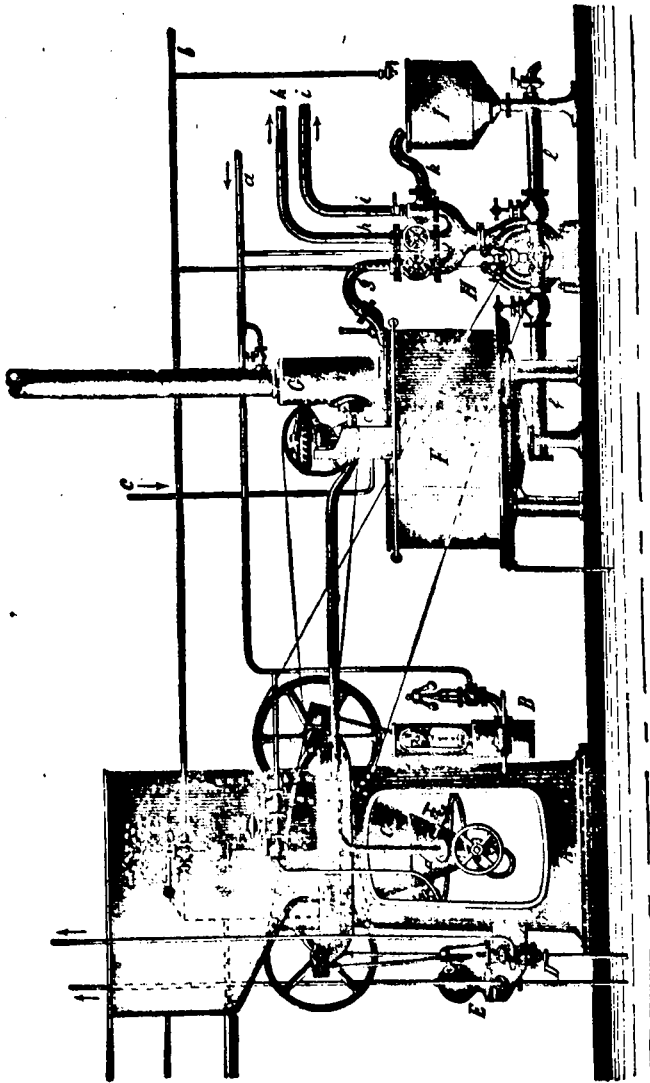


Fig. 112.

B. *Disposition nouvelle de cuisson et macération continues, système Kyll, (fig. 113).*

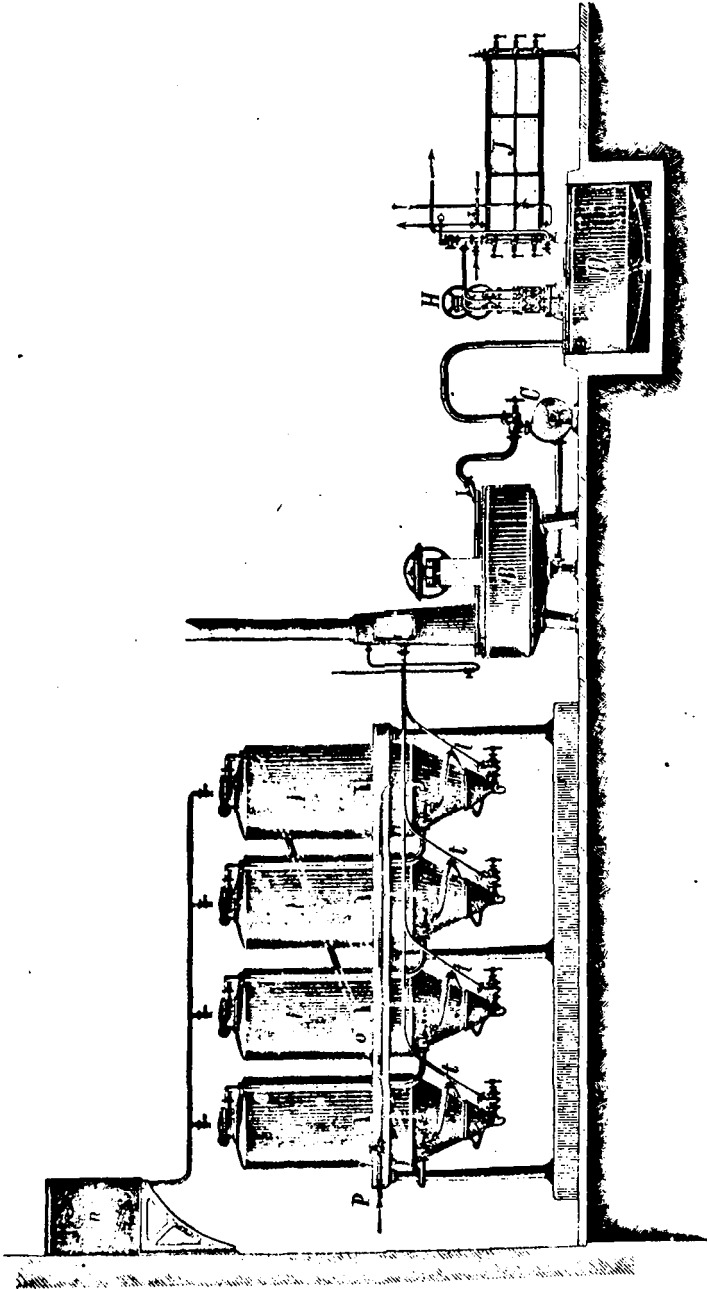


Fig. 113.

La maison Kyll a aussi adopté, dans certaines de ses installations, une disposition ayant pour but de permettre une cuisson et une macération continues. On arrive ainsi à cuire, saccharifier et refroidir en une heure le contenu d'un cuiseur et, par suite, à effectuer 24 opérations en 24 heures.

L'installation se compose (fig. 113), d'une batterie de 3 ou 4 cuiseurs verticaux, d'un saccharificateur muni d'un agitateur, d'un réfrigérant, d'un dépéleur centrifuge et d'un bassin intermédiaire pour recevoir l'empois saccharifié avant son passage au réfrigérant.

A A' A'' A''' cuiseurs; B, saccharificateur; C, dépéleur; D, bassin intermédiaire; H, pompe refoulant le jus à travers le réfrigérant; J, réfrigérant; n, réservoir à eau; O, O', O'', O''', tuyauteries des vapeurs d'échappement; P, tuyauterie de la vapeur directe; t, tuyauteries de vidange des cuiseurs.

Voici comment fonctionne cette installation :

Après avoir chargé tous les cuiseurs de grains et d'eau chaude, on porte le premier à l'ébullition, par l'introduction de vapeur directe, et on ouvre aussitôt toutes les tuyauteries O O' O'', de manière que les vapeurs qui se dégagent du premier cuiseur passent dans le second, celles du second dans le troisième, et enfin celles du troisième dans le quatrième. De cette façon, les grains des cuiseurs A', A'', A''' subissent une cuisson préalable, pendant que la charge du cuiseur A se transforme complètement en empois. Lorsque la formation d'empois est parfaite dans le cuiseur A, on l'isole de la batterie et on le vide dans le saccharificateur par le tuyau t. On fait alors entrer la vapeur directe dans le cuiseur A' et, après avoir rechargé le cuiseur A, on y fait passer la vapeur d'échappement du cuiseur A''' et ainsi de suite. Le travail est donc continu, puisqu'il y a toujours 3 cuiseurs en fonction pendant que la charge du 4^m est soumise à la saccharification et à la réfrigération. Les avantages de ce mode de travail sont les suivants :

1° L'attaque des grains est rendue plus complète, par suite du mouvement produit dans la charge du cuiseur par la circulation continue des vapeurs qui se dégagent pendant l'ébullition.

2° La dépense de combustible est sensiblement réduite par suite de l'utilisation complète de la vapeur ayant servi à la cuisson.

3° La cuisson est plus parfaite et, se faisant à *basse pression*, donne des mouts plus clairs, produisant un alcool plus fin de goût et d'odeur.

Ajoutons encore que ce procédé permettant d'employer des appareils de capacité plus réduite, les frais d'installation sont diminués, de même que la dépense de force et, par suite, de combustible.

La grande Société française de brasserie et de distillerie emploie avec succès ce mode de travail dans ses usines de Châlons-sur-Marne.

BROYEURS

Les frères Pietsch, de Schwiebus — brevet allem. 20653 — ont adapté au saccharificateur deux broyeurs, afin d'avoir une division plus parfaite.

L'un des broyeurs est à la partie supérieure et reçoit directement le moût sortant du cuiseur, le deuxième broyeur est fixé à la partie inférieure de la cuve,

R. Klinkhard — brevet allem. 26419 — a fait breveter un broyeur comprenant, outre les disques broyeurs, des ailettes d'aspiration qui attirent le moût et l'envoient au broyeur, et des ailettes de refoulement qui rejettent l'empois hors du broyeur.

Les disques broyeurs Schmeja (broyeur *Excelsior Gruson*) ont été appliqués aux cuves à saccharifier par *G. Simoni*, de Königsberg. Une pompe centrifuge, placée en dehors de la cuve et à une hauteur supérieure à cette dernière, aspire le moût par un tuyau partant du fond conique de la cuve. A l'extrémité du cône sont fixés les disques broyeurs Schmeja. Le moût, aspiré par la pompe, traverse donc le broyeur et est ensuite refoulé par la pompe centrifuge dans la cuve. Ce moût repasse un grand nombre de fois par le broyeur. Le saccharificateur comprend encore un agitateur.

On peut enfin citer les broyeurs *Urbanowski* et ceux de la *Société anonyme de construction mecklembourgeoise*.

BROYEURS ADAPTÉS EXTÉRIEUREMENT AUX CUVES A SACCHARIFIER.

La première disposition de ce genre a été construite par *C. G. Bohm*, et adaptée aux appareils *Hollefreund*, *Bohm* et *Henze*. Cette disposition, facile à appliquer aux installations existantes, a eu beaucoup de succès. De nombreuses imitations ont été faites, sans toutefois qu'aucune ait surpassé l'appareil *Bohm* proprement dit.

BROYEUR C. G. BOHM.

Le principe de la disposition de Bohm consiste à installer près du saccharificateur un broyeur qui aspire le moût au point le plus bas et le refoule dans la cuve.

Le problème à résoudre consistait à trouver un appareil pouvant servir en même temps de pompe centrifuge et de broyeur. Ce résultat a été atteint d'emblée par Bohm, et son broyeur est certainement le meilleur de tous, à l'heure actuelle.

La construction de ce broyeur a été améliorée dans ces derniers temps et les figures ci-dessous représentent la construction actuelle du broyeur Bohm, notamment :

fig. 114 une vue de côté,

fig. 115 une coupe horizontale,

fig. 116 une coupe verticale,

fig. 117 une vue des broyeurs proprement dits.

La plaque de fondation A est reliée au broyeur B par des boulons, et reçoit aussi un palier C qui supporte l'une des extrémités de l'arbre *a*.

L'arbre qui porte les disques-broyeurs traverse la caisse qui les enveloppe au moyen de deux presse-étoupe *c* et *d*. L'arbre *a* peut être déplacé longitudinalement par la manivelle E, ce qui permet de rapprocher ou d'éloigner les disques-broyeurs. Le broyeur *f* est fixé sur la turbine G qui a 12 ouvertures pour l'entrée et la sortie du moût. Le nombre de ces ouvertures est d'ailleurs variable d'après les dimensions de l'appareil. La turbine est calée sur l'arbre *a*. Dans l'enveloppe est fixée une couronne en fonte *m*, autour de laquelle se meut le broyeur *f*; la commande de l'arbre *a* se fait par la poulie S.

Pour le nettoyage du broyeur, il existe un regard R, et le fond P de l'enveloppe peut facilement se démonter.

L'appareil Bohm est nous le répétons, un broyeur et un agitateur excellents; il est facile à nettoyer et a reçu environ 1000 applications. Il s'adapte d'ailleurs facilement à tous les saccharificateurs existants.

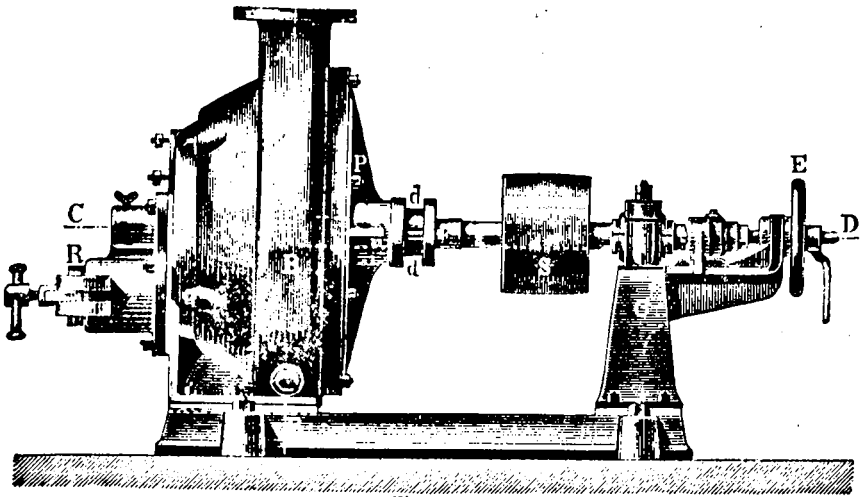


Fig. 114.

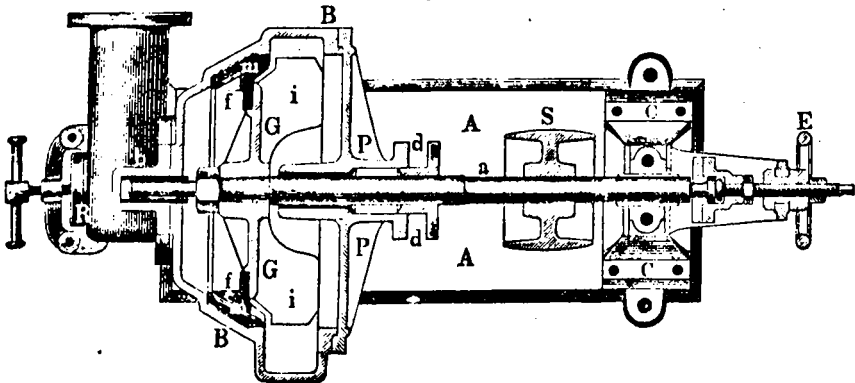


Fig. 115.

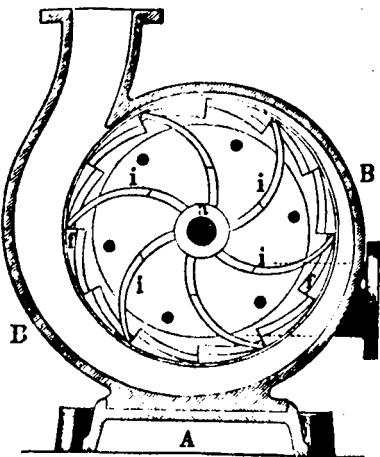


Fig. 116



Fig. 117.

La figure 118 représente l'application du broyeur Bohm à un cuiseur Henze avec saccharificateur de l'ancien système. A l'extrémité du cône du cuiseur sont posées deux soupapes qui ferment respectivement les 2 tuyaux *m* et *n* conduisant le moût soit au broyeur, soit à l'exhausteur. Une autre soupape *C* est en communication avec le tuyau d'aspiration du broyeur et avec les tuyaux *m* et *l*. Ce dernier tuyau part du fond du saccharificateur. Lorsque la soupape *C* est fermée, la communication entre le broyeur et le saccharificateur est supprimée. Enfin la tuyauterie de refoulement du broyeur est munie d'un tuyau à trois tubulures portant chacune une soupape permettant d'envoyer le moût soit au cuiseur, soit au saccharificateur ou à la cuve à fermentation.

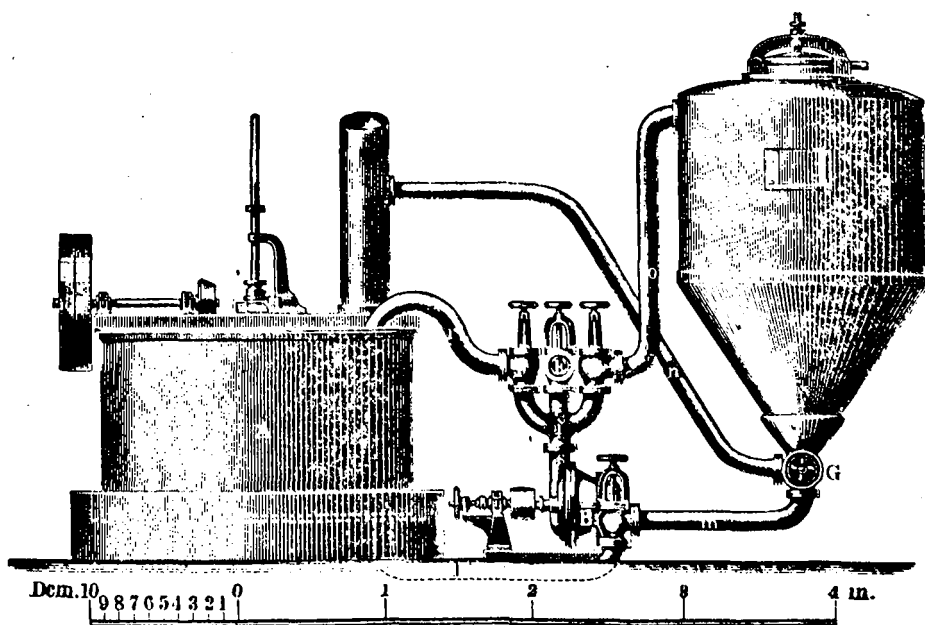


Fig. 118.

Quand on veut faire une opération avec du maïs non concassé, on ferme toutes les soupapes, sauf *D*, et on charge le cuiseur avec l'eau et le grain. Lorsque la température convenable pour la marche du broyeur est atteinte, on met le broyeur en mouvement puis on ouvre lentement la soupape *G*; l'empois est

aspiré par le broyeur et refoulé dans le cuiseur en suivant le parcours *G m C B s i D o H*

Lorsque la cuisson est terminée, on procède à la vidange par le tuyau *n* tout en laissant fonctionner le broyeur. Lorsque la vidange est terminée, on arrête le broyeur et on y lance un jet de vapeur destiné à enlever l'empois qui s'y trouve encore. On fait de même pour les tuyaux, puis on ferme les soupapes *D* et *G* ainsi que celle de la vidange du cuiseur. Dès qu'on a ajouté le malt dans la cuve à saccharifier, on remet le broyeur en mouvement et on ouvre les soupapes *C* et *F*; aussitôt, le broyeur aspire le moût par le fond de la cuve et le refoule à la partie supérieure par les tuyaux *l C B s i F r A*.

Enfin, lorsque la saccharification est terminée, on ferme la soupape *F* et on ouvre la soupape *E* qui envoie le moût dans la salle de fermentation.

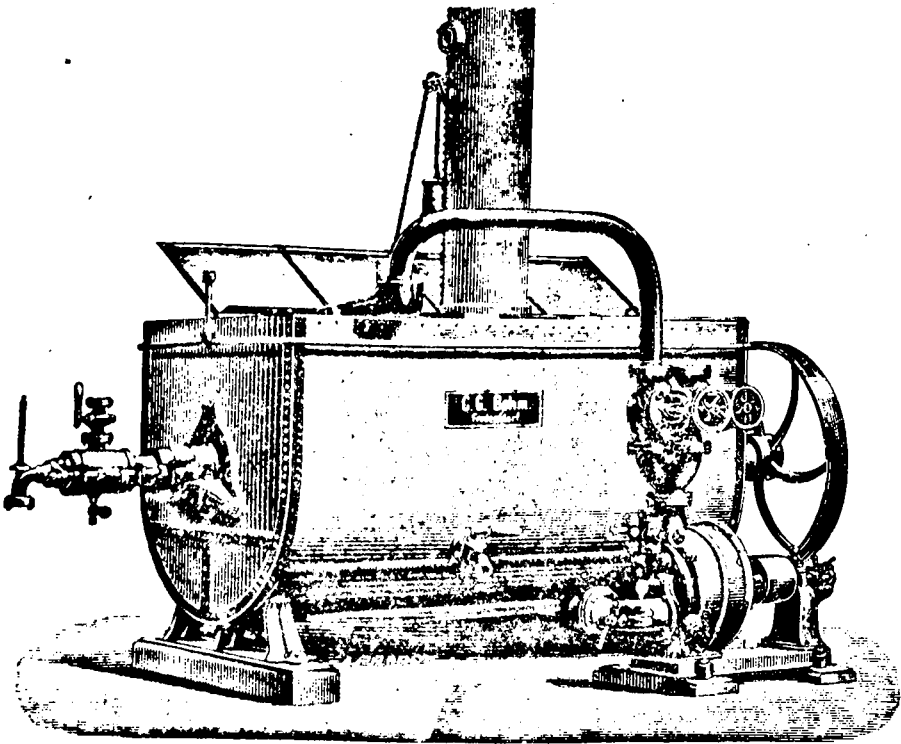


Fig. 119.

Pour le travail des pommes de terre, les manipulations sont semblables; on supprime simplement la marche du broyeur pendant la cuisson.

Nous donnons encore la description du saccharificateur Bohm avec réfrigération (figures 119 et 120). Il consiste en une cuve rectangulaire terminée à la partie inférieure par un fond demi-

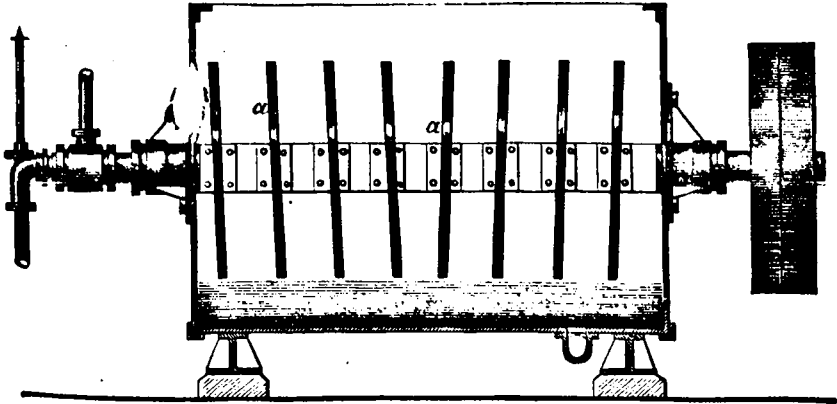


Fig. 120.

cylindrique dont le nettoyage est par conséquent facile. Cette cuve est traversée par un arbre creux, sur lequel sont fixés des tubes et ailettes de circulation d'eau, de construction identique à ceux du réfrigérant de moût de Bohm.

Cet appareil paraît très convenable pour les fabriques de levure pressée.

APPAREIL PAUCKSCH.

Paucksch a appliqué le principe de sa roue à ailettes, employée dans son saccharificateur universel, à la construction d'un broyeur centrifuge tout à fait analogue à celui de Bohm.

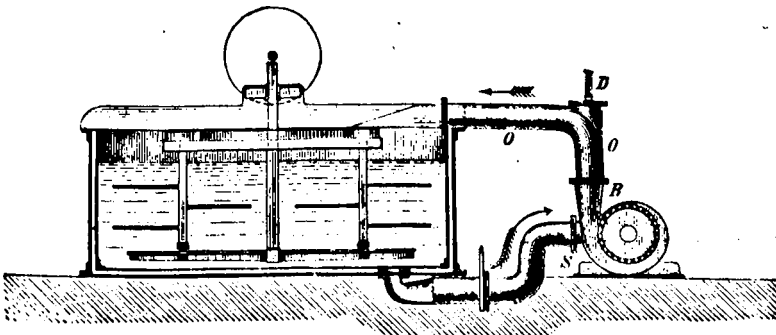


Fig. 121.

Comme le mode d'application et l'emploi de ce broyeur sont identiques à ceux de l'appareil de Bohm, nous nous contenterons d'en donner les figures (fig 121 et 122) qui ne nécessitent pas d'autre explication.

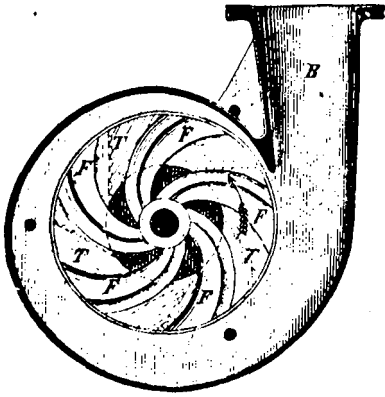


Fig. 122.

BROYEUR E. LEINHAAS, DE FREIBERG EN SAXE.

Cet appareil est semblable aux précédents; la turbine et son enveloppe sont munies de dents à arêtes vives.

BROYEUR MOEGELIN, DE POSEN.

Cet appareil se distingue des broyeurs Bohm et Paucksch en ce

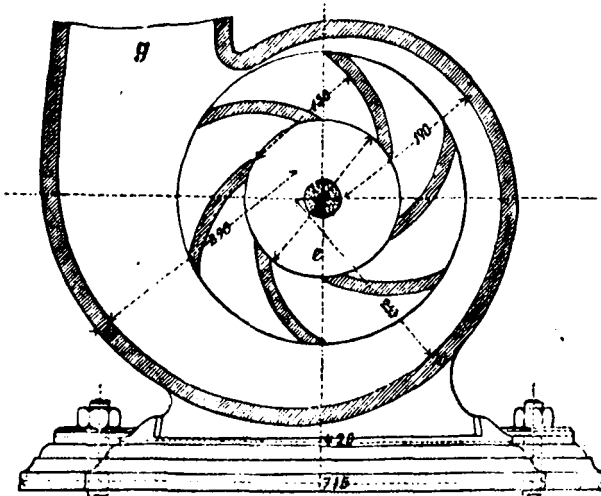


Fig. 123.

sens qu'il ne sert pas comme pompe. Il comprend donc une pompe centrifuge spéciale qui amène le moût au broyeur ; celui-ci est formé d'un tambour cylindrique muni de couteaux groupés en forme de spirale et enveloppé d'une caisse également garnie de couteaux. Le tambour fait environ 550 tours par minute. La figure 123 représente cet appareil.

BROYEUR URBAN.

Cet appareil consiste en une roue en laiton munie d'ailettes portant

à leurs extrémités des couteaux en acier fondu.

La roue comporte 6 ailettes et est entourée de 20 autres couteaux, égale-

ment en acier fondu, écar-

tés de 1 1/2 à 2 mm.

des ailettes mobiles. Le

tout est enveloppé dans

une caisse en forme de

spirale (fig. 124).

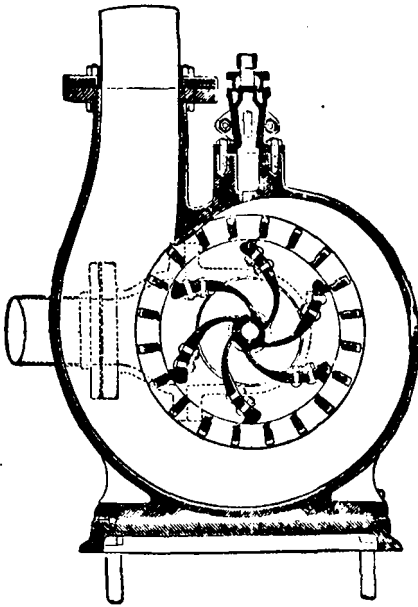


Fig. 124.

DÉPÉLEURS.

Pour débarrasser les moûts des germes et des parties non attaquées, on a construit des appareils spéciaux qu'il est inutile de décrire ici, car, par suite des perfectionnements apportés aux cuiseurs et aux broyeurs, ces appareils sont devenus superflus.

PROCÉDÉ DE G. WASSMUSS POUR LE TRAITEMENT DES POMMES DE TERRE
PAR L'ACIDE MURIATIQUE.

L'appareil employé par Wassmuss est formé d'un cuiseur horizontal en cuivre, muni d'un agitateur, et dans lequel on introduit les pommes de terre préalablement lavées. On ferme alors le trou d'homme, et on introduit la vapeur en maintenant ouvert le robinet d'écoulement de l'eau de condensation. Aussitôt qu'il sort de la vapeur par ce tuyau, on ferme l'arrivée de celle-ci et on introduit dans le cuiseur l'eau convenablement chargée d'acide muriatique. La proportion d'acide à employer dépend de la richesse en fécule des pommes de terre ; pour une teneur de 20 à 24 %, on emploie par 100 kilos de pommes de terre 1,1 à 1,3 kilog. d'acide muriatique à 20 %. On calcule, en général, sur 5,5 kilos d'acide par 100 kilos d'amidon pur pour obtenir une transformation complète. Dès que l'eau acidulée a été introduite dans le cuiseur, on ouvre à nouveau le robinet de vapeur et on chauffe, en laissant ouvert le robinet d'échappement d'air, jusqu'à ce qu'il en sorte de la vapeur. On ferme alors ce dernier robinet et on maintient la pression à 3 atmosphères.

La saccharification est complète lorsque quelques gouttes d'iode en dissolution versées sur des échantillons prélevés dans le cuiseur ne changent pas de teinte et restent jaune. On peut alors vider le cuiseur, refroidir le moût et saturer l'acide par du carbonate de soude.

On se sert du moût refroidi pour la fabrication du levain en y additionnant de la levure pressée, ou de la levure de bière, ou encore de la levure mère d'une opération précédente.

Lorsque la fermentation dans la cuve à levain a transformé environ la moitié de la proportion de sucre contenu dans le moût, on recueille la levure mère pour l'opération suivante, et on emploie le levain restant pour la mise en fermentation du moût.

Des essais, par le procédé Wassmuss, ont été faits à Biesdorf : la transformation de la fécule se faisait complètement et rapidement, et les animaux mangeaient volontiers les drèches, sans inconvénient ;

malheureusement, le cuiseur était trop petit pour les cuves à fermentation et, par suite, on ne saurait affirmer qu'il soit possible de produire avec le système Wassmuss des moûts ayant la concentration nécessitée par le mode d'impôt existant en Allemagne. Pour d'autres pays, Delbrück recommande fortement ce système.

PROCÉDÉ DE TROBACH ET CORDS (Brevet allem. 24068).

Les pommes de terre sont d'abord rapées, comme dans les fabriques de fécule, et envoyées ensuite dans un filtre-pressé. Elles perdent ainsi la plus grande partie de leur eau, et il reste entre les plateaux des gâteaux beaucoup plus riches en fécule. Ce travail a pour but de permettre la production de moûts très concentrés et aussi, d'après Trobach, de débarrasser les pommes de terre de divers produits qui, pendant la fermentation, produisent des alcools mauvais goût.

On transforme ensuite les gâteaux obtenus aux filtres-presses en empois dans un cuiseur muni d'un agitateur, puis on saccharifie par le malt. On envoie alors pour la deuxième fois le produit dans les filtres-presses ; ceux-ci séparent du moût saccharifié la cellulose qui constitue un aliment précieux. Le moût très concentré, sortant des filtres-presses, passe au réfrigérant, puis à la fermentation.

Les inventeurs ont eu pour but, par cette deuxième filtration, d'obtenir une meilleure utilisation du volume des cuves à fermentation, car le moût, ainsi débarrassé des pelures et des parties non attaquées des pommes de terre, peut remplir la cuve à fermentation à une aussi grande hauteur que les moûts de mélasses, par exemple. L'alcool obtenu par ce procédé est très pur ; mais, néanmoins il a besoin d'être rectifié.

L'eau qui s'écoule des premiers filtres-presses passe dans une chaudière à cuire dans le vide qui fonctionne avec les vapeurs d'échappement de l'usine et sert, avec les gâteaux des autres filtres-presses, pour la nourriture du bétail.

Ce procédé présente, *à priori*, des avantages ; mais il faudrait que les machines diverses employées fonctionnassent bien et que les frais de fabrication ne fussent pas trop élevés. On pourrait, par exemple,

en automne, produire rapidement des gâteaux de fécule qui, une fois desséchés, se conserveraient indéfiniment, tandis que les pommes de terre subissent pendant la conservation de grandes pertes sur l'importance desquelles on n'est pas encore bien fixé.

Le système Zinner, brevet allem. 28273, poursuit le même but; toutefois, la séparation des matières en suspension dans le moût ne se fait pas au moyen de filtres-presses, mais par une pompe centrifuge de construction spéciale.

APPAREIL WAREIN FILS ET DEFRANCE (*)

La maison Warein fils et DeFrance, de Lille, construit un *cuseur-saccharificateur*, permettant de transformer l'amidon des grains en glucose.

Les grains entiers sont soumis, en présence d'eau, à une pression de 3 atmosphères; puis, lorsque la formation d'empois est complète, on introduit dans le cuseur l'acide contenu dans le ballon A, au moyen de la pression de la vapeur du générateur (fig. 125). La saccharification est complète au bout de 15 à 20 minutes.

Ce cuseur-saccharificateur, breveté s. g. d. g., se construit de toutes grandeurs, suivant l'importance de la charge.

On donne une forme conique aux petits appareils qui sont installés verticalement.

Voici la marche d'une opération: On verse dans le cuseur 250 litres d'eau chaude par 100 kilogr. de maïs à mettre en œuvre; puis, après avoir ouvert les robinets de vapeur et mis en marche l'agitateur, on charge le grain. Après une demi-heure, on ferme le robinet d'air et on monte la pression à 3 atmosphères; on maintient cette pression pendant deux heures et demie, et on s'assure alors de l'état de l'empois. Lorsque l'empois est bien formé, on introduit lentement l'acide muriatique non dilué dans la proportion de 2,5 à 5 %, en poids, du maïs travaillé. La durée de la saccharification est de 25 minutes et les moûts obtenus sont d'un ton jaune pâle.

Le rendement en glucose et dextrine est respectivement de 68 et 1,75 %, et on obtient par ce procédé jusqu'à 35 litres d'alcool rectifié à 90° par 100 kilos de maïs.

N. des T.

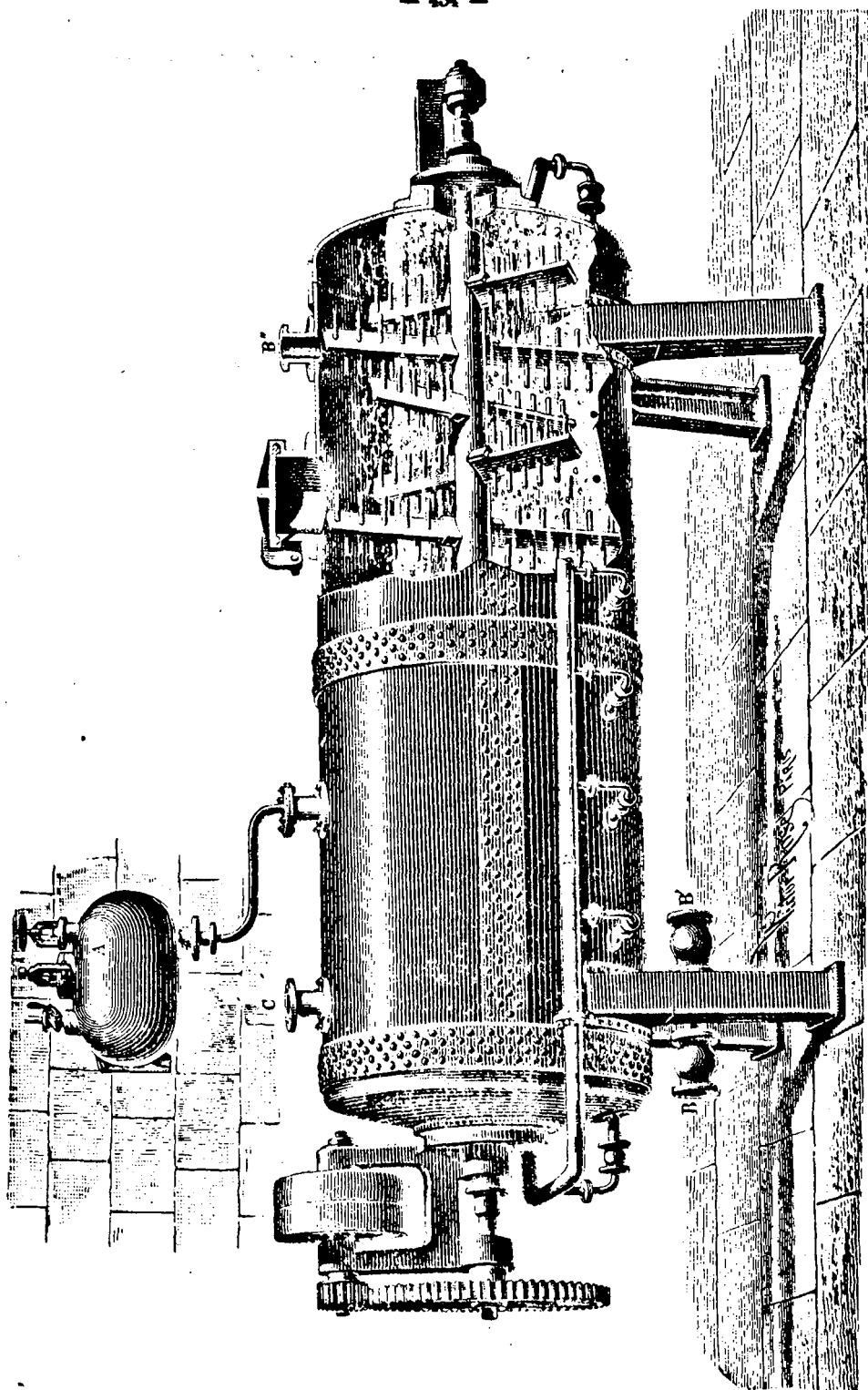


Fig. 125. — Cuisseur-Saccharificateur Warein.

CHAPITRE VI.

TRAVAIL DU MAÏS, DES GRAINS, ET AUTRES MATIÈRES CONTENANT DE L'AMIDON.

A. — MAÏS.

L'emploi du maïs pour la fabrication de l'alcool a pris une grande extension dans ces derniers temps, tant à cause des récoltes abondantes en Amérique, en Hongrie et dans les pays du Danube, qu'en raison de la facilité qu'il offre d'augmenter la valeur nutritive des drèches de pommes de terre et de leur donner les produits gras utiles qui leur manquent. Nous étudierons complètement cette question au chapitre traitant de la valeur nutritive des drèches.

TRAVAIL DU MAÏS PAR LES ANCIENS PROCÉDÉS.

Ce mode de travail n'a plus qu'un intérêt historique, car, à cause des faibles rendements qu'il donnait, il a été remplacé d'une façon générale par l'emploi des appareils travaillant sous pression. On procédait le plus souvent de la manière suivante :

On introduisait dans la cuve à saccharifier 100 kilos de maïs finement concassé au lieu de 300 kilos de pommes de terre ; le maïs contenant de 60 à 65 % d'amidon, tandis que les pommes de terre en renferment 20 % environ, on opérait ainsi sur la même quantité de matière utile.

On ajoutait alors au maïs de l'eau à la température de 60 à 75° C., car on avait observé qu'avec de l'eau plus chaude le maïs formait des boules qui ne s'attaquaient pas pendant la saccharification. Lorsque la trempé avait duré quelque temps, on chauffait lentement en faisant fonctionner l'agitateur aussi énergiquement que possible pour éviter la formation de boules qui tendaient toujours à se produire si le chauffage était trop rapide. Le maïs ayant été ainsi chauffé pendant au moins une heure sans dépasser la température de 90-95° C. (à une température supérieure, l'empois serait « corné »), on le refroidissait, soit en y ajoutant de l'eau froide, soit au moyen de réfrigérants, jusqu'à la température de saccharification—65° C.— puis on y ajoutait le malt. Le refroidissement de l'empois par l'addition d'eau froide ne saurait être recommandé, car la transformation de l'amidon du grain en dextrine est d'autant plus parfaite qu'il y a eu plus d'eau pendant la cuisson, de sorte qu'il est préférable de mettre au début de cette opération la totalité de l'eau nécessaire et de refroidir l'empois par une disposition de réfrigération spéciale.

Un bon procédé de cuisson consistait à ajouter au maïs, pendant la trempé, une petite quantité de malt qui favorisait la transformation de l'amidon en dextrine.

Les avis étaient très-variables sur la quantité de malt nécessaire. On admettait généralement que 15 de malt vert pour 100 de maïs travaillé suffisaient, quoique très-souvent la quantité de malt employée était supérieure. Maercker a même constaté que, dans certains cas, on employait jusqu'à 40 % de malt vert. Si l'on se base sur la proportion de malt employé pour le travail des pommes de terre (5 % malt vert pour la saccharification seulement), on peut en conclure que pour le maïs 15 % de malt vert sont parfaitement suffisants.

Si l'on travaille le maïs avec des cuiseurs sous pression, cette quantité de malt vert est plus que suffisante, tandis qu'en se servant des anciens procédés à air libre, il serait peut-être préférable d'augmenter un peu cette dose.

Le temps nécessaire pour la saccharification variait de 2 à 3 heures, puis on procédait à la réfrigération.

On employait encore fréquemment pour la fermentation un levain préparé au malt sec additionné de seigle; mais c'était une faute, et le levain au malt vert, qui donne de si excellents résultats avec les

moûts de pommes de terre, permet d'obtenir des fermentations tout aussi excellentes avec les moûts de maïs, qui tombent souvent à une densité de 0° et même en-dessous, à cause de leur teneur élevée en alcool.

Beaucoup de distillateurs commencent la fermentation des maïs à une température un peu élevée (15°,5 à 19° C.); l'auteur ne saurait dire si cela est utile; dans tous les cas, il sait, par expérience, que la fermentation à de plus basses températures donne de bons résultats.

L'huile, contenue dans le maïs, se rassemble souvent à la surface des cuves en fermentation, et des distillateurs inexpérimentés l'enlèvent quelquefois; on ne saurait trop critiquer cette manière d'opérer, car elle fait disparaître une notable partie des matières nutritives de la drèche, sans améliorer en rien la fermentation qui ne souffre nullement de la couche d'huile.

Les rendements obtenus avec le maïs, par les anciens procédés, étaient généralement mauvais: 40 à 45 litres d'alcool pur par 100 kilos d'amidon, et 25 à 30 litres par 100 kilos de maïs, déduction faite de l'alcool produit par le malt.

Pour obtenir une meilleure attaque de l'amidon, on employait d'une façon générale, en Hongrie, et souvent en Allemagne, l'acide sulfureux qui, attaquant la matière intercellulaire, facilitait le contact de l'eau avec l'amidon.

On peut produire facilement l'acide sulfureux en dissolution dans l'eau en brûlant du soufre dans les appareils construits à cet effet et en faisant passer les gaz de la combustion dans l'eau.

On peut aussi le remplacer par du sulfite de soude auquel on ajoute, au moment de l'emploi, la quantité correspondante d'acide sulfurique pour mettre l'acide sulfureux en liberté.

On employait, par 1000 kgr. de maïs, 60 à 100, ou au maximum 130 gr. de soufre transformé en acide sulfureux. On ajoutait cet acide au maïs moulu, dans le bac de trempage, avec de l'eau en quantité suffisante pour qu'elle recouvre le maïs de 10 centimètres environ.

L'action se fait à la température ordinaire, et dure de 20 à 24 heures; le maïs prend une teinte jaune plus foncée et se ramollit fortement. L'odeur de l'acide sulfureux disparaît peu à peu, par suite de sa transformation en acide sulfurique.

L'alcool obtenu du maïs trempé avec de plus fortes quantités

d'acide sulfureux possède un goût et une odeur très-désagréables ; on ne doit donc employer ce produit qu'avec circonspection.

La présence de l'acide sulfureux dans l'alcool peut facilement se reconnaître par l'addition de quelques gouttes de solution d'iode dont la couleur brune est détruite par suite de l'oxydation de l'acide sulfureux et de sa transformation en acide sulfurique.

D'après W. Schultze, on obtient par l'emploi de l'acide sulfureux 45 à 48 litres d'alcool pur par 100 kilos d'amidon, contre 40 litres seulement sans l'emploi de cet acide. Ce rendement correspond à 30-32 litres d'alcool pur par cent kilos de maïs.

TRAVAIL DU MAÏS EN GRAINS ENTIERS AVEC LE CUISEUR HENZE.

Aucune branche de l'industrie de la fabrication de l'alcool n'a fait d'aussi grands progrès, dans ces dernières années, que le traitement du maïs dans les appareils sous pression.

La commodité du travail et la transformation de l'amidon insoluble en produits solubles ne laissent rien à désirer. Ces progrès sont dus principalement au chef du laboratoire des distillateurs allemands : *Delbrück*.

Le développement qu'a pris la fabrication de l'alcool de maïs doit être aussi attribué en partie à Monsieur *Gontard*, de Mockau, qui fut le premier qui traita les maïs entiers dans le cuiseur Henze (1873).

Les premiers essais de traitement du maïs broyé dans les appareils sous pression donnèrent de très-mauvais résultats, et on peut dire qu'on n'arrivait à transformer en amidon soluble, dans les conditions les plus favorables et avec de très-bons maïs, que 90 % environ de l'amidon total. En perfectionnant les appareils de broyage et en concassant plus finement le maïs, le résultat ne fut pas meilleur, et on doit reconnaître maintenant que l'on se trouvait dans une mauvaise voie en portant tous les efforts sur le broyage du grain.

Les expériences récentes ont en effet prouvé jusqu'à l'évidence : *que le maïs se travaillait beaucoup mieux sous pression lorsqu'il était en grains entiers que lorsqu'il avait été préalablement broyé.*

Voici les principes à observer pour le traitement du maïs dans les appareils sous pression :

1. *Il est nécessaire d'ajouter au maïs une quantité d'eau suffisante pour sa cuisson.*

La composition du maïs, au point de vue de sa teneur en eau, est plus défavorable que celle des pommes de terre. En effet, tandis que ces dernières contiennent 74 % d'eau pour 20 % d'amidon, le maïs renferme 60 % d'amidon et 14 % d'eau seulement.

Donc, si l'on veut donner au maïs la même proportion d'eau que celle que possède la pomme de terre, il faut ajouter deux parties d'eau à une partie de maïs.

Au début, on employait partout, par 100 kilos de maïs, 200 litres d'eau, et on pensait même qu'il valait mieux augmenter, plutôt que diminuer cette quantité.

Toutefois, on n'arrivait, en procédant ainsi, qu'à obtenir des mouts marquant seulement 15-17° Balling, et il n'en pouvait être autrement, car on ne pouvait songer avec le maïs à évacuer l'eau de condensation, et, de plus, la cuisson nécessitait une durée beaucoup plus longue que celle qui est nécessaire pour les pommes de terre. Aussi, en tenant compte de ces faits, est-on arrivé à ne plus employer que 132 litres d'eau par 100 kilos de maïs, tout en obtenant une cuisson parfaite et des mouts à 20-21° Balling.

La cuisson, avec une aussi faible proportion d'eau, ne saurait cependant donner d'excellents résultats qu'à condition de maintenir le maïs constamment en mouvement, soit au moyen d'agitateurs, soit au moyen de la distribution de la vapeur. Il est aussi nécessaire de posséder la connaissance complète, telle que ne la donne que la pratique, de la manière de travailler le maïs. Si l'un ou l'autre de ces éléments manquait, il serait prudent de ne pas descendre à une aussi faible proportion d'eau.

2. *La distribution de la vapeur pendant la cuisson doit être parfaite.*

Aussi longtemps que la distribution de la vapeur dans le cuiseur a été défectueuse, on n'a pas pu obtenir de bons résultats en travaillant le maïs en grains entiers, et *Ellenberger*, *Lwowski* et d'autres pouvaient, avec raison, prétendre que leurs broyeurs étaient non-seulement favorables, mais même indispensables. Cette prétention a été écartée lorsque *Avenarius* a obtenu, avec son distributeur de vapeur, la transformation de 98 % de l'amidon insoluble en produits solubles. Depuis lors, on a reconnu que la cuisson

était une opération capitale et que, lorsqu'elle n'était pas satisfaisante, les broyages ultérieurs ne suffisaient pas pour donner un bon résultat.

Les meilleurs distributeurs de vapeur, pour le cuiseur Henze, ont été déjà décrits.

La cuisson du maïs en grains entiers ne réussit pas très bien dans les cuiseurs Hollefreund et dans les anciens appareils Bohm ; il est nécessaire de leur adjoindre un broyeur.

Bohm construit des cuiseurs horizontaux de toutes grandeurs pour le travail des maïs ; il préfère cette disposition au cuiseur vertical et munit ses appareils d'un agitateur horizontal et d'une vidange analogue à celle du cuiseur Henze.

(Ztschr. f. Spiritus ind., 1878, p. 284).

3. *Le maïs doit être constamment maintenu en mouvement pendant la cuisson.*

L. Avenarius a, le premier, reconnu la nécessité de maintenir le maïs en mouvement pendant toute la durée de la cuisson.

Il recommandait de verser le maïs lentement dans le cuiseur, de manière à y maintenir l'eau en ébullition pendant toute la durée de la charge. Delbrück ne considère pas cette manière d'opérer comme nécessaire. Lorsque le cuiseur est chargé avec le maïs, on ouvre fortement la soupape de vapeur, tout en laissant le trou d'homme ouvert ; puis, après la vive agitation qui en résulte, on ferme le trou d'homme et on règle l'entrée de vapeur de manière à en laisser échapper une petite quantité par la soupape de sûreté.

De cette façon, la masse est toujours agitée et la cuisson donne d'excellents résultats.

Lorsque, par suite de l'absence de soupape de sûreté, on ne peut travailler « à soupape soufflante », le même résultat peut être atteint en ouvrant le robinet d'air dont est muni chaque cuiseur, de manière à en laisser sortir de la vapeur, tout en maintenant la pression voulue. Aucun cuiseur ne devrait, d'ailleurs, être privé de soupape de sûreté, car il s'est produit un grand nombre d'accidents par suite de l'explosion de cuiseurs.

Après la cuisson à « soupape soufflante », on ferme cette soupape, et on laisse monter la pression jusqu'à la limite maxima, afin de procéder à la vidange à cette haute pression.

On trouvera plus loin des renseignements exacts concernant la durée des opérations.

L'emploi de la pression, pour la cuisson du maïs, a une limite qu'il ne faut pas dépasser.

En effet, si l'amidon résiste bien à la pression élevée et à la température correspondante, il n'en est pas de même du sucre tout formé que contiennent les grains, ou de celui qui se produit grâce à la diastase qui s'y rencontre toujours.

Delbrück a, par suite, pleinement raison lorsqu'il recommande de ne pas employer une pression trop élevée ni de prolonger trop la cuisson.

Il est certain que la teinte foncée, due à la caramélisation du sucre, est toujours l'indice de pertes d'amidon ; il en résulte en outre un alcool moins pur, à cause de la présence d'éthers qui prennent naissance par l'action des acides gras sur l'alcool pendant la fermentation.

Ces acides gras sont produits par la décomposition des matières grasses des grains sous l'influence exagérée de la température pendant la cuisson.

Aussi, le rendement alcoolique des grains sera-t-il d'autant plus élevé que la disposition du cuiseur permettra de produire l'empois à plus basse pression.

Pour obtenir une agitation énergique pendant la cuisson, on a muni les cuiseurs Henze d'agitateurs, soit verticaux, soit horizontaux, comme cela est représenté pour le cuiseur *Venuleth et Ellenberger*, figure 126.

La première application d'un agitateur a été faite par *d'Heureuse*, de Schmetzdorf.

Christophe, de Nisky, construit un cuiseur muni d'un agitateur vertical et d'une distribution de vapeur spéciale (brevet allem. 18345).

L'arbre vertical est muni de deux agitateurs, à la partie supérieure et de trois autres à la partie inférieure. Ces derniers reçoivent la vapeur qui pénètre par une soupape dans une pièce creuse et de là dans l'arbre vertical qui est également creux et muni de trous pour la sortie de la vapeur dans la partie inférieure.

Wernicke construit un agitateur en forme d'hélice pour augmenter l'agitation et le mélange de l'empois.

4. *La vidange doit se faire à haute pression, à travers une soupape spéciale à arêtes vives divisant ou pulvérisant l'empois, ou à travers un tuyau de vidange, de construction convenable, donnant le même résultat.*

La saccharification de l'amidon sera d'autant plus parfaite que l'empois aura été plus divisé à la sortie du cuiseur, et ce résultat ne sera obtenu que si l'empois est projeté à haute pression hors du cuiseur. Si la vidange se fait lentement, il se forme des boules qui ne sont attaquées que difficilement par la diastase, et la saccharification peut n'être qu'incomplète.

Aussi ouvre-t-on souvent, pendant la sortie de l'empois, le robinet de vapeur (fig. 64) destiné au nettoyage de la soupape de vidange. C'est aussi pour la même raison que le tuyau de vidange Barthel (fig. 73) est muni d'un robinet de vapeur.

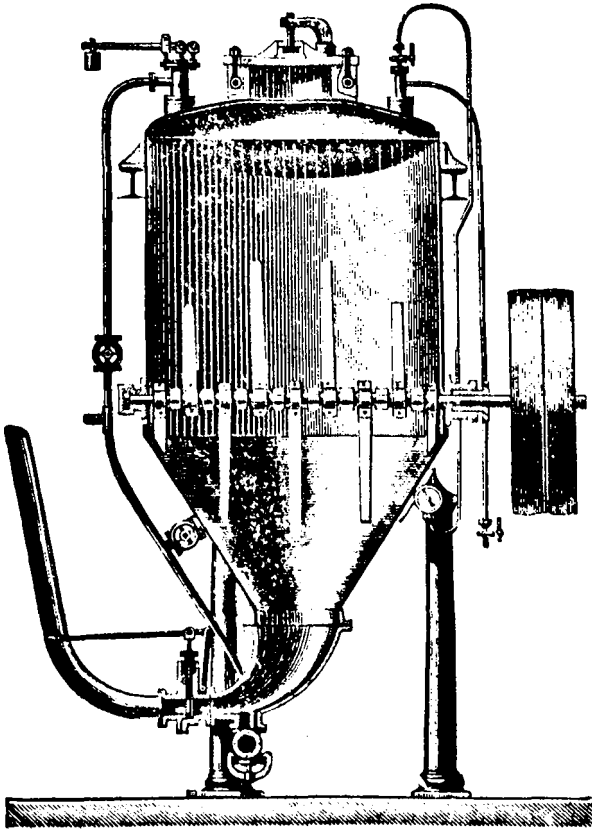


Fig. 126.

Lorsque la cuisson du maïs a été bien effectuée, ainsi que la vidange du cuiseur, la saccharification est parfaite sans l'aide d'aucun dispositif spécial.

5. *Trempage ou cuisson préparatoire la veille du jour où le maïs doit être employé.*

La trempe ou cuisson préparatoire du maïs a été depuis longtemps indiquée par *Oesterreich*, de Siegersleben ; elle peut être employée, avec avantage, pour activer la cuisson définitive du lendemain.

On ne doit pas, cependant, faire la cuisson préalable à trop haute pression, ni lui donner une grande durée, car, sans cela, le maïs devient trop fluide, se refroidit rapidement et s'acidifie. Il suffit de monter la pression à 2 atmosphères, puis de fermer l'arrivée de vapeur ; le lendemain, on monte rapidement à 3 atmosphères, et après avoir maintenu cette pression pendant une 1/2 heure, on peut opérer la vidange.

On peut aussi tremper le maïs dans de l'eau chaude ; mais il ne faut pas que jusqu'au lendemain la température descende au-dessous de 50° C., afin d'éviter toute formation d'acide.

6. *Travail des maïs de provenances diverses.*

La question de savoir quel est le maïs qui donne le meilleur rendement et qui se travaille le plus facilement a été discutée à la réunion générale des distillateurs allemands en 1880.

On a reconnu que la richesse en amidon des maïs provenant d'Amérique, de Hongrie ou de Roumanie était sensiblement égale, mais que, néanmoins, le petit maïs de Roumanie était désavantageux, tant à cause de la difficulté de la cuisson, qu'à cause de la nature des moûts qu'il donne; moûts qui ont une grande tendance à monter pendant la fermentation et à déborder de la cuve. *Delbrück* a fait aussi remarquer que le maïs cuit à haute pression exige un plus grand volume perdu de la cuve à fermentation que celui préalablement broyé. Enfin, *Leinhaas* a ajouté que le maïs de Roumanie exigeait beaucoup plus d'eau pour sa cuisson que les autres maïs.

7. *Travail du maïs au moyen de broyeur.*

Nous avons déjà fait remarquer que la cuisson était le point capital du travail du maïs, et que, lorsque cette opération est bien

conduite, elle donne, sans adjonction de broyeurs, d'excellents résultats ; néanmoins, l'emploi des broyeurs peut avoir son utilité pour le maïs, car ils permettent d'abrèger la durée de la cuisson tout en travaillant à plus basse pression.

Il en résulte un grand avantage, car, à une pression de 3-4 atmosphères l'amidon n'est pas détruit, mais se transforme cependant en partie en dextrine ; d'autre part, le maïs contient aussi du sucre (4-5 %, voir p. 113) et ces corps subissent une destruction partielle à la haute pression de la cuisson, surtout si cette opération est prolongée. Toute réduction apportée à la pression et à la durée de la cuisson doit donc être considérée comme une amélioration notable.

D'ailleurs on a déjà vu précédemment que la haute température de la cuisson avait pour conséquence la décomposition des acides gras et la formation d'éthers, soit pendant la fermentation, soit pendant la distillation, éthers qui donnent aux alcools un goût et une odeur désagréables.

L'emploi des broyeurs est très-simple, et ne nécessite pas de description spéciale.

Nous citerons encore le procédé le plus récent de Plischke et Weigel, pour le travail du maïs : Le maïs est chargé dans un premier cuiseur où il subit une cuisson préparatoire à basse température, puis il passe au broyeur et est envoyé dans un deuxième cuiseur où la cuisson s'achève. Ce système permet de cuire à très basse pression et donne des mouts très-blancs, ce qui convient tout particulièrement aux fabriques de levure.

8. *De l'emploi du cuiseur Pauksch pour le maïs.*

Le cuiseur conique Pauksch, fig. 65, convient très-bien pour le travail du maïs et des autres grains ; par suite de sa forme spéciale, la cuisson paraît s'opérer plus rapidement que dans les autres cuiseurs.

RÉSUMÉ.

Voici les règles qu'il conviendra d'observer pour le travail du maïs :

1. On remplira le cuiseur avec la quantité d'eau nécessaire pour la formation d'empois. Cette quantité ne peut être inférieure à 130 litres, ni supérieure à 200 litres par 100 kilos de maïs.
2. On versera alors le maïs dans le cuiseur, puis on portera la masse à l'ébullition par l'introduction de vapeur. Il n'est pas nécessaire d'avoir l'eau en ébullition avant le chargement du maïs.
3. On cuira, en laissant le trou d'homme ouvert, pendant une heure et en maintenant la masse en mouvement.
4. On fermera alors le trou d'homme et on cuira sous pression, à « soupape soufflante », afin d'avoir toujours l'empois en agitation, également pendant une heure.
5. On fermera enfin la soupape de sûreté et on cuira pendant un quart d'heure à une pression d'au moins 3 atmosphères.
6. On opérera alors la vidange, à cette pression, à travers un robinet à arêtes vives ou un tuyau de vidange approprié.

TRAVAIL DU MAÏS PAR LES ACIDES SULFURIQUE OU CHLORHYDRIQUE.

Les acides minéraux ont la propriété de transformer l'amidon en sucre. Cette action, déjà très-importante à la température de 100°, est encore beaucoup plus énergique lorsqu'elle est produite sous pression. Le travail du maïs par les acides a lieu sur une grande

échelle, en Italie, à cause de la difficulté de produire du bon malt, soit par ce que la haute température extérieure rendrait une bonne germination difficile, soit par suite de l'absence de bonne orge. Un grand nombre de distillateurs d'autres pays, d'ailleurs, travaillent également le maïs par les acides.

Le maïs est tout d'abord concassé finement, puis traité dans un autoclave analogue à l'appareil Hollefreund. Ce cuiseur, qui doit être en cuivre afin de résister à l'attaque de l'acide sulfurique, est muni d'un agitateur et reçoit, par 100 kilos de maïs concassé, 400 kilos d'eau et 7 à 10 kgr. d'acide sulfurique à 50° B. La cuisson-saccharification se fait sous la pression de 2 à 3 atmosphères, et dure de 6 à 8 heures (*sic*). Le moût sucré qu'on obtient ainsi est très fortement coloré, mais on ne saurait, *à priori*, considérer cette coloration comme une perte de sucre, car elle peut être produite par la décomposition de matières non amylacées.

Le moût saccharifié est ensuite soumis au refroidissement. En Italie, cette opération s'effectue d'une façon primitive et bien imparfaite. Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer des distilleries qui n'arrivent à opérer le refroidissement des moûts qu'en une 1/2 journée, ce qui cause, en général, un travail très mauvais.

Avant de soumettre à la fermentation les moûts ainsi refroidis, il faut procéder à la neutralisation de la majeure partie de l'acide employé. Cette opération est délicate, car il ne faut pas laisser dans les jus un trop grand excès d'acide qui empêcherait la fermentation, ni saturer complètement celui-ci, si l'on veut que la fermentation s'effectue convenablement.

On emploie la chaux pour neutraliser l'excès d'acide, et, lorsque cette saturation est terminée, on verse directement le moût dans la cuve à fermenter qui est, en général, très-grande (20 à 30000 litres), et on y produit la fermentation par une addition de vin provenant d'une cuve précédente. Malgré un travail aussi imparfait, les distillateurs italiens n'obtiennent pas un trop mauvais rendement. Celui-ci s'élève, en moyenne, par 100 kilos de maïs, à 27-32 litres d'alcool pur.

Le grand inconvénient du travail par les acides tient à ce que les drèches ne peuvent être utilisées pour la nourriture du bétail.

Billet, distillateur français, a modifié le travail par les acides, de manière à rendre les résidus utilisables pour l'alimentation du bétail. Il traite le maïs, grossièrement moulu, dans un autoclave à la pression de 4 atmosphères en employant par 100 kilos de maïs 5 kilos d'acide muriatique et 150 litres d'eau. La durée de l'attaque est de 25 minutes, et, lorsque la saccharification est complète, il sature l'acide en excès par de la chaux caustique ou carbonatée, tout en laissant au moût une acidité correspondant à 0,75 gr. par litre. On fait alors passer le moût à travers des filtres-presses qui séparent toutes les matières en suspension.

Le tourteau ainsi obtenu, contenant une assez forte proportion de sucre, est soumis à un lavage, puis envoyé à nouveau à travers une autre série de filtres-presses.

Le jus de la première pression, de même que les eaux de lavage provenant de la deuxième pression, sont directement soumis à la fermentation, tandis que les tourteaux, qui représentent une nourriture très riche en matières grasses et protéiques, peuvent être employés pour l'alimentation du bétail ou soumises à une pression énergique pour en extraire l'huile. Le maïs ainsi travaillé donne un rendement alcoolique de 30 litres d'alcool pur par 100 kilos, et, pendant la fermentation des jus clairs, il se produit à la surface des cuves une levure très pure et très active, dans la proportion de 7 à 8 kilos de levure pressée par 100 kilos de maïs mis en œuvre. Enfin, il se rassemble encore au fond des cuves, après la fermentation, une autre sorte de levure très convenable pour la mise en fermentation des mélasses.

TRAVAIL DU MAÏS MALTÉ.

Le travail du maïs malté a été introduit en Allemagne par *Gontard*, de Mockau, en Italie par *Wassmus*, d'Ardenza, sans que ce mode d'opérer se soit répandu, car les résultats obtenus étaient inférieurs à ceux que donne le procédé sous pression, et, de plus, la perte d'amidon est considérable, par suite de la germination du maïs.

Ce procédé ne doit donc être employé que dans des cas spéciaux. Nous allons décrire la façon dont il est appliqué dans d'importantes distilleries de maïs de la Hongrie.

On ne doit pas mettre en œuvre du maïs frais, mais du maïs bien sec, récolté depuis près d'un an; on le soumet d'abord à la trempe, à la température de 20-23° C., en renouvelant l'eau plusieurs fois. Le malt de maïs ayant une très grande tendance à se couvrir de moisissures, on recommande l'emploi de l'acide phénique pour la trempe.

Maercker, en renvoyant le lecteur à ce qui précède, recommande plutôt les mêmes prescriptions que pour le malt d'orge; notamment un lavage soigné du maïs lorsque la trempe est déjà à moitié faite, et l'emploi d'acide salicylique et de sulfite de chaux pour la désinfection. La trempe est complète lorsque le maïs a absorbé 30-32 % d'eau; elle dure généralement 40 heures, au maximum 48.

On met alors le maïs trempé en tas de la forme d'une pyramide, dans une cave dont la température doit être maintenue entre 18 à 20° C.

Aussitôt qu'il s'est égoutté, on l'étale en couches de 30 centimètres de hauteur, et on conserve sa température entre 28 et 30° C.

Cette température pour la germination est plus élevée que celle du malt d'orge, et il en résulte une importante vaporisation d'eau, ce qui nécessite l'arrosage du grain. Il se développe pendant la germination une radicelle puissante qui, lorsqu'elle jaunit, indique la maturité du malt. Le malt de maïs est alors soumis au broyage, soit, ce qui est préférable, dans les appareils spéciaux destinés à cet usage, et notamment dans le dépéleur Bohm, soit dans de simples broyeurs à cylindres. Dans ce dernier cas, le maïs doit subir au moins 3 passages successifs, le premier entre des cylindres cannelés, et les autres entre des cylindres unis. Le malt broyé est enfin soumis à la saccharification avec les 2/3 de la quantité d'eau nécessaire, de manière à obtenir la température de 75 à 77 1/2° C.; dès que cette température est atteinte, on ajoute le dernier tiers d'eau et on abaisse ainsi la température à 64° C.

On obtient la transformation de 96-97 % de l'amidon du grain : mais la fermentation est défavorable à cause de la haute température nécessaire à la saccharification.

On y remédie en ajoutant au moût ramené à 64° C., 5 % de malt d'orge ; on pourrait tout aussi bien réserver une partie du maïs malté qu'on n'ajouterait au moût qu'à ce moment. Il serait encore préférable d'ajouter au maïs la totalité de l'eau nécessaire, d'agiter pendant quelque temps, puis de laisser déposer ; on décantait alors le liquide clair qui contient la diastase et on soumettrait ensuite le maïs restant à la température convenable pour former l'empois, puis, après refroidissement à la température voulue, on y reverserait l'eau enlevée, chargée de la diastase.

De divers côtés, on a constaté que le maïs était plus riche en diastase lorsque la température de la germination était élevée ; on recommande une température initiale de 28-30° C., et vers la fin 25° C. *Wolff* (brevet allem. 3562) soumet même pendant 8 heures le maïs à un bain de vapeur à 36° C. avant la trempé.

D'après ce que nous avons dit concernant la qualité de l'alcool obtenu par le traitement sous pression, il est très probable que la neutralité de l'alcool de maïs malté est bien supérieure à celle des autres alcools. *Wolff* prétend même que l'alcool obtenu d'après son procédé ne contiendrait pas de mauvais goûts, mais au contraire un arôme agréable (??)

TRAVAIL SOUS PRESSION DU MAÏS CONCASSÉ.

(Procédé RIEBE).

Riebe a démontré que le maïs concassé se travaillait aussi bien dans les cuiseurs que les grains entiers. Voici la manière de procéder en se servant des cuiseurs Hollefreund ou Bohm, qui se prêtent très bien à ce mode d'opérer.

Le maïs concassé, additionné de 1 1/2 % de malt vert et de deux fois son poids d'eau, est chauffé à 65° C. dans l'appareil Hollefreund ou dans la cuve à saccharifier.

Il est maintenu dans ces conditions pendant 10 minutes, puis on porte la masse, après l'avoir coulée dans le cuiseur Henze si on se sert de cet appareil, à la pression de 3 à 3 1/2 atmosphères, en ne mettant qu'une heure pour obtenir ce résultat; on soumet enfin l'empois ainsi obtenu à la saccharification ordinaire. Si le cuiseur employé, avec le procédé Riebe, est un Henze, il doit être muni d'un agitateur. D'après Werenskiold, le procédé Riebe ne donne pas de mauvais résultats et permet notamment de travailler avec des moûts très concentrés pouvant donner jusqu'à 10,5 % d'alcool; de plus, la qualité de l'alcool obtenu est supérieure à celui de l'alcool provenant de cuissons trop prolongées. Il est à craindre, toutefois, que, pendant la cuisson, il ne se détruise des quantités importantes de sucre et dextrine produits par l'addition du malt avant la cuisson.

TRAVAIL SIMULTANÉ DU MAÏS ET DES POMMES DE TERRE.

Les drèches de maïs ont donné de si bons résultats au point de vue de la nourriture du bétail que les quantités de maïs mises en œuvre dans ces dernières années, et notamment lors de la cherté des pommes de terre, ont toujours augmenté. D'ailleurs, l'alimentation des bœufs avec des drèches de maïs a été un préservatif contre la maladie qui affecte souvent les animaux nourris avec des drèches de pommes de terre.

Jusqu'à ce jour, on considérait qu'il était impossible de travailler ensemble du maïs et des pommes de terre. Le maïs nécessite un traitement tellement spécial qu'il ne saurait être rationnel de le travailler mélangé avec des pommes de terre; il s'en suit que partout où la quantité de maïs mise en œuvre n'est pas suffisante pour une opération, il faut installer un cuiseur spécial pour le maïs. Pour cet usage, il existe un petit cuiseur Henze, muni du dispositif Avenarius ou Biesdorf, bien approprié à ce travail. Le cuiseur peut d'ailleurs être très petit; 300 litres de capacité par 100 kilos de maïs à mettre en œuvre suffisent. Les opérations peuvent être conduites comme suit : On cuit d'abord les pommes de terre dans

l'appareil Hollefreund ou Bohm, puis on fluidifie l'empois par l'addition d'une petite quantité de malt, et on décharge alors le cuiseur Henze, dans lequel la cuisson du maïs a été faite, dans l'empois de pommes de terre auquel on additionne le restant du malt, après refroidissement à la température de saccharification.

Si l'usine possède un cuiseur Henze pour le travail des pommes de terre, la conduite des opérations se comprend facilement. Dans ces derniers temps, on est arrivé à cuire en une seule opération des pommes de terre et du maïs. Voici les prescriptions de *Delbrück* pour ce cas particulier. (*Zeitschr. f. Spir.-Ind.* 1884, p. 764) :

I. — *Travail de pommes de terre riches en amidon.* — Dans le cône du cuiseur Henze, on verse 25 kilos de pommes de terre qu'on recouvre avec 200 kilos de maïs non concassé ; puis on ajoute l'eau dans la proportion de 60 à 80 litres par 100 kilos de maïs. On introduit alors la vapeur, et on termine lentement la charge du cuiseur avec les pommes de terre. On ferme ensuite le trou d'homme, et, dès que l'air est évacué par le robinet servant à cet usage, on monte rapidement la pression à 3 1/2 à 4 atmosphères.

Avec du maïs facile à cuire, il suffit de maintenir la masse pendant une heure à cette pression, une heure et demie avec du maïs de cuisson difficile, avant de procéder à la vidange.

II. — *Travail de pommes de terre pauvres en amidon.* — Dans ce cas, on commence par soumettre le maïs à la trempé pendant 24 heures, en ne laissant pas descendre la température de l'eau en-dessous de 65° C. ; puis, d'après *Delbrück*, on charge le cuiseur lentement avec le maïs et les pommes de terre mélangés.

La pression finale doit aller à 3 1/2 atmosphères au moins, ou mieux à 4-4 1/2 atmosphères.

La vidange se fera, dans les deux cas, sous une très forte pression, soit 6 atmosphères. Une bonne distribution de vapeur est naturellement nécessaire, et il est utile d'employer une vidange à la « *Barthel* ».

Ces moûts fermentant très rapidement, la température à la mise en fermentation doit être basse, ou bien il faut employer des réfrigérants pendant cette opération.

B. — TRAVAIL DES GRAINS ET PARTICULIÈREMENT DU SEIGLE.

Le travail des grains a considérablement diminué dans ces derniers temps, à cause du bas prix de l'alcool ; ce n'est que pour la fabrication des eaux-de-vie de grains qu'on continue à en employer, quoique ces eaux-de-vie contiennent maintenant une forte proportion d'alcool de pommes de terre. En Russie, on travaille encore les grains, et notamment le seigle, sur une grande échelle. Tous les fabricants de levure pressée sont également forcés de travailler principalement les grains.

a) *Travail des grains par l'ancien procédé.* — Ce procédé ne présente plus d'intérêt, car toutes les usines possèdent maintenant des cuiseurs sous pression, sauf quelques fabricants de levure pressée. Maercker ne s'est pas occupé de cette fabrication de la levure pressée dans ce traité, car il n'a pas encore eu l'occasion d'étudier cette industrie.

Les grains doivent d'abord être réduits en poudre aussi fine que possible. La farine est alors additionnée d'eau tiède et amenée à l'état de pâte. On y ajoute ensuite de l'eau chaude pour la porter à la température de $62\frac{1}{2}$ - 64°C . On n'ajoute pas l'eau chaude dès le début, afin d'éviter la formation de boules. On n'employait anciennement que le malt sec qu'on mélangeait avec la farine à saccharifier ; mais ensuite on se servit avec avantage de malt vert. Les doses de malt étaient très fortes ; souvent elles dépassaient 20 %, et, en moyenne, elles variaient de 15-20 %, soit en malt sec, soit en malt vert.

La durée de la saccharification était de 2 à $2\frac{1}{2}$ heures, et on soumettait plusieurs fois la masse à l'agitation pendant ce temps ; néanmoins, l'attaque de l'amidon était incomplète et, à l'œil, on pouvait reconnaître que les parties non pulvérisées des grains n'étaient pas complètement saccharifiées. Le rendement en alcool ne dépassait guère 24-28 litres par 100 kilos de seigle. La température à la mise en fermentation était de 19 - $22\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$. ; aussi la fermentation commençait-elle rapidement. Après deux heures, on constatait déjà une mousse blanche à la surface de la cuve ; après 14-16

heures il se produisait une fermentation violente qui se terminait en 20 heures et était suivie de la fermentation complémentaire. L'augmentation de température ne dépassait guère $7\frac{1}{2}$ - 10° C. On n'employait que du levain de malt sec.

En Belgique et en France, on emploie beaucoup le macérateur Lacambre qui se rencontre également dans quelques distilleries de la Westphalie.

La figure ci-contre, prise dans le traité d'*Otto* « *Landwirtschaftlichen Gewerben* », représente cet appareil. Il se compose d'un

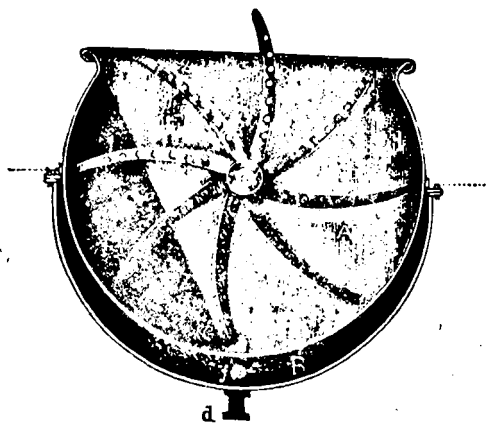


Fig. 127.

cylindre en fer ou en cuivre A, dans lequel se meut un agitateur. Ce cylindre est entouré d'une enveloppe B dans laquelle on peut faire pénétrer à volonté de la vapeur ou de l'eau, par les robinets *d* et *f*.

L'opération est très simple: on commence par introduire dans l'appareil l'eau nécessaire,

puis on y verse lentement le grain concassé et le malt, en maintenant constamment l'agitateur en mouvement. On introduit alors la vapeur dans le faux-fond, et on porte la masse à la température de saccharification.

On maintient cette température pendant 2-2 $\frac{1}{2}$ heures, puis on ferme la vapeur et on fait passer un courant d'eau froide dans le faux fond pour amener le moût à la température de fermentation.

b) *Travail des grains entiers avec les appareils sous pression.* — Delbrück provoqua, en automne 1882, une discussion dans le journal « *Zeitschr. für Spiritusindustrie* » sur le meilleur procédé de cuisson des grains.

Le résultat démontra que, de même que le maïs, le seigle se cuisait mieux, du moins dans l'appareil Henze, en grains entiers.

La farine ne convient que pour être saccharifiée avec des pommes de terre. Quelques expériences faites à Biesdorf, et dans une autre distillerie importante, ont montré que des grains moulus renfermant 56 % d'amidon donnaient des moûts visqueux très disposés à mousser, de sorte qu'ils ne pouvaient être mis en œuvre qu'avec perte.

Les prescriptions indiquées pour la cuisson du maïs sont également applicables au seigle.

Il convient surtout de bien cuire le grain, puis d'opérer sa transformation à très haute pression, et enfin de faire la vidange sous une pression encore plus forte.

On commence d'abord par porter à l'ébullition l'eau contenue dans le cuiseur, dans la proportion de 140-160 litres par 100 kilos de seigle. On ne doit pas procéder autrement, car, d'après *de Grass de Klanin*, si on verse ensemble l'eau et le seigle dans le cuiseur, on forme inévitablement des boules dont la partie intérieure ne subit aucune transformation.

De Grass recommande, en outre, de cuire avec le trou d'homme ouvert, jusqu'à ce que le seigle soit complètement ramolli ; on ferme alors, et on cuit pendant 1 à 1 1/2 heure, à soupape soufflante, afin de maintenir toute la masse en agitation ; enfin on termine à soupape fermée, en donnant pendant 1/4 à 1/2 heure une pression de 4 atmosphères, et on procède à la vidange à cette même pression. Le seigle sain se travaille très-bien de cette manière ; mais si la qualité du grain laisse à désirer, soit qu'il ait germé, ou qu'il soit humide, les précautions ci-dessus ne suffisent plus.

Les soupapes de vidange à arêtes vives, celle de Barthel par exemple, améliorent bien le résultat, mais ne donnent pas cependant une bonne transformation de l'amidon. Il en est de même des broyeur ou dépéleurs qui permettent, de même que pour le maïs, d'abréger la durée de cuisson et de la faire à une pression plus basse ; mais ils ne suffisent pas non plus pour donner un bon résultat avec les seigles avariés.

La question principale est toujours une bonne cuisson. Si cette opération n'est pas satisfaisante, tous les autres moyens ne sauraient y remédier.

La question en était là, lorsque Delbrück et ses collaborateurs,

Stenglein et Wittelshœfer, en entreprirent l'étude, de concert avec un grand nombre de directeurs de distillerie, et trouvèrent la solution.

On sait maintenant, d'après leurs essais, que le seigle humide, germé ou de mauvaise qualité, ne subit qu'imparfaitement la trempe et que, pour obtenir une bonne transformation de l'amidon il est indispensable d'avoir du seigle bien trempé.

Delbrück recommande d'employer, par 100 kilos de seigle, 80 litres d'eau à la température de 50° C., et additionnés de $\frac{1}{6}$ litre d'acide sulfurique, et de prolonger la trempe pendant 12 heures. Cette opération peut se faire dans un réservoir en bois permettant d'écouler, après la trempe, l'eau acidulée.

L'addition d'acide sulfurique a pour but d'empêcher la fermentation butyrique.

On pourrait aussi empêcher cette fermentation en employant de l'eau plus chaude, mais alors la trempe réussit moins bien.

Il serait peut-être avantageux d'employer une dose légèrement supérieure d'acide, car, d'après les expériences de Schuster, le ramollissement du grain de seigle est plus complet en présence de doses plus fortes d'acide. Lorsque la trempe est terminée, on laisse écouler l'eau, puis on opère la cuisson dans l'appareil Henze, après addition de la quantité d'eau nécessaire.

On cuit à soupape soufflante pendant une heure, puis à soupape fermée également pendant une heure à la plus haute pression, et finalement on opère la vidange.

En suivant ces précautions, on travaille d'une façon satisfaisante presque toutes les sortes de seigle, même sans l'adjonction de dispositifs spéciaux pour la vidange, ou de broyeurs. Il va sans dire, toutefois, que ces derniers appareils facilitent et abrègent l'opération. Il arrive cependant qu'avec des seigles humides les résultats de la cuisson soient mauvais, et, d'après Stenglein, le seigle subit d'autant moins bien la trempe qu'il est plus humide. Le seul moyen convenable pour travailler de tels produits consiste à les tourailler d'abord, afin de les rendre secs, puis, à les soumettre à la trempe et à la cuisson. En opérant ainsi, on réussit la cuisson, même avec les plus mauvais seigles, car ce grain se trempe très bien lorsqu'il a été desséché au préalable, et la base d'une bonne cuisson consiste dans une trempe bien régulière.

Le seigle bien trempé se travaille si facilement qu'on peut le cuire simultanément avec des pommes de terre (voir plus loin).

On produit quelquefois la trempe du seigle dans le cuiseur, mais il est préférable d'employer pour cet usage un réservoir spécial ; on ne peut d'ailleurs employer l'acide sulfurique pendant la trempe lorsque celle-ci a lieu dans le cuiseur, car le fer serait attaqué et neutraliserait l'acide, et lorsque la température descendrait à 50° C. la fermentation butyrique se produirait aussitôt. La présence d'hydrogène et d'acide sulfhydrique, dans ces conditions, ne peut en effet, être attribuée qu'à la fermentation butyrique dont l'hydrogène est le produit normal ; ce gaz réduit les sulfates métalliques en les transformant en sulfures métalliques qui donnent ensuite naissance à l'hydrogène sulfuré.

DU RENDEMENT DU SEIGLE.

On saccharifie, par 100 litres d'encuvage, 22 $\frac{1}{2}$ et même, lorsque les moûts ne sont pas trop épais, 23 à 23 $\frac{1}{2}$ kilos de seigle et 3 kilos de malt. On obtient, pour un très bon travail, par 100 kilos de grain, 34 litres d'alcool à 100°, de sorte que le rendement par hectolitre d'encuvage (26 kilos de grain) peut atteindre 8,8 litres d'alcool pur. On voit donc qu'on ne peut obtenir un haut rendement de l'encuvage ; aussi fera-t-on bien de travailler simultanément le seigle et les pommes de terre.

TRAVAIL SIMULTANÉ DU SEIGLE ET DES POMMES DE TERRE.

Ce problème a été résolu par Delbrück, d'une façon satisfaisante, dans ces derniers temps. Il est d'abord indispensable de tremper le seigle avant de le soumettre à la cuisson. Le seigle humide ou germé devra, au préalable, être touraillé ou soumis à la dessiccation sur les chaudières, si l'usine ne possède pas de touraille. On introduit dans le fond conique du cuiseur 100 à 150 kilos de pommes de terre sur lesquelles on verse le seigle et on complète la charge avec le reste des pommes de terre. En opérant ainsi, on peut évacuer l'eau de condensation sans s'exposer à une perte de grains, car le seigle est retenu par la couche de pommes de terre. On cuit d'abord à 3 atmosphères, et on termine en montant

la pression à 4 atmosphères. La durée de la cuisson doit être généralement de 1 $\frac{1}{2}$ heure. Les pulvérisateurs adaptés à la vidange, et notamment le dispositif Barthel, sont d'une grande efficacité.

D'après une communication de *Stenglein* (Zeitschr. f. Spir. ind. 1883, p. 245), ces appareils ne sont pas indispensables ; néanmoins, leur emploi procurera une grande économie de vapeur et de temps. D'après *Richter* de Thomaswaldau, la cuisson serait beaucoup plus rapide et plus complète lorsque le seigle a subi un broyage grossier ; dans ce cas, il ne serait même pas possible de reconnaître les balles du seigle dans le moût.

Fiegler et Zimmermann confirment cette observation.

ADDITION DE SEIGLE CONCASSÉ DANS L'EMPOIS DE POMMES DE TERRE LORS DE LA SACCHARIFICATION.

On introduit le seigle finement concassé dans la cuve à saccharifier avec très peu d'eau, et on y vide l'empois de pommes de terre, en employant une petite quantité de malt et de manière à obtenir la température de 75° C. On refroidit alors à 50° C., on ajoute le reste du malt et on termine la vidange du cuiseur de la manière ordinaire. Si, en opérant ainsi, le fonctionnement de l'agitateur n'était pas satisfaisant, on pourrait traiter le seigle seul, en présence d'un peu de malt, à la température de 75° C. et, après refroidissement, opérer la vidange du cuiseur. Souvent il arrive que la disposition des agitateurs ne permet pas leur fonctionnement lorsqu'on n'emploie qu'une faible quantité de grains, par exemple 50 à 100 kilos ; dans ce cas, on doit traiter le seigle concassé dans une cuve spéciale en présence d'une faible dose de malt et à haute concentration (25° sacchar.), et le verser ensuite dans l'empois de pomme de terre.

TRAVAIL DES GRAINS ENTIERS A AIR LIBRE (PROCÉDÉ SCHUSTER).

Brevet allem. 16078.

Ce procédé consiste à soumettre les grains à l'action d'une dissolution étendue d'acide sulfurique à la température de 40° C.

On emploie par 100 kgr. de grains 200 litres d'eau additionnés de 650 à 700 cent. cub. d'acide pur. Après une trempe de 48 à 60 heures au plus, les grains se laissent facilement écraser. On les

introduit dans une cuve à saccharifier munie d'un broyeur, et on produit l'empois à la température de 60° C. D'après Schuster, la saccharification serait aussi rapide et complète que par les procédés de cuisson sous pression. Maercker ne peut pas encore citer de chiffres sur la transformation de l'amidon par le procédé Schuster.

TRAVAIL DU SEIGLE GERMÉ OU MALTÉ SANS ADDITION DE MALT D'ORGE.

La travail du seigle ou du froment malté se fait aussi bien, et même mieux que celui du maïs.

Stammer, dans son travail sur le traité « landw. Gewerbe de *Otto* », reconnaît que les grains broyés soumis à l'action de l'eau à la température de 65° C., sans addition du malt, pendant 2 à 3 heures, donnent des moûts qui, en présence de levure, subissent très bien la fermentation alcoolique. Le rendement est toutefois bien inférieur à celui obtenu par l'emploi du malt.

On obtient, en effet, par 100 kilos de grains :

Avec du malt.....	30 à 34 litres d'alcool pur.
Sans malt.....	26 à 27 d°

La possibilité de travailler les grains sans addition de malt tient à la présence de petites quantités de diastase que contiennent tous les grains, même non germés; cependant, on ne traite ainsi que les grains ayant subi la germination et qui contiennent, par suite, de notables quantités de diastase. Franke a trouvé qu'en soumettant des grains germés et concassés à l'action de l'eau, en portant lentement la température jusqu'à 62° C., on pouvait obtenir la transformation de l'amidon jusqu'à 3,06 %; par contre, Kruis, dans des essais analogues, n'a pu obtenir une saccharification satisfaisante. Franke ne recommande pas, d'ailleurs, de traiter le seigle germé sans addition de malt, mais conseille de n'en employer que de faibles quantités. Il est indispensable de cuire le seigle germé avec de grandes précautions, car il contient toujours du sucre tout formé qui résiste difficilement, et se décompose aux hautes températures.

TRAVAIL SIMULTANÉ DES POMMES DE TERRE ET DE L'AMIDON.

Lorsqu'on veut mettre en œuvre les amidons ou féculés de qualité inférieure, on ne peut songer à les introduire en morceaux soit dans le cuiseur, soit dans la cuve à saccharifier.

Il se forme, en effet, dans ce cas, une masse résistante que les broyeurs n'arrivent pas à diviser et que la diastase ne peut transformer.

On doit verser la fécule dans une cuve quelconque en y ajoutant un peu de malt, puis, en agitant continuellement la masse, on y laisse arriver de l'eau assez rapidement, jusqu'à ce que la température atteigne $62 \frac{1}{2}^{\circ}$ C., et ensuite lentement jusqu'à 81 à 82° C.

On emploie alors cet empois pour délayer le malt dans la cuve à saccharifier.

DES MOULTS D'ORGE, DE FROMENT, ETC, ETC.

Il arrive quelquefois que l'orge avariée ou le froment germé doivent être employés pour la fabrication de l'alcool. Le travail de ces grains présente les mêmes difficultés que celui du seigle, et, lorsqu'on devra mettre en œuvre ces grains avariés, il ne faudra pas perdre de vue que la règle fondamentale du travail des grains est la suivante : cuisson préalable sous une constante agitation, haute pression, bonne distribution de vapeur et vidange avec dispositif de broyage.

La trempé préalable, recommandée par Delbruck, combinée avec la dessiccation antérieure, d'après Stenglein, peut aussi être employée avec succès.

Enfin, on peut ajouter que l'orge et le froment concassés se travaillent bien par le procédé Riebe.

TRAVAIL DES GRAINS PAR LE PROCÉDÉ PORION.

Porion recommande de cuire les grains entiers en présence d'eau dans la proportion de 300 litres d'eau par hectolitre de grains.

Après la cuisson, on laisse écouler l'eau, puis on étale les grains en couche mince pour les refroidir. On les soumet ensuite à un broyage, et, sans saccharification préalable, après addition de la quantité d'eau nécessaire et de malt broyé, on les verse dans la

cuve de fermentation où la saccharification et la fermentation se produisent simultanément. On adapte un agitateur dans les grandes cuves, afin d'obtenir une distribution régulière du malt.

D'après la description du brevet, Porion aurait obtenu un rendement de 18 % environ supérieur aux anciens rendements.

La nouveauté de ce procédé réside dans la saccharification et la fermentation simultanées ; il n'est guère admissible que ce procédé soit supérieur à la cuisson sous pression avec saccharification et fermentation séparées.

Il doit être surtout avantageux pour les petites distilleries agricoles, car il ne nécessite que peu de matériel.

FIN DU TOME I^{er}.

TABLE DES FIGURES

DU TOME PREMIER

Figures	Pages	Figures	Pages
1	4	39	220
2	5	30	229
3	6	31 } Diaphanomètre Savalle.....	237
4	7	32 }	
5	7	33	238
6	8	34	271
7	33	35	272
8	144	36	282
9	145	37	283
10	147	38	284
11 } Appareil Stohmann pour la		39	285
12 } détermination du poids spéci-	158	40	286
13 } fique des pommes de terre...		41	287
14 } Appareil Schertler.....	160	42	318
15 } Appareil Schwarze.....	160	43	324
16 } Balance Fesca.....	162	44 } Séchoir de malt.....	325
17 } Balance Hurtzig.....	162	45 }	
18 } Balance Schwarzer.....	163	46 } Broyeurs de malt de Venuleth..	338
19 } Balance Reimann.....	165	47 }	
20 } Appareil pour la détermination		48	340
21 } du sucre par la fermentation.	180	49	341
22 } Appareil de germination de		50 } Concasseur « Excelsior *.....	à
23 } Nobbe.....	188	51 }	342
24 } Appareil pour la détermination		52	344
25 } des matières solubles du malt.	190	53	346
26 } Représentation graphique du		54	349
27 } pouvoir de germination du	192	55	350
28 } malt.....		56	351
29 } Appareil de saccharification de			
30 } Reischauser.....	195		
31 } Saccharomètre.....	197		
32 }	198		
33 } Oxymètre de Ludersdorf.....	216		
34 } Appareil de Delbruck pour la			
35 } détermination de l'acidité du			
36 } levain.....	217		

Figures		Pages		Figures		Pages	
57	} Ancien cuiseur.....	354		91	} Appareil de Paucksch.....	400	
58				92			401
59	Appareil Hollefreund.....	359		93		402	
60	Monte-jus.....	362		94			
61	} Appareil Bohm.....	} 364		95	Appareil de Hentschel.....	404	
62				365	96		405
63				366	97	Appareil de Eckert.....	406
64	Cuiseur Henze.....	371		98		407	
65	Cuiseur Paucksch.....	372		99	Appareil de Paulmann.....	408	
66	Exhausteur.....	379		100	} Appareil de Hampel.....	} 409	
67	} Distributeur de vapeur Avenarius	} 382		101			
68							102
69					103		
70	Distributeur Delbruck.....	383		104		410	
71	} Vidange d'Avenarius.....	} 384		105	Appareil de Pampe.....	412	
72					106	Appareil de Balduin et Bechstein	415
73	Vidange de Barthel.....	385		107	Appareil de Pluntsch.....	415	
74	Vidange de Hall.....	388		108	} Appareil de Schmidt.....	} 416	
75	Vidange de Scheibner.....	388		109			
76	Vidange de Schmidt.....	388		110	Appareil de Rath.....	417	
77	Vidange de Christoph.....	389		111	Appareil de Retter.....	418	
78	Broyeur Gruson.....	390		112	} Appareil de Kyll.....	} 420	
79	} Appareil de Venuleth.....	} 391		113			
80							114
81					115		
82				116	} Broyeur et saccharificateur de	} 425	
83	Nouveau saccharificateur de Venuleth.....	394		117			Bohm.....
84	Appareil de Balduin et Bechstein	395		118		427	
85	} Appareil de Lwowski.....	} 396		119		428	
86					120		
87				121	} Broyeur de Paucksch.....	} 428	
88				122			
89	} Appareil de Camin et Neumann.....	} 397		123	Broyeur de Moegelin.....	429	
90					124	Broyeur de Urban.....	430
				125	Cuiseur saccharificateur de Warren fils et DeFrance.....	434	
				126	Cuiseur avec agitateur de Venuleth.....	442	
				127	Macérateur Lacambre.....	453	

FIN DE LA NOMENCLATURE DES FIGURES DU TOME PREMIER

