



G&N

Bibliothèque technologique

*Lucien Lévy*

---

La Pratique  
du Maltage

Georges CARRÉ & C. NAUD, Éditeurs



LA PRATIQUE  
**DU MALTAGE**



# LA PRATIQUE DU MALTAGE

LEÇONS PROFESSÉES EN 1897-1898

A L'INSTITUT DES FERMENTATIONS DE L'UNIVERSITÉ NOUVELLE  
DE BRUXELLES

PAR

LUCIEN LÉVY

Docteur ès sciences, Ingénieur agronome, Professeur de distillerie  
à l'École nationale des Industries agricoles.



PARIS

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS  
3, RUE RACINE, 3

—  
1899



LA

# PRATIQUE DU MALTAGE

---

## DÉFINITIONS

---

Pour transformer l'amidon en matières fermentescibles, on emploie, toujours en brasserie, le plus souvent en distillerie, la diastase ou amylase, ferment soluble unique ou, plus probablement, mélange de plusieurs ferments solubles à propriétés saccharifiantes.

Cette ou ces substances existent dans différents organes d'un grand nombre de plantes; par exemple, la distillerie utilise parfois, pour produire l'effet diastasique, les spores de certains champignons; mais, en dehors de ce cas spécial, la distillerie et, d'une manière générale, la brasserie demandent le ferment soluble aux graines amy-lacées en germination; on sait, en effet, que pendant ce phénomène physiologique les réserves amy-lacées, qui doivent se mobiliser au profit de la jeune plante, se solubilisent sous l'influence de diastases qui prennent alors naissance.

Les graines germées, non en vue de la reproduction, mais dans le but spécial de rendre l'amidon fermentescible, constituent les malts; l'opération qui les produit s'appelle le maltage; l'industrie s'occupant de ce travail est celle du malteur qui fonctionne dans une malterie.

Le but de cet ouvrage est de faire connaître, au double

point de vue de la distillerie et de la brasserie, les règles du maltage, les procédés du malteur et l'installation de la malterie (1).

Cette étude sera divisée en deux parties :

Première partie. — Matières premières au point de vue anatomique et chimique. — Considérations sur le choix des matières premières.

Deuxième partie. — Etude théorique et pratique du maltage.

---

(1) Le mot malt, en anglais malt, en allemand malz, en ancien français mast, vient du saxon melzen, ramollir. Les mots malterie, malteur, ne sont pas dans le Littré.

---



## PREMIÈRE PARTIE

### MATIÈRES PREMIÈRES NÉCESSAIRES AU MALTAGE EN DISTILLERIE ET EN BRASSERIE

Les matières premières utilisées sont presque exclusivement les graines de céréales, vulgairement appelées grains. Cependant, on a quelquefois recours à la graine de lupin dont le malt n'est pas en réalité employé comme matière saccharifiante, mais sert en distillerie pour introduire, dans certains moûts pauvres, un excès d'azote sous une forme favorable à la fermentation.

Il y a une distinction profonde à établir entre les matières premières de la distillerie et celles de la brasserie.

En distillerie, on cherche la quantité, l'activité et la persistance de la diastase, de manière à n'employer qu'un minimum de malt et cela au point de vue du prix de revient et du rendement.

Sous cette réserve, tous les grains peuvent convenir, pour saccharifier les matières amylacées; d'autant plus que, le plus souvent, celles-ci sont d'abord amenées à l'état d'empois, ce qui facilite considérablement le travail. En fait, la distillerie utilise surtout l'orge, mais elle emploie aussi le maïs, le riz, l'avoine, le blé et le seigle. Le lupin est également malté, mais non pour sa diastase.

En brasserie, le malt est ordinairement la seule matière première utilisée, et lorsqu'on le mélange avec des grains

crus il est en assez forte proportion pour donner à la bière des propriétés voisines de celles obtenues par l'emploi du malt pur.

Étant donnée cette prédominance du malt, son pouvoir diastasique n'a pas une aussi grande importance qu'en distillerie ; d'autre part, la persistance de la diastase est superflue puisqu'on la détruit par l'ébullition avant la mise en fermentation.

Mais le malt de brasserie doit posséder les principes qui, au touraillage donneront les matières aromatiques nécessaires à la bière, ce qui exige en particulier que ce soit du malt d'orge. La propriété principale du malt de brasserie est la friabilité, résultant de la désagrégation des cellules. Cette propriété est indispensable parce que le malt étant la matière première unique de la bière (abstraction faite du houblon) on a intérêt à ce que tout l'amidon de ce malt soit saccharifié. Or, cela n'est possible que si toutes les cellules sont disloquées, puisque l'amidon est à l'intérieur de celles-ci.

Cette désagrégation de l'orge est obtenue par une germination prolongée à température assez basse.

A vrai dire, cette friabilité n'est pas nuisible en elle-même au malt de distillerie, puisque le rendement augmente de tout ce qu'une action plus profonde de la diastase sur l'amidon propre du malt peut donner en excès.

Cependant on a longtemps dédaigné en distillerie cette propriété. On parlait de l'idée, exacte en elle-même, qu'un malt diastasique est un malt dont le germe est poussé long. Or, on peut obtenir ce germe allongé par une germination rapide à température élevée, ce qui, à la vérité, entraîne une économie de place et une perte de matière plus faible que la germination très lente, mais ne produit pas la friabilité, pas plus que le maximum d'action diastasique.

On s'est, en effet, aperçu que ce maximum de pouvoir

diastasique correspond bien à un long germe, mais riche en matières sèches. Or, le germe obtenu rapidement à température élevée est très aqueux. Pour en obtenir un qui soit plus trapu, il faut faire germer lentement et longtemps, et cela se comprend, les éléments constitutifs de ce germe trapu proviennent des cellules, et celles-ci doivent être, par conséquent, désagrégées fortement.

On voit que le malt de distillerie qui, sous le rapport de la durée de fabrication, s'éloignait du malt de brasserie, s'en est rapproché. Il est vrai que c'est pour s'en éloigner en sens contraire, car cette durée autrefois plus courte en distillerie est devenue plus longue.

Que reste-t-il alors des différences établies entre les deux sortes de malt ?

1° La différence d'origine, puisque le malt de distillerie peut provenir d'un certain nombre de grains différents, et 2° la différence de longueur du germe ; celui du malt de distillerie sera relativement poussé plus loin que celui du malt de brasserie, mais autant que possible dans les mêmes conditions de température peu élevée.

#### ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES AU POINT DE VUE MORPHOLOGIQUE

Ce chapitre a pour but de donner une description rapide des différentes matières premières.

Nous commencerons par les grains, nous dirons ensuite un mot du lupin.

#### GRAINS

*Généralités.* — Le grain est un organisme plus compliqué que la graine véritable, car il comporte, outre la graine proprement dite, l'ovaire et souvent le périanthe et d'autres enveloppes de la fleur. C'est donc au moins

un fruit; et souvent ce fruit est entouré du périanthe et de ses annexes.

Le fruit qui constitue la partie intérieure d'un grain de céréale appartient au type « Caryopse », c'est-à-dire qu'il est monosperme (à une seule graine), indéhiscant (ne s'ouvrant pas à la maturité) et que ses enveloppes proprement dites sont adhérentes à la graine. Ce fruit se trouve au centre d'une sorte d'enveloppe constituée par le périanthe ou les annexes de la fleur, lesquels sont en réalité représentés par deux écailles opposées, connues des botanistes sous le nom de glumelles, et des techniciens sous le nom de balles.

Dans la plupart des variétés d'orge, de riz, d'avoine, les balles restent adhérentes après le battage, de sorte que les grains mis en vente sont « vêtus ». Dans les autres cas, les balles sont détachées, les grains sont livrés nus.

La forme générale d'un grain est allongée.

La section longitudinale est celle d'un D, c'est-à-dire qu'un côté est ventru et l'autre aplati. Sur cette face aplatie court en général un sillon longitudinal plus ou moins prononcé.

Une extrémité du grain est le point d'insertion du support de la fleur sur la tige. C'est le pédicelle de la fleur, à l'extérieur des balles, continué en dedans des balles par le funicule de la graine, laquelle est suspendue en un point désigné improprement sous le nom de hile (1).

L'extrémité opposée du grain comporte une sorte d'ombilic résultant du resserrement de l'ouverture des glumelles (2).

(1) Le véritable hile est sur le tégument de la graine, justement à l'opposé du grain.

(2) C'est à tort que l'on désigne cet ombilic sous le nom de micropyle; le véritable micropyle est placé à l'opposé du véritable hile, c'est-à-dire dans le voisinage du faux hile. Il est d'ailleurs placé sur le tégument de la graine. C'est par lui que saillit la radicle au moment de la germination.

*Constitution anatomique des grains.* — Au point de vue de la constitution anatomique, le grain de céréales est formé (fig. 1) :

1° Du péricarpe ou enveloppe du fruit proprement dit ;

2° Du tégument ou épisperme, ou enveloppe de la graine ;

3° De l'albumen ou endosperme, constituant les aliments de réserve destinés à la jeune plante ;

4° De l'embryon ou jeune plante ; cet embryon se trouve à l'intérieur du grain et en bas (du côté du faux hile).

Le péricarpe est constitué par trois couches de cellules évidées qui sont de l'extérieur à l'intérieur :

L'épicarpe, assise de cellules allongées, aplaties, portant souvent des poils et des stomates (3) ;

Le mésocarpe, formé de deux ou trois assises de cellules jaunes, aplaties, allongées parallèlement au sillon (4) ;

L'endocarpe, assise de cellules aplaties, allongées perpendiculairement au sillon (5).

Le tégument ou endosperme n'est pas, dans les céréales, formé de deux couches de tissus (testa, tegmen), comme dans la généralité des graines. On trouve seulement le testa, bande jaune, d'une apparence striée ; ce n'est qu'une apparence due à l'impression des cellules de l'endocarpe sur la matière du testa. C'est sur le tégument que se trouve le micropyle par où doit saillir la jeune plante (6).

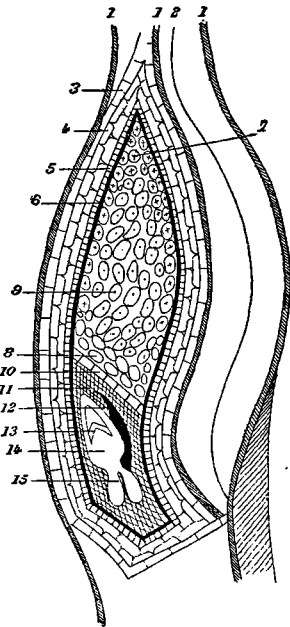


Fig. 1.

Coupe d'un grain de céréale.

L'albumen ou endosperme est assez complexe.

Autour et en haut, on trouve des cellules rectangulaires, contenant des matières albuminoïdes, des matières huileuses, de l'amidon plus ou moins solubilisé. Ce sont les cellules à aleurone (7).

Autour et en bas, on trouve des cellules vides (8); la couche la plus extérieure de ces cellules constitue l'épithélium d'absorption (10).

A l'intérieur se trouvent des cellules à amidon et à gluten (9).

L'embryon est, comme toutes les plantes, formé :

D'un bourgeon, qui est ici à plusieurs feuilles : c'est la gemmule (13);

D'une tige, la tigelle (14);

D'une racine, les racidelles (15).

On désigne souvent l'ensemble de la gemmule et de la tigelle sous le nom de plumule.

Tant que la jeune plante n'a pas suffisamment développé ses feuilles et ses racines, elle est nourrie aux dépens de l'albumen. A cet effet, elle est reliée par la tigelle à un organe spécial, le cotylédon (12), qui l'enveloppe presque complètement et qui est lui-même relié à l'épithélium d'absorption par une sorte de support, le scutellum (11).

Le mécanisme de l'alimentation de l'embryon paraît être celui-ci. L'épithélium d'absorption laisse osmoser les réserves alimentaires devenues solubles; le scutellum absorbe ces réserves, et le cotylédon les centralise pour les inoculer à l'embryon.

*Constitutions anormales des grains.* — Un certain nombre de parasites s'établissent sur les céréales et en modifient les grains.

Nous citerons :

La nielle, anguillule nématode, qui dévore l'amidon des grains; le grain perd sa forme et sa couleur.

Le charbon du blé (*Ustilago Carbo*) — appelé quelquefois nielle — est un champignon basidiomycète, qui dépose à la place de l'amidon des spores noires.

La carie des céréales (*Tilletia Caries*) (sur le blé, l'orge, le maïs, etc.), très voisine du précédent, mais dont les spores noires ont une odeur nauséabonde et sont toxiques.

La rouille (sur le blé, l'avoine, l'orge, le seigle), champignon voisin du précédent et qui se développe sur les feuilles et les grains. Des conidies oranges lui ont valu son nom.

L'ergo (*Claviceps Segetum*) (sur le seigle, le maïs), champignon ascomycète qui envahit les grains. Ceux-ci restent blancs à l'intérieur, mais sont violacés à l'extérieur, allongés, recourbés. Ils sont très délétères.

Ces maladies parasitaires, même quand elles ne sont pas cause d'une certaine toxicité, ont l'inconvénient de détruire l'amidon, et d'altérer profondément la constitution anatomique, de sorte que les grains qui, à supposer qu'ils ne soient pas délétères et qu'ils contiennent encore de l'amidon, peuvent rester, dans une certaine mesure, propres au travail de la distillerie, sont toujours impropres au maltage.

## LUPIN

La graine de lupin (*lupinus albus*) est une graine anatrophe. C'est-à-dire que le hile, point de suspension, est voisin du micropyle, point d'ouverture du tégument par lequel saillira le germe en développement.

Cette graine est formée d'un tégument, d'un embryon et de deux cotylédons ; l'albumen manque et les réserves alimentaires sont constituées par de la saccharose contenue dans les cotylédons ; le tégument est composé d'un testa lisse et d'un tegmen ; l'embryon est courbe, à l'ori-

gine son plan médian est perpendiculaire au plan de symétrie de la graine, puis il devient parallèle. Cette graine, qui n'est pas amylacée, ne produit pas ou très peu de diastase. On la malte pour une raison particulière :

Elle est riche en matières albuminoïdes qui, pendant la germination, passent à l'état de peptones, d'asparagine et de produits analogues. Ainsi, après douze jours de germination il y a jusqu'à 30 p. 100 d'asparagine dans la graine.

Et c'est en vue d'ajouter à certains mouls pauvres ces matières azotées, assimilables par la levure, que l'on malte le lupin.

**ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES AU POINT DE VUE  
DE LA DIFFÉRENCIATION DES ESPÈCES ET DES  
VARIÉTÉS. LEURS COMPOSITIONS CHIMIQUES.**

Je vais maintenant indiquer les caractères spécifiques des différentes matières premières, et donner la composition chimique de chacune d'elles.

Mais à ce propos il convient de faire une remarque importante :

Les méthodes d'analyse des graines amylacées n'ont rien d'absolu, de telle sorte que les différentes méthodes donnent des résultats souvent très divers. Il résulte de ce fait que pour établir une comparaison entre deux sortes de graines il faut les analyser à l'aide du même procédé, et qu'il est rigoureusement vain de mettre en regard les résultats obtenus par deux auteurs différents, si l'on n'a pas minutieusement vérifié qu'ils ont employé la même méthode.

D'ailleurs, la comparaison de deux sortes de graines, faite dans les conditions que nous venons de dire, ne peut indiquer que le sens le plus habituel des différences de compositions. Car il ne faut pas l'oublier, la compo-



sition d'une sorte de graines dépend non seulement de l'espèce, mais aussi de la variété, du terrain de culture, du climat, du mode de culture, des engrais, de l'état de maturité, du temps écoulé depuis la récolte, etc.

Il arrive, par exemple, qu'une variété ordinairement moins riche qu'une autre en amidon, devient au contraire plus riche, si on modifie la nature des engrais.

Ainsi donc, qu'il soit entendu que les tableaux d'analyses qui vont être cités n'indiquent rien d'absolu. Ils ne représentent que très approximativement la composition des graines. Ils ont, pour ainsi dire, le seul but de retracer d'une manière schématique la physionomie chimique la plus habituelle de chaque espèce.

Nous parlerons d'abord des grains proprement dits, puis du lupin.

## GRAINS

**Orge.** — Je commencerai par le plus important, par l'orge. Le grain d'orge est en général vêtu par les balles, cela lui donne un aspect cannelé ; la forme du grain est alors losangulaire. Lorsque les balles sont séparées, le grain ressemble beaucoup à un grain de blé, avec un sillon marqué.

Pour comprendre les différences qui existent entre les nombreuses variétés, il convient de dire comment l'épi d'orge est constitué.

Les fleurs de l'orge (fig. 2) sont formées comme toutes celles des céréales (sauf en ce qui concerne les étamines) :

D'un ovaire uniloculaire à deux styles ;

De trois étamines placées devant les nervures du périanthe ;

D'un périanthe formé de deux glumelles opposées : la



Fig. 2. — Section de la fleur de l'orge.

glumelle inférieure a une nervure (1), la supérieure deux.

Ces fleurs sont fixées deux par deux, sans pédicelle, sur un axe et constituent un épillet entouré à la base de deux bractées ou glumes ; une des deux fleurs celle qui est voisine du sommet de l'épillet est avortée.

Ces épillets sont eux-mêmes montés en épis sur un axe principal de la manière suivante : en un point de l'axe de l'épi se trouvent fixés trois épillets placés à  $120^\circ$  l'un de l'autre, dans un même plan. Un deuxième plan se trouve accolé au précédent ; dans ce plan trois épillets partent d'un même point de l'axe ; ils sont également dirigés à  $120^\circ$  l'un de l'autre, mais suivant les bissectrices des angles formés par la première série d'épillets et ainsi de suite. De sorte que les épillets placés autour de l'axe principal de l'épi sont en définitive placés suivant les six génératrices d'un prisme hexagonal.

Ce que nous venons de dire des épillets doit s'entendre également de la fleur non avortée de l'épillet, quand elle existe. Il en résulte qu'il doit y avoir des variétés d'orge, où les fleurs et par suite les grains sont disposés

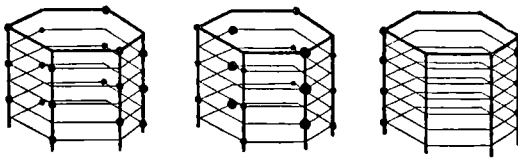


Fig. 3. — Disposition hexagonale des grains.

suivant les arêtes d'un prisme hexagonal : c'est ce que l'on appelle l'orge à six rangs (*hordeum hexasticum*) et quelquefois *escourgeon* (fig. 3).

Il y a d'ailleurs une disposition particulière qui se présente souvent : quatre des lignes de grains sont plus

(1) Malgré la forme ventrue de cette glumelle, la face antérieure des grains est dite la face dorsale pour des raisons d'anatomie comparée.

saillantes que les autres, d'où *un aspect carré*. C'est le cas de l'orge dite à quatre rangs ou escourgeon proprement dit. Il est évident qu'il y a alors deux séries de grains : ceux du milieu sont plus lourds de 6 à 8 milligrammes que ceux des côtés. Les premiers sont losangulaires, les autres sont à arêtes courbes.

Ajoutons que dans ces espèces la nervure de la glumelle inférieure (celle qui est du côté ventru du grain) est ordinairement prolongée en arête.

Supposons maintenant que sur les trois épillets d'un même plan il n'y en ait qu'un seul qui contienne une fleur complète, que les deux autres aient chacun leurs deux fleurs avortées, il est évident que nous n'aurons qu'une orge à deux rangs ; ordinairement la glumelle inférieure n'est pas terminée par une arête.

On peut distinguer par leur forme les grains isolés. On examine à la loupe quelques grains. S'ils proviennent d'une orge à six rangs, ils sont symétriques par rapport à un plan passant par le sillon, ils portent de part et d'autre deux facettes peu marquées. S'il s'agit d'une orge à quatre rangs, on trouve les mêmes caractères, mais il y a deux grosseurs de grains. S'il s'agit d'une orge à deux rangs les grains sont dissymétriques, et portent d'un côté une facette très marquée.

Les variétés d'orge les plus importantes sont :

1° La variété carrée d'hiver ou escourgeon ; ordinairement plus pauvre en amidon et plus riche en azote que l'orge chevalier qu'on lui préfère, à cause de cela, en brasserie ;

2° La variété à six rangs de printemps, cultivée dans le nord de la France, en Russie, en Roumanie ; cette dernière variété est peu recherchée car elle est mal récoltée ; elle est souvent mouillée sur le champ. Les orges d'Afrique sont également des variétés à six rangs ;

3° Les variétés à deux rangs (printemps) : orge chevalier, orge éventail.

Ordinairement la teneur en balles d'une orge est de 5-10 p. 100. Les orges d'Algérie ont une proportion voisine de ce maximum, elles sont donc d'un mauvais rendement en amidon. De plus, dans le travail de brasserie, elles fournissent ou bien une drèche trop poreuse qui filtre mal le moût, ou bien une drèche feutrée qui absorbe trop de moût. Pour toutes ces raisons elles sont peu recherchées dans la fabrication des malts de brasserie.

Quant aux variétés d'orges nues, à six ou à deux rangs et en particulier l'orge à six rangs dite orge trifurquée, elles ne peuvent être maltées, car elles se gorgent d'eau pendant la trempe, et cela tend à transformer en empois l'amidon et à gêner la germination. Ce défaut est à déplorer, car les orges nues n'ayant pas de balles sont très riches en amidon.

Indépendamment de l'espèce, on s'est préoccupé de l'époque la plus convenable de la récolte des orges de maltage.

Il résulte d'expériences comparatives faites par Rémy sur des malts obtenus de la même orge à différents états de maturité que l'époque la plus favorable à la récolte est celle de la maturité complète, car alors le poids est presque maximum et le pouvoir germinatif est le plus grand possible.

De plus, au point de vue spécial de la brasserie, c'est à l'état de maturité complète que le malt donne le plus d'extrait. Il est vrai que les quantités de matières albuminoïdes augmentent également. Or, il convient en brasserie de ne pas en introduire trop dans la fabrication, de sorte que, pour certaines variétés très riches en matières albuminoïdes, on aurait peut-être à ce point de vue intérêt à récolter un peu tôt. Mais ce serait toujours aux dépens de l'extrait et du pouvoir germinatif.

Au point de vue de la composition chimique, je citerai les analyses suivantes :

*D'après Dietrich et König.*

	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE
Eau . . . . .	7, 23	20, 88	13, 77
Matières azotées . . . . .	6, 20	17, 46	11, 14
Matières grasses . . . . .	1, 03	4, 87	2, 16
Extractif non azoté . . . . .	49, 11	72, 20	64, 93
Cellulose . . . . .	1, 96	14, 16	5, 31
Cendres . . . . .	0, 60	6, 82	2, 69

Parmi les matières azotées, on estime que 97,4 p. 100 sont des albuminoïdes dont 1/3 ou 1/4 solubles (1).

Brown et Morris ont indiqué la présence d'une diastase capable de saccharifier l'amidon soluble (diastase de translocation).

Beyerinck a signalé une autre diastase, la maltase, invertissant l'amidon en maltose et érythro-dextrine.

La matière grasse comporte une graisse cristallisable, une huile, de la cholestérine, de la lécithine et un acide spécial, l'acide hordéique.

Dans l'extractif non azoté se trouvent de la dextrine, des sucres : saccharose, maltose, raffinose; on a indiqué aussi une gomme hydrolysable en xylose et galactose. D'après Tollens, il y a 10 p. 100 environ de pentosanes.

Dans les cendres, il y a environ 1/5 d'acide phosphorique, 1/3 de potasse, 1/6 de magnésie.

---

(1) D'après Osborne, il y a la leucosine soluble dans l'eau et coagulable à 50°, l'édestine soluble dans le sel marin, l'hordéine ou mucédine, insoluble dans l'eau et le sel, soluble dans l'alcool; enfin 42 p. 100 des matières albuminoïdes sont insolubles dans l'eau, l'alcool, le sel.

D'après les nombres maximum et minimum cités plus haut, on voit quelles variations sont possibles.

Pour montrer le changement de composition avec la variété, je citerai les expériences de Lindet.

*Analyses de M. Lindet.*

	ESCOURGEON	ALGÉRIE	CHEVAL. française.	CHEVAL. hongroise.
Eau . . . . .	14,78	11,98	14,70	12,93
Matières azotées. .	9,81	10,34	9,94	9,90
Matières grasses. .	1,78	1,41	1,67	1,40
Matières saccharifi- ables . . . . .	61,28	61,65	62,51	64,66
Cellulose . . . . .	10,02	11,50	8,90	8,43
Cendres. . . . .	2,72	2,38	2,40	2,48
Poids hectolitre . .	62,4	64,6	64,2	72,2

Dans les matières azotées environ 97,5 p. 100 sont à l'état de matières albuminoïdes dont de 6 à 20 p. 100 solubles et coagulables.

Dans les matières saccharifiables il y a environ 1 p. 100 de sucres, 1,33 p. 100 de dextrose.

En général, les orges chevalier contiennent moins d'azote que les autres.

La composition varie avec l'époque des semis. Ordinairement le semis tardif augmente l'azote.

Le climat joue un grand rôle. Ainsi les orges de Hongrie les plus remarquables semées en France dégénèrent immédiatement. En général, dans les années sèches l'azote augmente.

Pour montrer d'une manière nette l'effet des conditions climatiques, je citerai les résultats obtenus par le laboratoire de Munich en 1893 et en 1896, portant en 1893 sur 64 variétés et en 1896 sur 66 variétés, de toutes provenances.

*Analyses du laboratoire de Munich.*

	MOYENNE de 1893.	MOYENNE de 1896.
Eau . . . . .	13,70	14,24
Matières azotées p. 100, grain . . . . .	11,81	10,37
Matières extraites p. 100, grain . . . . .	70,07	60,38
Matières azotées p. 100, matière sèche . . . . .	13,68	12,02
Matières extraites p. 100, matière sèche . . . . .	81,2	70,4
Poids à l'hectolitre . . . . .	69,9	»
Poids de 1 000 grains. . . . .	45,2	34,12

Les engrais modifient sensiblement la composition des orges.

Si on force en nitrates, le rendement en grains et en épis, le poids de l'azote augmentent, le poids de l'amidon et le poids de l'hectolitre diminuent, le nombre de grains vitreux augmente. En définitive la qualité diminue.

L'usage modéré des engrais potassiques et phosphoriques (par exemple 600 kilogrammes à l'hectare de kainite ou 72 kilogrammes d'acide phosphorique soluble à l'état de superphosphate) augmente légèrement la production sans altérer la qualité. Cependant, il ne faudrait pas exagérer les doses employées, parce que l'excès de ces sels et surtout des phosphates pousse à l'assimilation de l'azote.

On le voit, la composition des orges est essentiellement variable et l'on ne peut rien dire de général. Si par exemple ordinairement les orges chevalier sont plus pauvres en azote, et plus riches en amidon que les escourgeons, il n'en est pas toujours ainsi.

Ce que l'on peut énoncer de plus général se résume à peu de chose. Au point de vue de la brasserie :

Une très belle orge pèse 72 kilogrammes à l'hecto-

litre ; 200 grains pèsent 10 grammes ; elle contient 8 p. 100 de matières azotées, 63 p. 100 de matières saccharifiables, 3,5 p. 100 de cellulose.

Une belle orge pèse 68 kilogrammes à l'hectolitre ; 250 grains pèsent 10 grammes ; elle contient 9,5 p. 100 de matières azotées, 60,5 p. 100 de matières saccharifiables, 4,5 p. 100 de cellulose.

Une orge passable pèse 60 kilogrammes à l'hectolitre ; 300 grains pèsent 10 grammes ; elle contient 13,5 p. 100 de matières azotées, 57 p. 100 de matières saccharifiables, 6,5 p. 100 de cellulose.

Au point de vue du maltage de brasserie, il convient de rejeter les orges qui contiennent plus de 12 p. 100 de leurs matières sèches, en matières azotées.

Mais en distillerie nous verrons qu'on a intérêt à employer les orges contenant le plus de matières azotées solubles : ce qui naturellement va le plus souvent avec le maximum de matières azotées totales et ce que l'on rencontre surtout dans les variétés légères et à petites graines.

Nous reviendrons plus loin sur le choix des orges au point de vue du travail en distillerie et en brasserie.

**Seigle.** — Le seigle est formé de grains nus, allongés, d'aspect corné, à section presque triangulaire, et à pointes mousses.

Ce grain provient d'épis qui ont toujours plus ou moins une forme cylindrique légèrement tordue. Cette forme s'explique : les épillets du seigle, constitués par trois fleurs dont les deux plus éloignées du sommet sont seules fertiles, sont montés en spirale autour de l'axe de l'épi.

Les principales variétés de seigle sont le seigle ordinaire d'hiver, le seigle de mars, le seigle de Russie.

Ce n'est qu'en distillerie qu'on malte le seigle, et alors on emploie en général celui qu'on a sous la main.



Cependant le malt de Russie très riche en azote est impropre au maltage.

Au point de vue de la composition chimique je citerai les analyses suivantes :

*Analyses de seigles de König.*

	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE
Eau . . . . .	8,51	19,43	15,06
Matières azotées . . . . .	7,91	16,93	11,52
Matières grasses . . . . .	0,90	2,86	1,79
Matières saccharifiables . . . . .	60,91	72,61	67,81
Cellulose . . . . .	1,04	4,25	2,01
Cendres . . . . .	1,45	2,93	1,81

Parmi les matières azotées du seigle, il y a une très forte proportion de matières albuminoïdes ; les trois quarts environ de celles-ci sont insolubles.

La matière grasse contient des acides libres en assez grande quantité, de la cholestérine, de la lécithine. Dans les matières saccharifiables sur les 67,81 p. 100, il y a 62 d'amidon, 0,94 de sucre, 4,87 de gomme et de dextrine.

La composition dépend naturellement de la variété ; ainsi, dans le seigle de Russie il semble qu'il y a un excès d'azote :

*Analyse d'un seigle de Russie (Schwackhöfer).*

Eau . . . . .	12,90
Matières azotées . . . . .	17,36
Matières grasses . . . . .	2,54
Extractif non azoté . . . . .	62,44
Cellulose . . . . .	2,66
Cendres . . . . .	2,10

La fumure influence également la composition du seigle.

Ainsi Zœller a constaté qu'un seigle, cultivé sans engrais, contenait 13,63 de matières azotées, avec superphosphate 14,48 de matières azotées, avec superphosphate et sels ammoniacaux 14,65 de matières azotées, avec superphosphate et nitrate 15,30 de matières azotées.

En résumé, on voit qu'en général, le seigle contient plus d'amidon et d'azote que l'orge. Il est également plus aqueux, mais il est moins riche en cellulose et en cendres, car il est dépourvu de balles.

Le poids d'un hectolitre de seigle est de 70-72 kilog.

**Blé.** — Le grain de blé est ovale, terminé en bas par une pointe mousse et en haut par une sorte de petite brosse.

Le grain est ordinairement nu, mais avant le battage la glumelle inférieure est concave, et la glumelle supérieure ciliée.

L'épi de blé a une forme presque carrée, cela tient à ce fait que les épillets ont un très grand nombre de fleurs serrées les unes contre les autres et forment deux plans opposés de part et d'autre de l'axe ayant la même largeur que leur écartement.

Il existe un très grand nombre de variétés de blés qu'on peut classer en blés tendres, demi-durs, durs, suivant l'état de l'albumen.

La meunerie recherche surtout les grains tendres; tandis que les grains durs sont attirés par les fabriques de pâtes alimentaires. Les variétés vêtues (épeautre, etc.) sont également recherchées par la meunerie.

En fait, on ne malte que le blé que l'on a en excédent et l'on agit comme pour le seigle, on ne choisit pas. Mais ce sont les variétés pauvres en azote qui conviennent surtout, par exemple le saïdi d'Égypte, l'orégon d'Amérique; tandis que les variétés russes très riches en

azote doivent être repoussées. Relativement à la composition, je citerai les analyses de Kœnig.

*Analyses de blés par Kœnig.*

	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE
Eau . . . . .	5,33	19,1	13,05
Matières azotées . . . .	7,61	21,37	12,35
Matières grasses . . . .	1,00	3,57	1,75
Matières saccharifiables.	59,9	73,27	67,91
Cellulose . . . . .	1,24	6,34	2,53
Cendres . . . . .	0,52	2,68	1,81

Dans la matière grasse il y a de la lécithine. Dans les matières saccharifiables sur les 67,91 p. 100 il y a 1,44 de sucre et 2,38 de dextrose.

Les cendres contiennent environ 50 p. 100 d'acide phosphorique, 30 p. 100 de potasse et 10 p. 100 de magnésie.

Aimé Girard a indiqué la répartition de la substance du blé entre l'albumen, le germe et les enveloppes.

L'albumen comporte 84,21 p. 100 de la masse totale.

Le germe 1,41 p. 100 —

Les enveloppes 14,36 p. 100 —

Le germe contient à lui seul plus des deux tiers de l'azote du grain.

Les blés de Russie sont notablement plus riches en azote que les autres; de Bibra a trouvé 21,7 p. 100 de matières albuminoïdes; Laskowski jusqu'à 26,8.

On voit que le blé contient ordinairement un peu moins d'eau que le seigle, mais que par contre il contient un peu plus de matières azotées et de matières saccharifiables.

Le poids de l'hectolitre de blé est de 75-79 kilogrammes.

dans le commerce, lorsqu'on vend à l'hectolitre, on prend 75 kilog. pour base.

Le blé vêtu est naturellement plus léger, l'hectolitre pèse de 42 à 43 kilog.

**Avoine.** — Le grain d'avoine est allongé et pointu, la balle est ordinairement adhérente; suivant les espèces elle est noire ou blanche.

Les principales variétés sont l'avoine ordinaire, l'avoine de Hongrie, l'avoine courte dont la glumelle inférieure a deux barbes, etc. L'avoine de Tartarie est nue. L'avoine n'est pas en épi; les épillets sont réunis en panicules à épillets retombant.

Au point de vue de la composition, je citerai les analyses suivantes :

*Analyses d'avoines par Dietrich et König.*

	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE
Eau . . . . .	7,66	18,46	12,37
Matières azotées . . . .	6,25	19,16	10,41
Matières grasses . . . .	2,76	7,31	5,23
Matières saccharifiables.	42,82	65,45	57,78
Cellulose . . . . .	6,66	20,02	11,19
Cendres . . . . .	1,61	6,11	3,02

La plus grande partie de la matière albuminoïde est insoluble dans l'eau.

On voit que les matières grasses sont en proportion bien plus fortes que dans les grains précédents. La graisse d'avoine est liquide. Les matières saccharifiables contiennent, sur les 57,78 p. 100, environ 3 p. 100 de sucre et 3 p. 100 de dextrine. La cellulose est bien plus abondante que dans les graines précédentes; de même

les cendres : celles-ci contiennent environ  $\frac{1}{4}$  de leur poids en acide phosphorique,  $\frac{1}{6}$  en potasse et  $\frac{2}{5}$  en silice.

Le poids de l'hectolitre d'avoine est de 45 à 50 kilogrammes ; mais, à cause de la longueur des grains, ils se tassent difficilement, de sorte que si on coule l'avoine « en douceur » dans la mesure, le poids est plus faible.

**Maïs.** — Le maïs forme des grains tantôt ronds, tantôt un peu allongés, tantôt presque cubiques ; dans certaines variétés, le funicule du grain forme une sorte de pointe (bec).

Ces grains sont, suivant les variétés, jaunes, oranges, rouges, noirs, blanc mat, blanc nacré, jaspés, etc.

Les variétés les plus connues sont : 1° le cinquantino, grains ronds, de grosseur moyenne, jaune foncé ; 2° le pignoletto, plus petit ; 3° la dent de cheval, dont le sommet est concave, d'où son nom ; 4° les variétés de Hongrie, du Canada ; la variété Mauthner, etc.

L'épi du maïs se présente sous forme d'un gros épi à grains très serrés.

Les analyses suivantes rendent compte de la composition du maïs.

*Analyses de maïs d'après Dietrich et König.*

	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE (1)
Eau . . . . .	7,4	22,4	13,2
Matières azotées . . . .	5,54	13,9	9,85
Matières grasses . . . .	1,61	8,89	4,62
Matières saccharifiables.	60,49	74,92	68,41
Cellulose . . . . .	0,76	8,52	2,49
Cendres . . . . .	0,81	3,93	1,51

(1) Il y a environ 12,4 p. 100 d'enveloppes, 74,1 p. 100 d'amande et 13,5 p. 100 de germe.

C'est surtout relativement aux analyses de maïs qu'il convient de se rappeler que le temps écoulé depuis la récolte joue un grand rôle dans la composition, par suite de l'état de dessiccation plus ou moins avancée. En effet, le maïs est une plante de pays chauds, et on conçoit que la dessiccation puisse varier beaucoup avec la durée.

Il y a moins de matière azotée que dans l'orge, le blé et le seigle ; d'après Osborne, la plus grande proportion des albuminoïdes serait insoluble dans l'eau (99 p. 100).

D'après Geduld, il y a une diastase, la glucase capable de transformer l'amidon en glucose et dextrine. D'après Beyerinck, il y a une glucase qui invertit seulement la maltose. Il y a plus de matières grasses que dans les graines précédentes. Ce qui est important, c'est que dans les 68,41 p. 100 de matières saccharifiables, il y a 5 p. 100 de sucre et 3,27 p. 100 de dextrine. Le maïs est donc le grain le plus sucré.

Naturellement, la composition varie avec les variétés.

*Moyenne d'analyses de maïs américains et de maïs du Danube.*

	MOYENNE DE 63 Maïs américains.	MOYENNE DE 25 Maïs danubiens.
Eau . . . . .	12,3	14,3
Matières azotées . . . . .	10,3	10,2
Matières grasses . . . . .	5,1	4,4
Matières saccharifiables . . . . .	68,2	68,6
Cellulose . . . . .	2,6	2,3
Cendres . . . . .	1,5	1,5

Autrefois on considérait les maïs du Danube comme plus riches en matières grasses que les maïs américains. Il

n'en est rien. Le tableau précédent contient la moyenne de 63 analyses de maïs américains et de 25 analyses de maïs du Danube. Ces échantillons proviennent de 24 récoltes différentes.

On voit que, si on tient compte de la plus grande humidité des maïs du Danube, ils sont plutôt en déficit de matières grasses.

D'une étude récente faite au laboratoire agricole de Debreczin (Autriche-Hongrie), il résulte que :

<i>Au point de vue des :</i>	<i>La variété la plus riche est :</i>	
Matières albuminoïdes ;	Pignoletto . . .	13,43
Matières grasses ;	Mauthner. . . .	13,85
Matières non azotées ;	Dent de cheval .	81,69
Cendres.	Cinquantino . . .	1,68

} p. 100  
des mat.  
sèches.

<i>Au point de vue des :</i>	<i>La variété la plus pauvre est :</i>	
Matières albuminoïdes ;	Dent de cheval .	9,5
Matières grasses ;	Canada. . . . .	6,96
Matières non azotées ;	Mauthner. . . . .	74,82
Cendres.	Hongrie . . . . .	1,42

} p. 100  
des mat.  
sèches.

Le poids de l'hectolitre de maïs varie de 72 à 78 kilogrammes.

**Riz.** — Le grain de riz est vêtu comme celui de l'orge. Son aspect rappelle assez celui du grain d'orge, mais le grain a les extrémités plus arrondies.

Les variétés les plus connues sont celles du Piémont, des Carolines, des Indes, de Java, du Tonkin, du Siam. Mais en Europe on n'introduit guère le riz en grains complets, on importe surtout des riz décortiqués (albumen isolé).

Le riz du Tonkin est en grains petits ; celui d'Italie est très gros et à albumen jaunâtre. Ce sont les deux variétés qui vont le plus souvent à la malterie.

Voici la moyenne d'analyses de riz en paille :

*Moyenne d'analyses de riz, par König.*

Eau . . . . .	9,55
Matières azotées. . . . .	5,87
Matières grasses . . . . .	1,84
Matières saccharifiables . . . . .	75,85
Cellulose . . . . .	5,80
Cendres . . . . .	1,09

On voit que le riz est la graine la plus pauvre en azote et la plus riche en amidon.

Le poids de l'hectolitre de riz est de 50 à 55 kilogrammes.

#### LUPIN

Le lupin est une légumineuse ; la graine a la forme d'une fève dont la plus grande section serait un carré à coins arrondis.

Il y a un certain nombre de variétés ; les lupins jaunes et blancs sont les plus connus.

Voici quelques analyses de lupin qui mettent en évidence sa richesse en azote.

##### I. Analyse (Boussingault).

Eau . . . . .	5,5
Matières organiques azotées . . . . .	33,30
Matières organiques non azotées. . . . .	58,51
Cendres . . . . .	3,13 dont
	$\left\{ \begin{array}{l} 1/4 \text{ en } \text{Ph}^2\text{O}^5 \\ 1/4 \text{ en } \text{KOH} \\ 2/8 \text{ en } \text{CaO} \end{array} \right.$

Dans le lupin jaune, on a signalé une gomme, la galactite, dont l'inversion produit 60 p. 100 de galactose. Il y a aussi de la glucose.

Les matières azotées sont intéressantes.

D'après Schultze, 100 de matière sèche du lupin contiennent 40 d'albuminoïdes insolubles, 4,75 d'albumi-



noïdes solubles coagulables; 0,6 d'alcaloïdes, dont au moins un vénéneux; 9,6 de divers.

II. *Analyse (König).*

	LUPIN JAUNE	LUPIN BLANC
Eau . . . . .	10,80	15,84
Matières azotées . . . . .	36,76	28,78
Matières grasses. . . . .	2,75	7,03
Matières saccharifiables. . . . .	28,87	33,40
Cellulose . . . . .	16,50	11,98
Cendres . . . . .	3,91	2,91

**ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES AU POINT DE VUE  
DE LEUR CHOIX POUR UN BON TRAVAIL**

Actuellement, des graines qui nous intéressent, nous connaissons la constitution anatomique et la composition chimique.

De plus, nous savons qu'il existe de nombreuses causes de variation dans la constitution et dans la composition des matières premières. Il est évident que certaines conformations et certaines compositions sont plus favorables que d'autres à un bon travail de maltage. Avant d'entreprendre l'exposé de la suite des opérations de l'industrie qui nous intéresse, il est logique et d'ailleurs indispensable d'apprendre à choisir les matières premières présentant les meilleures conditions, c'est-à-dire capables de donner le rendement maximum en malt de la meilleure qualité et du prix de revient le plus bas.

Lorsqu'il s'agit d'un malt de brasserie, ce choix ne peut porter que sur les orges; en vue de la distillerie on devra examiner toutes les graines précédemment étudiées.

Nous nous occuperons d'abord de l'orge, tant au point de vue de la brasserie que de la distillerie ; puis nous étudierons les autres grains.

#### CHOIX DE L'ORGE

L'orge est particulièrement propre au maltage, à cause surtout de sa constitution anatomique : l'existence des balles protège les germes pendant le développement.

Une autre raison de l'aptitude de l'orge au maltage est la présence d'une assez forte proportion d'azote sous un état favorable à la formation de la diastase.

Ce qui doit intervenir ce n'est pas l'azote total ; l'aptitude au maltage serait-elle fonction de la dose totale d'azote, certaines avoines, graines vêtues tout comme l'orge, devraient fournir un malt de premier ordre. En effet, bien que la moyenne de l'azote dans l'avoine soit légèrement inférieure à la moyenne dans l'orge, il arrive souvent que le maximum dans l'avoine soit supérieur même au maximum dans l'orge, et cependant c'est un fait d'expérience bien établi : le pouvoir diastasique de l'avoine maltée est infiniment plus faible que celui de l'orge.

Nous verrons plus tard que ce sont les composés azotés solubles qui fournissent le criterium de la puissance diastasique d'un malt. Certes, pendant le maltage il se forme de ces composés solubles ; il n'en est pas moins vrai qu'il y a toute probabilité pour que la quantité trouvée dans un malt terminé soit d'autant plus grande que le grain naturel en possédait plus à l'origine. En d'autres termes, il est probable qu'une graine riche en matières azotées solubles donnera un malt puissant. Or dans l'orge  $\frac{1}{4}$  des matières azotées est soluble, tandis que dans l'avoine la presque totalité est à l'état de gluten-caséine insoluble.

La conséquence est dès lors évidente. Une avoine même exceptionnellement plus riche en azote qu'une orge a toutes les chances pour donner cependant un malt moins actif.

*Choix de la variété.* — En brasserie, on préfère les orges à deux rangs et à quatre rangs, mais surtout les premières. Ces sortes d'orges contiennent en général plus d'amidon et moins de cellulose. Comme en brasserie, si l'on fait abstraction du houblon, le malt est l'unique matière première du moût, on a intérêt à employer les variétés offrant le maximum d'amidon. De plus ces variétés tout en possédant une dose suffisante d'azote pour produire le pouvoir diastasique convenable en contiennent moins que les autres. Or l'excès d'azote (et surtout d'azote soluble) dans une orge cause un excès d'azote dans le moût, qui, trop azoté, donne souvent une bière trouble et de mauvaise conservation. Pour éliminer l'excès d'azote qui peut passer dans le moût, on est alors conduit à prolonger la durée de la germination de manière à exagérer l'importance du germe et par suite des matériaux empruntés par lui au grain. Mais, à côté de l'excédent d'azote, il passe dans l'embryon un supplément de matières hydrocarbonées. En outre la quantité de matière brûlée par la respiration du grain est d'autant plus considérable que la durée de la germination est plus étendue. Donc si l'on élimine de l'azote par ce procédé, on perd doublement de la matière hydrocarbonée, et cela explique la deuxième raison pour laquelle en brasserie on rejette les orges trop azotées, et ce sont ordinairement les orges à six rangs et à quatre rangs.

En particulier on délaisse les orges d'Afrique qui ont en plus l'inconvénient d'avoir des balles épaisses produisant une drèche mauvaise. En distillerie, on est

amené à rechercher les variétés repoussées par la brasserie. D'abord elles sont fatalement moins cher et ensuite elles sont l'objet d'un préjugé. On croyait autrefois que les orges en question qui sont les plus riches en matières azotées totales sont celles qui donnent le malt le plus actif. Nous venons de voir qu'il n'en est rien, que c'est l'azote soluble qui intervient. Il n'en est pas moins vrai qu'il y a une corrélation entre l'azote total et l'azote soluble ; il est bien évident que, si le premier est petit, le deuxième ne peut être grand ; mais la réciproque n'est pas nécessairement vraie.

Donc, si une orge est riche en azote total, il y a des chances pour qu'elle fournisse un bon malt de distillerie, mais ce n'est pas nécessaire. Croire le contraire est un préjugé, et c'est en vertu de ce préjugé que les orges à six et à quatre rangs étaient autrefois et sont encore parfois aujourd'hui recherchées comme donnant des malts plus actifs que les autres. Mais ce préjugé ne conduit pas à un résultat désastreux, d'abord parce que les orges en question sont moins coûteuses et ensuite parce qu'on a, en définitive, plus de chances de faire avec elles un malt fortement diastasique qu'avec d'autres.

*Qualités que doivent présenter les orges.* — Il ne suffit pas d'adopter une variété d'orge pour être sûr de faire avec elle un bon travail. Nous avons vu en effet que le mode de culture, le mode de récolte, les conditions climatiques et une foule d'autres circonstances interviennent dans la composition des grains.

Il faudra donc soumettre chacun des approvisionnements nouveaux à une série d'essais que nous allons décrire.

Mais avant il convient de dire comment on doit prélever l'échantillon moyen sur lequel doivent porter les essais.

**Echantillonnage. Cas des sacs.** — Si l'orge à examiner est dans des sacs, on prélève dans chacun d'eux, à une certaine profondeur et non à la surface, une poignée de grains.

On réunit le tout dans un panier et on malaxe, de manière à effectuer le mélange; puis on étale les grains sur une table, en en faisant une couche de forme carrée que l'on subdivise, par deux séries de lignes parallèles, en carreaux égaux.

Cela fait, on ramasse les grains d'un certain nombre de ces carreaux, choisis d'une manière arbitraire mais déterminée; on les réunit à nouveau dans un panier et on recommence l'opération précédente. On continue cette réduction de l'échantillon par la même méthode, tant que celui-ci est trop considérable; lorsqu'il ne représente plus que 400 ou 500 grammes, on l'étale en carré dont on prend le centre.

C'est de ces grains ainsi prélevés au centre qu'on se sert si l'on a besoin d'un échantillon un peu lourd. S'il faut un échantillon formé seulement de quelques grains, comme par exemple pour déterminer le pouvoir germinatif, on compte alors les 1000 premiers grains du dernier échantillon, on les aligne sur du papier et on ramasse périodiquement un grain sur cinq, ou sur dix suivant l'importance de l'échantillon à obtenir.

**Cas des tas.** — Si l'on a à prélever un échantillon dans un tas, on ramasse des poignées tout autour et à toutes les profondeurs, puis on continue comme plus haut.

**Cas des couches.** — Si le grain est en couche peu élevée on parcourt celle-ci suivant des lignes parallèles; tous les cinq pas, on prélève une poignée et on continue comme plus haut.

L'échantillonnage étant fait, voyons comment on pro-

cède aux essais. Nous examinerons successivement le cas d'une étude complète, puis celui d'une étude rapide.

**Étude complète des qualités d'une orge.** — Les essais comprennent l'examen :

- 1° De la pureté ;
- 2° De la forme ;
- 3° De l'apparence extérieure ;
- 4° De la couleur et de l'odeur ;
- 5° Du poids de l'hectolitre ;
- 6° De la densité ;
- 7° De l'état de l'amande ;
- 8° De l'acidité ;
- 9° Du pouvoir germinatif.

1° *Pureté.* — Il est évident que lorsqu'on veut acheter de l'orge, on doit éviter de payer des matières étrangères. Donc on doit vérifier les grains au point de vue de la présence des graines étrangères, des balles, des poussières (examen au microscope).

En outre, il faut que l'orge ne soit pas mélangée de grains avortés, cassés ou blessés qui ne germent pas et qui peuvent causer la moisissure de la totalité des grains pendant le travail.

Une autre considération est celle de l'identité des différents grains au point de vue de la variété, de manière à obtenir la germination simultanée de tous les grains.

Pour une raison identique, les grains doivent avoir été récoltés dans les mêmes conditions, et à la même époque. En effet, ils ont alors une humidité également répartie dans tout le lot, ce qui produira l'égalité de trempe et la simultanéité de la marche de la germination. Ils doivent avoir été récoltés depuis au moins quatre à cinq semaines, car nous verrons plus tard que des grains plus frais sont incapables de germer. Mais ils

ne doivent pas être trop vieux ; on doit rejeter les grains âgés de deux ans. En effet, déjà après un an le pouvoir germinatif a baissé de 5 p. 100, et à la fin de la deuxième année il a perdu 13 p. 100.

Un essai utile au point de vue de l'identité des grains quant à la variété, à l'âge, à l'égalité d'humidité est le dosage de l'humidité dans plusieurs échantillons, non moyens, du lot. A cet effet, on réduit en farine l'échantillon à étudier, on en pèse 5 grammes que l'on sèche à l'étuve à 100° jusqu'à ce que le poids devienne constant. L'humidité peut varier de 11 à 16 p. 100 ; mais elle doit être la même pour les différents échantillons d'un même lot.

2° *Forme*. — Les grains les plus gros, les plus ventrus, les plus pleins, sont les meilleurs, car ils sont plus riches en amande.

100 grains doivent peser au moins 3 gr. 35 (ils pèsent jusqu'à 5 grammes pour les très belles qualités). Les grains doivent être égaux ; sans cela la germination ne marche pas d'une manière parallèle pour tous les grains, et alors les uns sont trop germés, tandis que les autres ne le sont pas assez.

Cette considération peut servir à expliquer dans une certaine mesure l'infériorité relative des orges à quatre rangs qui ont nécessairement deux sortes de grains au point de vue de la grosseur.

3° *Apparence extérieure*. — Les balles ne doivent pas être piquées par des parasites.

Il faut rechercher les espèces ayant soit la peau fine ce qui correspond à une plus grande teneur en amidon, soit la peau rugueuse, sans être épaisse ; cette rugosité est en effet due aux stries qui se forment par la dessiccation de l'endosperme ; elle correspond donc à une humi-

dité moindre et par suite à une plus grande richesse en amidon.

4° *Couleur et odeur.* — La couleur doit être jaune pâle. Elle ne doit pas être verdâtre, preuve de non-maturité, ni rougeâtre, ni brune, preuve de la présence de certains parasites. Dans une bonne orge moyenne, on a trouvé 13 p. 100 de grains verdâtres et 0,3 p. 100 de grains bruns.

L'odeur doit être franche et surtout ne pas rappeler l'odeur de moisi. Une bonne méthode, pour juger de l'odeur d'une orge est celle-ci : on enferme dans un flacon bouché une certaine quantité d'orge ; au bout d'une heure, on agite, on ouvre et on flaire. L'odeur de moisi est alors très sensible.

Une fraude qui a été signalée, est celle qui consiste à enlever les principes odorants par un mélange de l'orge avec du noir que l'on sépare ensuite par triage.

Mais il suffit de mettre de pareils grains sur la main, ou sur une feuille de papier pour apercevoir des points noirs sur le corps en contact.

5° *Poids de l'hectolitre.* — On l'évalue avec l'appareil Brauer (1).

Pour une orge de brasserie de qualité moyenne il doit être de 63-64 kilogrammes ; pour les orges hongroises moyennes, il peut varier entre 68 et 70 kilogrammes.

En distillerie, au point de vue de la diastase, on a intérêt à employer les orges légères.

---

(1) L'appareil Brauer se compose essentiellement d'un fléau de balance portant d'un côté un réservoir en forme d'entonnoir bouché par un tampon et de l'autre un plateau portant une tare de l'entonnoir et un poids supplémentaire de 150 grammes. On remplit l'entonnoir jusqu'à équilibre ; puis, en ouvrant le tampon, on le vide dans un vase à long col gradué en centimètres cubes de 120 à 200 centimètres. On lit le volume soit  $V$  : le poids est alors  $\frac{100}{V} \times 150$  kilogrammes.



Il faut remarquer que les graines un peu compactes subissent un léger retard dans le départ de la germination.

6° *Poids spécifique des grains.* — Il doit être 1,2 ou 1,3; on le détermine par la méthode du flacon en employant non de l'eau qui serait absorbée en partie, mais du pétrole.

Pour abrégér, on emploie un flacon de volume connu, 50 cc, par exemple. Les équations suivantes résument la suite des opérations :

Tare = poids du flacon vide +  $\varpi$  + vase vide pour mettre l'orge.

Tare = poids du flacon plein de pétrole +  $\varpi'$  + vase vide.

D'où poids de 50 cm<sup>3</sup> pétrole =  $\varpi - \varpi'$  et densité du pétrole =  $\frac{\varpi - \varpi'}{50}$

Tare = poids du flacon plein de pétrole + orge dans le vase vide + vase vide + P.

D'où poids orge =  $\varpi' - P$ .

On met l'orge dans le flacon et on enlève l'excès de pétrole de manière à faire l'affleurement au trait de repère, on a alors :

Tare = poids du flacon plein de pétrole — pétrole déplacé + orge plongé + vase vide + P'.

D'où pétrole déplacé =  $P' - P$ .

Or, la densité du pétrole est  $\frac{\varpi - \varpi'}{50}$  il en résulte que son volume est égal à

$$\frac{P' - P}{\varpi - \varpi'} = \frac{(P' - P) 50}{\varpi - \varpi'}$$

C'est aussi le volume de l'orge de poids de  $\varpi' - P$ . La densité de celle-ci est donc :

$$\frac{(\varpi' - P)}{50} \frac{(\varpi - \varpi')}{(P' - P)}$$

7° *Etat de l'amande.* — On préfère les grains tendres à section amylacée aux grains durs à section cornée (dits grains glacés) probablement parce que les grains amylacés se désagrègent mieux au germoir, qu'ils sont plus riches en amidon, et moins riches en matières azotées, du moins en général (1). Mais il faut remarquer que l'état de maturité intervient dans le jugement à porter sur les grains durs. En effet, les grains non mûrs ont moins de glacés que les autres.

Il y a des grains à section blanche, mais d'une rupture difficile sous la dent; ce sont les grains demi-durs; ils se désagrègent bien au germoir, mais leur germination se prolonge d'environ deux jours.

Pour juger de l'état de l'amande, on peut employer un appareil spécial, le *farinatum*. C'est une planche percée de 200 alvéoles dans lesquelles on peut placer des grains debout et faisant saillie de la moitié de leur longueur au-dessus de la surface supérieure de la planche. Avec un rasoir, on guillotine les grains et on observe les sections. Il faut appuyer fort la lame sur l'appareil, on fait quatre opérations, on prend la moyenne.

8° *Acidité.* — On la mesure en lavant avec de l'eau 10 grammes de grains; on dose l'acidité à l'aide d'une soude décijnormale.

On ne doit pas trouver plus de 0 gr. 2 p. 100 d'acidité exprimée en acide sulfurique, c'est-à-dire, dans le cas actuel, plus de 0 gr. 02 d'acide, ce qui correspond au maximum à 4 cm<sup>3</sup>-4cm<sup>3</sup>,<sub>1</sub> de la soude employée.

Si l'acidité est plus forte, c'est qu'il y a eu des fermentations à la surface des grains et le malt obtenu sera mauvais.

---

(1) Il y a des grains glacés par suite du serrage des grains d'amidon; d'autres le sont par suite de la nature des matières albuminoïdes.

9° *Pouvoir germinatif*. — On appelle pouvoir germinatif le nombre de grains qui germent sur 100 grains mis dans les conditions de germination. La manière la plus simple d'opérer est de mettre les grains trempés dans des doubles de papier-filtre mouillé. On place le tout à l'abri de la lumière et on réhumecte souvent le papier.

On a construit un grand nombre d'appareils pour produire cette germination plus commodément, par exemple :

L'*appareil Steiner* (fig. 4) se compose d'une assiette creuse vernissée dans laquelle on met une bouillie de sable et par-dessus un plateau de terre cuite percé de 100 alvéoles, dans lesquelles on place les 100 grains à étudier. On recouvre le tout d'une cloche dépolie percée à la partie supérieure d'une ouverture pour le dégagement des gaz; on a d'ailleurs soin de disposer la cloche de manière à permettre, par en bas, la rentrée d'air.

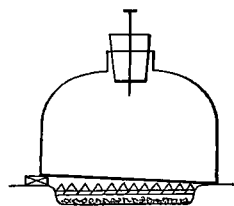


Fig. 4. — Appareil Steiner.

L'*appareil Schœnjahn* se compose d'un tamis de porcelaine à 100 trous disposé dans un vase au fond duquel il y a de l'eau jusqu'au niveau de la face inférieure du tamis; on recouvre le tout de sable fin, après avoir installé les grains dans les alvéoles.

Quel que soit l'appareil, après la fin de l'opération on compte le nombre de grains germés, on prolonge ordinairement l'opération dix jours. Windisch a indiqué une méthode beaucoup plus rapide que les précédentes et qui permet de juger d'une manière approximative du pouvoir germinatif.

On traite les grains dans un becherglass, pendant trente minutes, par quelques gouttes de soude; les pellicules se dissolvent, on lave à l'eau bouillante plusieurs fois. Si le germe a résisté et s'il est jaune beurre, le grain est

bon, si le germe n'a pas résisté ou s'il est vert ou brun, le grain est mauvais.

REMARQUE. — L'escourgeon a un germe qui, à la loupe, présente déjà des ramifications.

Lorsque le pouvoir germinatif est supérieur à 96 p. 100, le grain est bon; compris entre 96 et 91 p. 100 le grain est moyen; inférieur à 85 p. 100, le grain est mauvais.

Ordinairement on adopte 90 p. 100 comme limite inférieure.

Il faut d'ailleurs remarquer que le pouvoir germinatif est très faible immédiatement après la récolte; il augmente beaucoup dans les mois qui suivent.

Ainsi une orge de pays, avait en fin octobre un pouvoir de 80 et présentait en fin décembre le pouvoir de 95.

Un des avantages des orges de Hongrie, c'est qu'étant récoltées plus tôt, à une époque déterminée, elles tendent à avoir un pouvoir germinatif plus élevé que celui de nos orges récoltées plus tard.

Une cause d'affaiblissement du pouvoir germinatif c'est la pluie tombée sur les gerbes avant la rentrée de la moisson; cependant, d'après Will, il n'y aurait dommage que lorsque les radicules auraient commencé à pousser ou lorsque le grain n'aurait pas été séché ultérieurement.

D'après les expériences de Romane, de Candolle, de Brown et Escombe, l'orge placée dans le vide, dans les gaz inertes (15 mois), dans l'air liquide ne perd pas la faculté de germer.

La série des essais précédents est longue et dans la pratique on se contente d'essais plus rapides.

**Étude rapide des qualités d'une orge.** — Quelle que soit la destination de l'orge, on s'attache d'abord à l'étude de la pureté.

En ce qui concerne la brasserie, ou on veut produire

de la dextrine et de l'alcool et où on craint l'azote, on recherche les orges riches en amidon et capables de donner de la diastase. A cet effet, on choisit les variétés à peau fine, dont le pouvoir germinatif est satisfaisant.

En distillerie, la seule chose intéressante en dehors de la pureté, c'est le pouvoir germinatif. Que l'orge contienne plus ou moins d'amidon, cela n'a pas grand intérêt, puisque l'orge n'est qu'une faible partie de la matière première.

Si l'on voulait compléter l'étude, on devrait doser les matières azotées solubles, mais c'est trop compliqué.

#### CHOIX DES GRAINS AUTRES QUE L'ORGE

A défaut d'orge, en distillerie, on est amené à malter le seigle, le blé, le maïs, le riz, et même l'avoine. C'est donc surtout une question de prix de revient.

En ce qui concerne l'avoine, on a plutôt en vue ses propriétés activantes de la fermentation que sa faculté diastatique.

Quant au lupin, nous savons qu'on désire introduire des éléments azotés dans les moûts pauvres et qu'il n'entre jamais en concurrence avec les autres malts, agents diastatiques.

Les graines destinées au maltage doivent être : 1° propres ; 2° exemptes de grains cassés, avariés, blessés ; 3° aussi bien assorties que possible au point de vue de la variété, de la grosseur, etc. ; 4° entourées d'enveloppes minces, lisses ou rugueuses par suite de la dessiccation interne et enfin 5° douées d'un fort pouvoir germinatif.

En particulier pour le blé, on recommande d'avoir des grains bien sains, sortant de magasins aérés, de grande densité (1,23 à 1,34) et secs ; cet état de sécheresse se constate en introduisant dans les sacs la main

qui doit y pénétrer en glissant facilement (1) ou bien en projetant en l'air les grains qui doivent retomber avec un son métallique. Les blés de Russie ne fournissent pas un bon malt. Il en est de même du seigle de Russie.

Pour le maïs, on recommande surtout que les grains soient bien séchés à l'air.

---

(1) Quelquefois on fraude le blé en humectant les sacs de blé avec une cuillerée d'huile, pour faciliter l'entrée de la main et tromper sur l'état de dessiccation.

## DEUXIÈME PARTIE

### ÉTUDE THÉORIQUE ET PRATIQUE DU MALTAGE

Le maltage comporte nécessairement les opérations suivantes : le grain pris dans les magasins est envoyé aux appareils de nettoyage, puis il est soumis à la trempe qui a pour but de lui fournir l'eau nécessaire à la germination. De la trempe, le grain est envoyé au germoir, d'où il sort soit pour être utilisé à l'état de malt vert, soit pour être desséché et conservé.

Il convient donc de diviser cette deuxième partie en quatre chapitres :

- Magasinage, manutention et nettoyage des grains ;
- Trempe des grains ;
- Transport des grains trempés ;
- Germination des grains ;
- Séchage et conservation du malt.

Nous y ajouterons deux autres chapitres :

- Méthodes analytiques appliquées au maltage ;
- Règles à suivre dans l'installation d'une malterie.

#### **MAGASINAGE, MANUTENTION ET NETTOYAGE DES GRAINS**

##### **MAGASINAGE DES GRAINS**

**Greniers.** — Les grains peuvent être conservés dans des pièces aérées dites greniers, ou bien en silos.

Il y a deux sortes de greniers, les greniers ordinaires, et les greniers à pelletage automatique.

**Greniers ordinaires.** — Un grenier ordinaire est une salle parfaitement aérée où on conserve les grains soit en couches, soit en sacs. A cause de la nécessité de l'aération, on place les greniers aux étages supérieurs de l'usine, étages où on ménage des courants d'air par l'installation de nombreuses fenêtres, ou même de baies simplement fermées par des volets à claire-voie.

Une règle de construction dont on ne doit jamais s'écarter est celle-ci : si entre deux murs un lot de grains est accumulé sans espace vide, il faut construire ces murs suffisamment solides pour résister à l'effet de la dilatation produite par l'humidité agissant sur les grains interposés entre les murs.

Dans les greniers on peut conserver les grains en couches ou en sacs.

Lorsque les grains sont récoltés depuis peu de jours, on les conserve toujours en couches, d'abord en couches de 20 centimètres ; puis, à mesure que la dessiccation avance, en couches de 30 à 60 centimètres.

Il faut avoir soin, de temps en temps, de recouper les couches à la pelle pour empêcher l'échauffement dû à une véritable fermentation résultant du manque d'air et pour chasser les insectes.

Il faut estimer que ces manutentions font perdre en un an 5 p. 100 du poids et qu'elles reviennent à 2 francs par hectolitre et par an.

Lorsque les grains sont récoltés depuis au moins cinq ou six semaines, on peut les conserver en couches, comme il vient d'être dit, mais on peut aussi les mettre en sacs ; on ne doit pas empiler ces sacs, on doit simplement les poser debout à terre, les uns contre les autres. Pour la commodité des comptes, il est bon de faire des sacs de même poids, 100 kilogrammes par exemple, et de leur donner un numéro d'ordre de remplissage.



*Greniers automatiques.* — A cause de la main-d'œuvre coûteuse exigée par les greniers ordinaires, on a, dans les grandes installations, remplacé ceux-ci par des greniers à pelletage automatique.

Le plus souvent ces greniers sont réunis par groupe, sous une construction commune, dont les planchers facilitent le service.

Ces greniers portent souvent le nom de silos.

Tous ces greniers automatiques se réduisent en définitive à une sorte de tour d'une dizaine de mètres de hauteur, carrée ou ronde, où on place le grain à conserver.

Des systèmes permettent de vider ces tours et de remonter les grains à la partie supérieure. Cette sorte de soutirage produit un effet analogue au pelletage.

Dans le *grenier Sinclair* (fig. 5), la tour est en bois ; elle est percée sur toutes les faces, et à toutes les hauteurs, de fenêtres en forme de losanges, fermées par des toiles métalliques.

Le plancher de cette tour supporte neuf trémies ouvertes au-dessus d'une grande trémie fermée par une vanne.

Lorsque celle-ci est tirée, le grain tombe et est recueilli dans des sacs, que l'on remonte à la partie supérieure à l'aide d'un monte-charge et que l'on déverse dans la tour.

Le *grenier Pavy* est formé d'une série de tronçons en terre cuite, reliés par des cercles en fer. A la partie inférieure se trouve une trémie conique fermée par une vanne. Le grain sortant de la tour passe sur un tarare (crible à secousses), puis est repris par une chaîne à godets qui le remonte à la partie supérieure.

Le *grenier Devaux* (fig. 6) est une tour prismatique en tôle perforée ( $H = 10$  mètres,  $S = 1^m,25$ ) ; elle est tra-

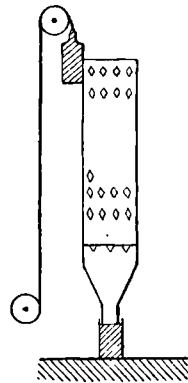


Fig. 5. — Grenier Sinclair.

versée suivant l'axe par un tube bouché à la partie inférieure et perforé de petits trous sur sa périphérie. Dans ce tube un ventilateur insuffle de l'air.

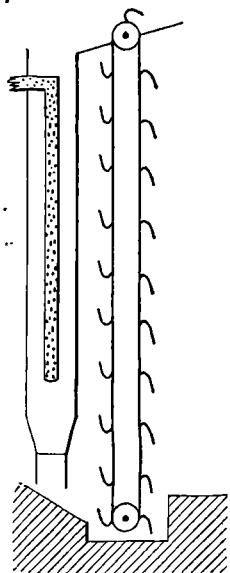


Fig. 6. — Grenier Devaux.

L'appareil est complété par une trémie, une vanne, une chaîne à godets.

Pendant le soutirage, on fait marcher le ventilateur.

**Silos.** — Le véritable silo, c'est-à-dire la fosse sphérique creusée dans le sable, n'est praticable que dans les pays chauds et secs, comme en Algérie.

Seulement, en ce qui concerne l'orge, le maltage n'est possible dans les pays chauds que par les appareils de maltage pneumatique qui sont de grand débit, et les silos classiques sont alors trop petits.

Ils pourraient à la rigueur servir pour la conservation des maïs qui, eux, peuvent être maltés en petit par la méthode ordinaire dans les pays chauds.

Mais dans le cas de grandes quantités de grains à conserver par la méthode des silos, il faut avoir recours aux silos à vide partiel. Ce sont des cylindres de tôle munis d'un trou d'homme de remplissage, et d'un trou d'homme de vidange et où on peut faire le vide à l'aide d'une pompe à air. Avant d'ouvrir, on laisse rentrer l'air.

Le prix de revient de ce mode de conservation serait plus faible que par la méthode des greniers. On compte 0 fr. 50 à 0 fr. 90 par hectolitre et par an.

**Parasites nuisant à la conservation des grains.** — Nous avons déjà indiqué les parasites qui attaquent les

grains sur pied. Ici nous devons dire un mot de ceux qui attaquent les grains dans les appareils de conservation, autres que les silos à vide qui, évidemment, protègent les grains contre les rongeurs et les insectes.

Dans les greniers, les *rongeurs* de toutes sortes sont à craindre et l'on ne peut guère les éviter qu'en entretenant des chats et des chiens. Cependant il n'est pas inutile de se servir de pièges. Mais, à mon avis, on doit repousser absolument l'usage de grains empoisonnés soit à la strychnine, soit au phosphore, car à cause de leur ressemblance avec les matières premières, on risque d'envoyer au travail ces grains empoisonnés (qui ne germeront sans doute pas, mais qui resteront mêlés au malt.

En dehors de ces parasites de grosse taille, il y a toute une collection d'insectes plus nuisibles les uns que les autres. Je ne citerai que les plus importants sous notre climat.

Les *charançons* (*calandra granaria*, *oryzæ*, etc.) sont des ennemis du blé, de l'orge, du seigle. La larve du charançon *granaria* est un ver blanc à neuf articles, qui se loge dans un grain et en dévore l'amidon ; la nymphe est bleu clair ; l'insecte noir (4 millimètres).

L'*alucite* est un papillon nocturne, gris, de 6 à 7 millimètres ; les ailes repliées en forme de toit arrondi, sont garnies à leurs bords postérieurs d'une frange ; l'œuf est rouge, il donne naissance à un ver blanc de 6 à 7 millimètres qui s'introduit dans le sillon des grains et dévore la farine. Il se transforme ensuite à l'intérieur du grain en chenille

La *teigne* est un papillon nocturne ayant une houppe rousse sur la tête, et dont les ailes sont marbrées de brun, noir et gris. Ici la larve n'est pas dangereuse, c'est la chenille qui enferme dans son cocon un approvisionnement de grains. Ce qui ne l'empêche d'ailleurs pas de sortir pour en chercher d'autres.

Enfin en dehors des parasites animaux se trouvent les parasites végétaux qui se développent surtout par l'humidité. Ce sont des champignons ; on constate par exemple la présence de taches blanches dues au *mucor mucedo*, de taches noires indiquant le *rhizopus nigricans*, de taches vertes produites par le *penicillicum glaucum*, de taches rouges accusant l'*oïdium aurantium* etc.

#### MANUTENTION DES GRAINS

Les grains qui vont entrer dans le travail ont besoin d'être déplacés. Ce déplacement peut se faire soit verticalement, soit horizontalement, soit dans les deux sens à la fois.

**Transports verticaux.** — Occupons-nous d'abord des transports verticaux. Ils peuvent être faits en descente ou en ascension.

**En descente.** — La descente des grains se fait le plus souvent en chute libre. On dispose à cet effet des canaux de bois formés de quatre planches clouées et empêchant les grains de s'éparpiller dans la chute.

Ces canaux peuvent ne pas être absolument verticaux, il suffit qu'ils fassent avec la verticale un angle inférieur à 60°.

**En ascension.** — Le mouvement vertical ascensionnel des grains peut s'effectuer soit avec la chaîne à godets, soit à l'aide de ventilateur, soit à l'aide de monte-charges, lorsqu'ils sont en sacs.

**Chaîne à godets.** — La chaîne à godets pour grains est formée d'une courroie sans fin ordinairement en cuir d'une largeur de 62 à 250 millimètres, parcourant

60-65 mètres à la minute, sous l'influence d'un tambour moteur; elle est à l'autre extrémité tendue par un tambour tenseur qu'on peut plus ou moins éloigner en déplaçant les paliers des tourillons à l'aide de vis.

Ordinairement l'embrayage du tambour moteur est obtenu par un passage de la courroie d'une poulie folle sur une poulie fixe.

Les godets sont en cuir, en parchemin ou en fonte; il y en a trois au mètre courant ou deux dans les grands modèles; ils ont la forme d'une sorte de hotte dont le gabarit est construit de la manière suivante (fig. 7) :

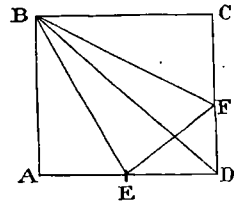


Fig. 7. — Construction d'un godet.

Soit AB la profondeur d'un godet : sur AB on construit un carré ABCD, on mène la diagonale BD; on tire la bissectrice BE de l'angle ABD, on abaisse EF perpendiculaire sur BD. On prend BAEFB comme forme des godets.

On peut élever 9 000 kilogrammes à l'heure avec une chaîne à godets de 250 millimètres et 2500 avec une chaîne de 100 millimètres de largeur.

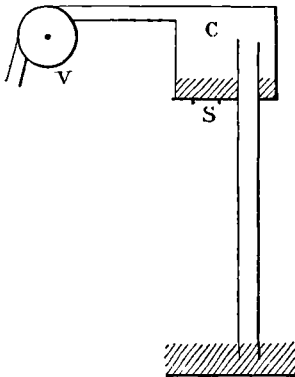


Fig. 8. — Ventilateur aspirant.

**Ventilateurs.** — On conçoit qu'un fort courant d'air puisse entraîner des grains, d'où l'usage des ventilateurs. Mais il y a deux systèmes de ces appareils — les ventilateurs aspirants et les refoulants.

1° Usage des ventilateurs aspirants (fig. 8).

On emploie un ventilateur dit à haute pression, c'est-à-dire que l'œilillard central est de petit diamètre; la

pression de régime doit être de 600 millimètres d'eau.

Ce ventilateur aspire par le tube d'ascension les grains à faire monter; mais, pour produire l'arrêt de ces grains, le tube d'ascension est relié au ventilateur par l'intermédiaire d'une chambre à grains C, dont le plancher porte une trappe de vidange S, qui ne s'ouvre que sous une certaine charge.

Avec un ventilateur de 1<sup>m</sup>,5 de diamètre, faisant 1100 tours à la minute, on élève à l'heure 15 tonnes à 22 mètres. Il faut 15 chevaux de force. Ce n'est pas un rendement de 0,1.

2° Usage des ventilateurs refoulants.

On emploie des ventilateurs à haute pression (800-1000 millimètres d'eau). Ces ventilateurs soufflent dans un distributeur dont le rôle est d'écluser le grain, de manière à ce que celui-ci pénètre dans la circulation sans produire d'échappement d'air (fig. 9).

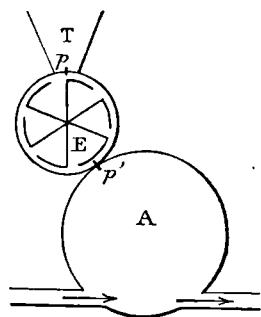


Fig. 9. — Ventilateur refoulant.

Un pareil distributeur a le plus souvent l'organisation suivante :

Une trémie T laisse pénétrer par l'ouverture *p* le grain dans l'écluse E. Cette écluse est sphérique ou cylindrique et par une ouverture *p'* elle laisse passer le grain dans la chambre à air A.

A l'intérieur de l'écluse tourne un arbre horizontal passant par le centre et portant une série de bras courbes terminés par des vannes épousant la forme de l'écluse.

Ces vannes sont destinées à fermer les ouvertures *p* et *p'*, elles sont disposées de telle manière qu'une des ouvertures est toujours ouverte quand l'autre est fermée. C'est bien le système des portes d'une écluse, et cela

remplit le but désiré de ne pas laisser échapper l'air.

Ces ventilateurs refoulants exigent plus de force que les ventilateurs aspirants.

**Monte-charges.** — L'élévation par monte-charges ne peut se faire que lorsque le grain est ensaché. Le monte-charges à chaise est souvent employé, mais on lui préfère le tire-sacs constitué par une corde, une poulie et un treuil.

Ce treuil (dit à friction) est mis en mouvement pour faire monter le sac par une poulie dont la courroie de commande n'est pas constamment adhérente ; elle est en réalité un peu trop longue, de sorte que si l'on n'intervient pas, la poulie et le treuil ne tournent pas ; mais à l'aide d'un levier qu'on abat on peut produire la tension et par suite l'adhérence de la courroie. Alors le treuil tourne et fait monter le sac suspendu à la corde ; lorsque celui-ci est parvenu à l'extrémité de sa course, on arrête le mouvement en levant le levier, on détache le sac, et soulevant une dent de loup on tourne à la main le treuil pour faire redescendre la corde.

**Transports horizontaux.** — On peut les effectuer en sacs, à l'aide d'une toile sans fin, d'une vis d'Archimède, ou d'un ventilateur refoulant.

**Sacs.** — Lorsque le grain est en sacs, son transport horizontal se fait sur des diables.

**Toile sans fin.** — La toile sans fin (fig. 10) est formée d'une courroie de toile, de 200 à 1 000 millimètres, tendue, entre deux treuils horizontaux et parallèles de 400 à 1 000 millimètres de diamètre, par un poids suspendu au brin inférieur de la toile à l'aide d'un étrier ; la toile est soutenue entre les treuils par des rouleaux légè-

rement concaves, espacés de 2, 2 m. 50 et de 100 à

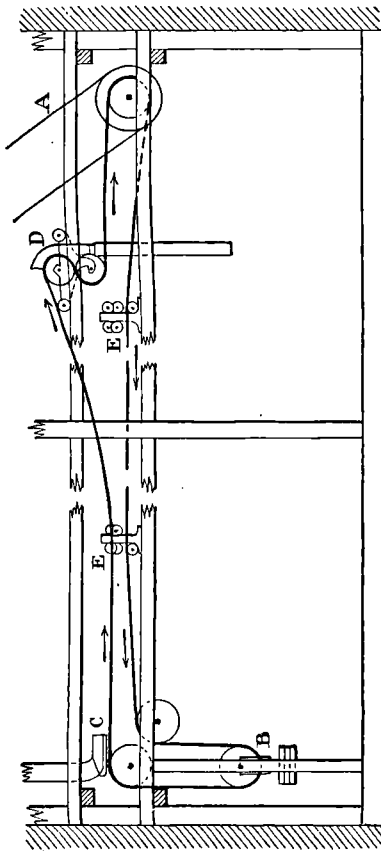


Fig. 10. — Toile sans fin.

200 millimètres de diamètre. Le mouvement est donné par l'un des treuils.

On peut, avec une pareille toile, transporter les grains à 30 ou 40 mètres ; il n'y a d'ailleurs que le  $\frac{1}{5}$  de la largeur qui soit occupé. Les grains sont distribués par un système spécial.

#### *Vis d'Archimède.*

— Ces vis ont de 150 à 480 millimètres de diamètre, leur pas est des  $\frac{4}{5}$  du diamètre. Elles font 35 à 60 tours à la minute ; les plus grosses sont les plus lentes. Une vis de 150 mil-

limètres transporte à l'heure 18-20 hectolitres. Une vis de 480 transporte 250-280 hectolitres.

**Ventilateur refoulant.** — Les ventilateurs refoulants peuvent déplacer les grains horizontalement.

Un ventilateur de 1 m. 5 de diamètre, faisant 1 250 tours à la minute, travaillant à 800 millimètres d'eau de pression, transporte horizontalement à l'heure 18 tonnes



avec une vitesse de 22 mètres à la minute. Mais il faut 30 chevaux de force.

**Transport dans les deux sens.** — En général on combine deux des appareils précédents. Cependant on peut, pour un mouvement oblique de descente, employer les canaux de chute si l'angle est inférieur à 60 centimètres et pour un mouvement oblique, d'ascension on peut employer les ventilateurs refoulants.

## NETTOYAGE DES GRAINS

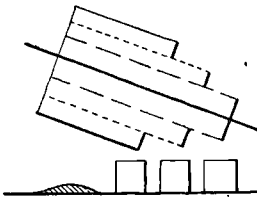
Le nettoyage est l'opération qui consiste à éliminer : 1° les impuretés telles que les pierres qui détérioreraient les appareils de broyage du malt ; 2° les impuretés capables d'amener l'altération des grains : poussières riches en moisissures ; grains avariés, cassés ; 3° les graines étrangères qui peuvent être nuisibles et qui sont toujours inutiles.

Enfin le nettoyage doit encore effectuer un classement des grains à travailler suivant leur grosseur ; ce triage a pour but de n'avoir dans une même opération que des grains germant simultanément.

On devrait, surtout pour les grains tendres, faire un nettoyage aussi parfait que possible ; en d'autres termes, on devrait procéder comme en meunerie.

On ne le fait pas, mais je résumerai cependant le mode opératoire du meunier, comme indication de l'idéal à atteindre au point de vue du maltage.

**Nettoyage en meunerie.** — Le tableau suivant résume les opérations en meunerie :

NATURE de l'opération.	DÉSIGNATION de l'appareil.	DESCRIPTION SUCCINCTE de l'appareil.
1 <sup>o</sup> Élimination des fétus.	Distributeur de grain sale.	<p>Le plus souvent, consiste en une sorte de chaîne à godets circulaires dont les godets sont de petites coupelles à fond arrondi, peu profondes et peu larges. Si un fétu se présente transversalement, il n'entre pas dans la coupelle; s'il se présente en longueur, il y plonge fort peu. De sorte que l'appareil étant enfermé dans une chambre ventilée, les fétus s'envolent laissant le grain se distribuer sur une trémie qui l'entraîne.</p>
2 <sup>o</sup> Élimination des mottes, des pierres, des pois, des fèvesoles.	Émoteur-Épierreur. (fig. 11)	<p>Trois cylindres concentriques, mobiles autour de leur axe incliné à 10°; le cylindre intérieur est perforé de trous ne retenant que les grosses impuretés; le cylindre du milieu arrête les grains, le cylindre extérieur ne laisse passer que les fines poussières.</p>  <p>Fig. 11.</p> <p>Le mélange à purifier est amené à l'intérieur du tambour interne par la base la plus élevée. La masse tend à descendre le long de ce tambour en décrivant une hélice. Les grosses impuretés restent sur le cylindre, mais les grains et les petites impuretés passent sur le deuxième tambour; les petites impuretés passent à leur tour sur le troisième tambour et y restent; les poussières traversent. On recueille à l'autre extrémité dans trois caisses différentes le résultat du triage. Pour rendre l'installation des caisses plus facile, les tambours sont d'autant plus courts qu'ils sont plus extérieurs.</p>
	Ou bien sasseur.	<p>C'est un crible à barreaux parallèles formant un plan incliné recevant une série de secousses latérales; le crible retient seulement les grosses impuretés. On introduit le grain par la partie haute; il tend à descendre le plan incliné, tout en recevant des secousses latérales.</p>

NATURE de l'opération.	DÉSIGNATION de l'appareil.	DESCRIPTION SUCCINCTE de l'appareil.
3 <sup>o</sup> Élimination des petites pierres de la grosseur des grains.	Épierreur. Table à secousses de Josse (fig. 12).	<p>C'est une table triangulaire, inclinée de la base au sommet, garnie d'un rebord et portant suivant la hauteur trois obstacles triangulaires ; aux trois sommets, des trous d'évacuation. La table est à secousses latérales. Le grain arrive sur la base de chaque côté de l'obstacle triangulaire ; par l'effet des secousses, le grain et les pierres rebondissent, mais les grains plus élastiques vont plus loin que les pierres.</p> <p>Si le grain rebondit suffisamment, il se réfléchit à nouveau sur le bord de la table, ce qui le dirige vers le trou d'évacuation de la base le plus voisin.</p> <p>Si le grain n'a pas rebondi suffisamment, à la secousse suivante, il est ramené à nouveau contre l'obstacle triangulaire d'où il se réfléchit pour la deuxième fois. Or, ici, il a plus de chances que tout à l'heure d'atteindre le bord de la table, car il en est plus près ; dans ce cas, il sera renvoyé vers l'orifice de sortie ; sinon, il frappera une troisième fois l'obstacle et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il soit évacué du côté de la base.</p> <p>Quant aux pierres, insuffisamment élastiques, elles sont toujours ramenées vers les obstacles triangulaires tout en descendant le plan incliné ; elles finissent par arriver à l'orifice du sommet d'où elles tombent dans une rigole qui l'entoure ; quelquefois des grains entraînés remontent à la surface des pierres dans la rigole, puis remontent le plan incliné et vont sortir en haut de la table.</p>

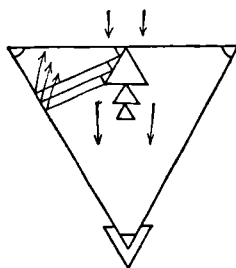
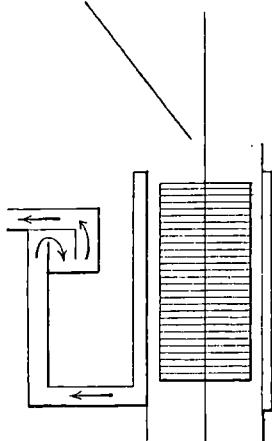
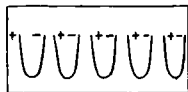


Fig. 12.

NATURE de l'opération.	DÉSIGNATION de l'appareil.	DESCRIPTION SUCCINCTE de l'appareil.
3 <sup>o</sup> Élimination des petites pierres de la gousseur des grains.	Ou bien Épierreur type Hignette.	Le grain tombe très lentement dans un canal en zigzag, les pierres tombent plus vite et tendent à se séparer vers le bas de l'appareil ; un aspirateur enlève le grain.
4 <sup>o</sup> Élimination des impuretés très fines et légères, en particulier des grains avortés.	Tarare.	C'est un crible placé dans un courant d'air qui enlève les impuretés fines et légères. Ordinairement le crible est formé de plusieurs tamis de grosseurs différentes disposés en chicane.
5 <sup>o</sup> Classement.	Trieurs.	<p><i>Type Pernollet.</i> — Cylindre incliné à 10° mobile autour de son axe. Il est perforé de trous appropriés au triage.</p> <p>En haut, une série de trous correspondent aux plus petits grains, puis ensuite des trous pour grains plus gros, etc. On introduit les grains à l'intérieur par la base la plus élevée. En dessous du cylindre des caisses reçoivent les différentes catégories.</p> <p>Cet appareil convient très bien pour les graines rondes ; mais, pour les graines allongées, il arrive que si la graine se présente parallèlement aux génératrices du cylindre, elle est arrêtée par le trou qui est destiné à la laisser passer.</p> <p><i>Type Marot.</i> — Identique, mais la tôle est perforée au fond d'alvéoles formant entonnoirs et dirigeant toujours le grain normalement à la surface du cylindre.</p>

NATURE de l'opération.	DÉSIGNATION de l'appareil.	DESCRIPTION SUCCINCTE de l'appareil.
5° Classement.	Tricieurs.	<p><i>Type à alvéoles.</i> — Cylindre frappé d'alvéoles de formes correspondant aux grains à classer. Un couteau intérieur rejette tout ce qui dépasse les alvéoles, ces grains vont sortir au point le plus bas du cylindre. Quant aux grains restés dans les alvéoles, après avoir fait une demi-révolution, ils tombent dans un encoche intérieure où une vis d'Archimède les entraîne.</p> 
6° Epuration (séparation des poussières adhérentes).	Épurateur.	<p><i>Type à ailettes.</i> — Le grain tombe lentement dans un cylindre en toile métallique. A l'intérieur un axe vertical fait tourner rapidement des ailettes qui projettent le grain sur la toile métallique, les poussières se détachent, passent à travers la toile et sont aspirées par un ventilateur.</p> <p><i>Type Eureka</i> (fig. 13). — Les ailettes sont remplacées par une brosse cylindrique.</p>
7° Elimination de la ferraille.	Purateur magnétique (fig. 14).	 <p>Plan incliné à 40°, sur lequel se trouve une série d'aimants.</p>

Enfin, en meunerie, on procède à l'élimination du germe,

mais il est évident que cette dernière opération n'est pas applicable au maltage.

Telle est la manière de faire de la meunerie, c'est celle qu'on devrait imiter en malterie, mais ce n'est pas celle qu'on applique.

**Nettoyage des grains à malter pour distillerie.**

— En distillerie, on procède différemment suivant qu'on a affaire à des grains tendres ou durs.

*Cas des grains tendres.* — On se sert : 1° de la table tremblante ; elle est formée de trois tamis inclinés et parallèles recevant un mouvement de va-et-vient latéral.

Le tamis supérieur a des trous qui ne retiennent que les fortes pierres ; celui du milieu retient les grains, le troisième ne laisse passer que les fines poussières.

Sur le tamis à grains, les orges folles ne descendent pas aussi vite que les grains pleins ; on les élimine par le côté.

2° A la suite de la table tremblante se trouve ordinairement un épurateur, par exemple un Eureka. Il faut remarquer que tous les ventilateurs qui aspirent des poussières doivent envoyer l'air dans des chambres à poussière pour permettre le dépôt de ces impuretés, car celle-ci sont inflammables dans un violent courant d'air.

*Cas des grains durs.* — En distillerie, le maïs est nettoyé en passant :

1° Dans un épurateur magnétique ;

2° Dans un émotteur épierreur formé seulement de deux cylindres : celui de l'intérieur est composé d'un grillage métallique qui retient les râfles, celui de l'extérieur retient le maïs et laisse passer les petites pierres ;

3° Dans un tarare (crible à courant d'air).

**Nettoyage des grains à malter pour brasserie.**  
— Souvent on se borne à un lavage précédant la trempe. Dans quelques malteries on se sert d'un appareil complexe qui n'est que la succession d'un émotteur, d'un tarare et d'un trieur à alvéoles.

Il serait à désirer au moins que l'usage de cet appareil se généralisât.

Pour donner une idée du résultat réalisé par ces appareils, je citerai le classement obtenu dans un bon et dans un mauvais travail.

		Bon travail.	Mauvais travail.		
		P. 100.	P. 100.		
Orge 1 <sup>re</sup> qualité.	} Allant au maltage .	{ 95,6	77		
» 2 <sup>o</sup> qualité .				{ 3,35	17,55
» 3 <sup>o</sup> qualité .					
Déchets . . . .	} Allant aux animaux. {	0,43	4,75		
Poussières . . . .				Inutilisées . . . . .	0,46
		0,16	0,36		

Pour donner une idée de la différence de valeur d'une orge utilisable et d'une orge mal nettoyée je citerai les expériences de Stauffer :

*100 kilogrammes de grains secs contiennent*

	GRAINS proprié- taires.	BALLES etc.	CENDRES			ALBUMI- NOÏDES
			Grains.	Balles.	Totales	
En orge utilisable.	88, 15	11, 85	1, 73	0, 91	2, 64	13, 03
En orge mal net- toyée . . . . .	83, 78	16, 22	1, 83	1, 17	2, 98	11, 34

### TREMPE

Le grain nettoyé est prêt pour le maltage ; nous savons que cette opération débute par la trempe.

Un grain a besoin, pour germer, d'eau, d'air et de chaleur.

La trempe a surtout pour but de fournir l'eau; mais elle intervient à d'autres points de vue : d'abord elle introduit également de l'air, car l'eau est aérée; ensuite elle produit un certain lavage des grains; enfin elle élimine du grain certains principes : en effet, l'eau de trempe devient jaune et amère et elle dégage une odeur de paille très prononcée.

Nous nous occuperons d'abord particulièrement de l'orge.

#### THÉORIE DE LA TREMPÉ

Pendant la trempe, le grain gonfle, le poids augmente; il se dégage de la chaleur, il y a élimination de certains principes par solubilité dans l'eau et sous forme de gaz carbonique; des produits nouveaux prennent naissance.

Pour établir la théorie de la trempe, il est évidemment nécessaire : 1° d'étudier les produits qui s'éliminent et 2° de comparer la composition primitive de l'orge et celle de l'orge trempée.

**Action extractive de l'eau.** — Il suffit de regarder une eau de trempe pour être convaincu qu'elle a enlevé certains produits à l'orge. Le fait, d'ailleurs, est également facile à constater par l'analyse. Différents auteurs l'ont mis en évidence comme le prouve le tableau suivant :

*Matières perdues à la trempe (p. 100 du poids de l'orge).*

	d'après Lermer	d'après Mulder	d'après Petit
	p. 100	p. 100	p. 100
Matières organiques.	0,7	0,39	0,24
Matières minérales .	0,34	0,18	0,46
Total. . . . .	1,04	0,57	0,70



Heinzelmann évalue même la perte totale à 1, 2 p. 100 ; elle serait d'après lui causée par une élimination de phosphate de potasse, de matières albuminoïdes, de dextrine. L'élimination de l'acide phosphorique atteindrait jusqu'au 1/5 du total.

*L'extraction dépend de la nature de l'eau. Eau douce et eau dure.* — L'eau douce enlève plus de matières solubles que l'eau dure. Cela résulte des expériences de Schneider qui sont résumées dans le tableau suivant, où figurent les *quantités supplémentaires* enlevées par l'eau douce relativement aux quantités enlevées par l'eau dure.

VARIÉTÉS d'orge.	1 <sup>o</sup> EAU DE TREMPE Après 12 h. En plus p. 100.		2 <sup>o</sup> EAU DE TREMPE Après 36 h. En plus p. 100.	
	Matières organiques.	Matières minérales.	Matières organiques.	Matières minérales.
6 rangs . .	+ 0,019	+ 0,020	+ 0,047	+ 0,033
4 rangs . .	+ 0,010	+ 0,013	+ 0,085	+ 0,036
2 rangs . .	— 0,003	+ 0,013	+ 0,076	+ 0,039
Chevalier. .	— 0,002	+ 0,013	+ 0,066	+ 0,049

Il est facile de voir que l'extraction des matières minérales faite par l'eau porte surtout sur l'acide phosphorique et la potasse. Ainsi voici une analyse des cendres d'une eau de trempé :

*Analyse des cendres d'une eau de trempé (Behrend et Stürcke).*

Acide phosphorique . . . . .	12,3	p. 100
Potasse . . . . .	57,4	»
Chlorure de sodium . . . . .	13,3	»
Magnésie . . . . .	4,43	»
Acide sulfurique . . . . .	4,55	»
Soude . . . . .	2,71	»
Chaux . . . . .	2,21	»
Silice . . . . .	2,89	»

L'eau de la première trempé contient en général plus de matières minérales que de matières organiques ; c'est souvent le contraire pour l'eau de deuxième trempé. En tout cas les proportions sont bien voisines.

*Expériences de Stauffer.*

50 grammes d'orge sont mis dans 60 centimètres cubes d'une eau.

NATURE de l'eau.	1 <sup>res</sup> 25 HEURES			20 HEURES APRÈS			24 HEURES APRÈS		
	Eau absorbée.	Matières inorganiques.	Matières organiques.	Eau absorbée.	Matières inorganiques.	Matières organiques.	Eau absorbée.	Matières inorganiques.	Matières organiques.
Distillée. . .	42	0,129	0,109	13,6	0,070	0,064	8	0,052	0,048
Eau de puits conten unt : 0,305 d'inorg. 0,120 d'org.	43	0,130	0,121	8	0,066	0,067	10	0,043	0,043
Eau salée, 1p. 100 . . . .									

Quoique nous devons entrer un peu plus loin dans le détail de l'action de l'eau, nous pouvons tout de suite expliquer ces résultats.

Dans la première eau de trempé, on élimine plus de matière minérale avec l'eau douce qu'avec l'eau dure, et cela quelle que soit la variété d'orge : c'est que le phosphate de potasse se dissout et ne se transforme pas en phosphate de chaux comme il le fait avec une eau dure.

En ce qui concerne les matières organiques, il y a, suivant les variétés, plus ou moins de matières dissoutes par l'eau douce que par l'eau dure. Cela tient probablement aux matières albuminoïdes. D'après Mills et Pettigrew, deux matières albuminoïdes de l'orge sont solubles dans l'eau douce, insolubles dans l'eau sulfatée,

et incomplètement solubles dans l'eau bicarbonatée; si ces matières albuminoïdes existaient en même quantité dans toutes les orges pour toutes les variétés, l'eau douce dissoudrait plus que l'eau dure. Mais si on admet que les variétés peu azotées (orges à deux rangs) contiennent moins de ces deux matières albuminoïdes, on conçoit facilement que, sous l'influence du bicarbonate de chaux, toujours en quantité importante du fait de l'eau, la totalité de ces deux albuminoïdes se dissolvent complètement comme par l'eau pure qui produit, par conséquent, dans ce cas, la même extraction que l'eau bicarbonatée.

De même, on comprend pourquoi les variétés riches en ces deux albuminoïdes ne perdront pas complètement ces deux matières par l'eau bicarbonatée qui causera par suite une extraction moins forte que l'eau pure.

D'après ce qui vient d'être dit le traitement des orges Chevalier par l'eau pure ou l'eau dure devrait donner la même extraction. Or, en réalité, l'eau dure extrait 0,003 p. 100 de plus.

Cela s'explique : la mucédine, matière insoluble dans l'eau, est soluble dans l'eau sulfatée.

Dans la deuxième eau de trempe, on constate que l'eau douce a la prépondérance pour les matières organiques; ce n'est pas étonnant, car pendant la fin de la trempe il se forme des acides organiques dont certains, en présence de la chaux, tendent à devenir insolubles.

La prépondérance de l'eau douce pour les sels minéraux s'explique également par la non-formation de phosphate de chaux insoluble.

**Étude détaillée des réactions produites par l'eau de trempe.** — D'après ce que nous venons de voir l'eau pure n'agit pas comme l'eau dure; pour comprendre ce qui se passe, il convient d'étudier l'action de chacune des matières présentes dans l'eau :

1° *Sels de chaux en général.* — Ils forment du phosphate insoluble de chaux  $(\text{PhO}^4)^2\text{Ca}^3$  aux dépens du phosphate acide de potassium  $\text{PhO}^4\text{H}^2\text{K}$  qui existe dans l'orge. Il résulte de ce fait deux conséquences : la perte à la trempe par une eau calcaire est moindre qu'avec l'eau pure, et le moût reste plus riche en acide phosphorique au moment de la fermentation, car nous verrons plus loin qu'une partie de ce phosphate insoluble se solubilise à la germination.

Cette transformation du phosphate de potasse en phosphate de chaux a lieu entre des proportions déterminées du sel de potasse et de la chaux ; il résulte de cette remarque que pour une orge déterminée il faut une eau contenant une dose de chaux déterminée.

On ne peut rien dire de général sur la teneur des eaux en chaux, puisque cela dépend de la teneur en acide phosphorique de l'orge ; cependant une eau moyennement dure (de 15 à 20 degrés hydrotimétriques) conviendra toujours mieux qu'une eau douce.

2° *Effet particulier du bicarbonate de chaux.* — Outre l'action générale des sels de chaux, le bicarbonate a deux effets particuliers. D'abord, il enlève moins de matières azotées que l'eau douce, car certains albuminoïdes, solubles dans l'eau pure, le sont moins dans l'eau bicarbonatée. Ensuite, comme pendant la trempe il y a des fermentations dégageant de l'ammoniaque, celle-ci décompose le bicarbonate de chaux, en carbonate. Il en résulte un dépôt supplémentaire de chaux sur l'orge.

3° *Effet particulier du sulfate de chaux.* — Il agit d'abord comme sel de chaux et son action est même plus complète que celle du bicarbonate, parce que le phosphate de chaux est plus insoluble dans le sulfate que dans le bicarbonate de chaux.

Quant à l'action sur les matières albuminoïdes, elle est complexe : d'une part le sulfate de chaux ne dissout pas

deux des matières albuminoïdes solubles dans l'eau pure, mais d'autre part il dissout la mucédine insoluble dans l'eau.

Comme résultante de ces deux effets, les eaux sulfatées enlèvent plus d'azote que les eaux pures. Si les eaux dures produisent un effet contraire, c'est qu'il y a à côté du sulfate de chaux d'autres sels, comme par exemple le bicarbonate.

3° *Effet particulier du chlorure de calcium.* — Il n'a rien de spécial.

4° *Sels de magnésie en général.* — Ils agissent comme les sels de chaux sur le phosphate de potasse. On ne sait pas exactement leur mode d'action sur les albuminoïdes.

L'ammoniaque provenant de fermentations pendant la trempé décompose bien le bicarbonate de magnésie en carbonate. Mais le résultat obtenu est tout différent de celui que la chaux produit parce que le carbonate de magnésie est soluble dans l'ammoniaque.

5° *Action des sels de fer.* — Ils formeront comme les sels de chaux un phosphate insoluble. Mais ce phosphate n'est pas facilement solubilisable à la germination et pendant la fermentation. L'acide phosphorique est donc perdu.

6° *Sels alcalins.* — Le carbonate de potasse enlève plus d'azote que l'eau pure.

Le chlorure de sodium allonge la durée de la trempé (Lintner); ainsi, une eau à  $\frac{3}{10,000}$  de NaCl a demandé une opération de 85 heures.

Une eau à  $\frac{5}{10,000}$  de NaCl a nécessité une opération de 101 h.

**Eau aérée.** — D'après Schneider, l'eau aérée, qui d'ailleurs est favorable à la germination, enlève plus de matières à l'orge que l'eau non aérée. Ainsi :

Une orge trempée 48 heures

Dans de l'eau bouillie a laissé un résidu dans la deuxième eau de trempé (1) de 0,25 p. 100 dont . . . . .	}	0,101 d'albuminoïdes.
		0,024 de matières minérales.
Dans de l'eau ordinaire a laissé un résidu dans la deuxième eau de trempé (1) de 0,34 p. 100 dont . . . . .	}	0,127 d'albuminoïdes.
		0,029 de matières minérales.

*L'action extractive dépend de la grosseur des grains.*

— Les gros grains paraissent perdre moins que les petits : c'est peut-être une conséquence de la moindre surface de contact.

Voici des expériences de Behrend qui tendent à prouver ce fait :

*Expériences de Behrend.*

	POIDS de 1 000 grains en grammes.	P. 100 DE MATIÈRES EXTRAITES par l'eau de trempé.		
		Matières organiques.	Matières minérales.	Matières totales.
O. de Saal . .	47,48	0,2291	0,2246	0,4537
O. de Bohême.	42,40	0,2462	0,2703	0,5165
O. de Hongrie.	39,56	0,3426	0,3227	0,6653

*Malgré l'extraction, le poids du grain augmente.* — Malgré l'extraction, le poids du grain augmente de 45 à 58 p. 100, mais il ne faut pas dépasser 50 p. 100 sous peine d'altérer fortement le pouvoir germinatif.

Lorsqu'une orge à 14 p. 100 d'eau augmente de 50

---

(1) Ajoutons que la première orge, après 12 jours de germination, avait 5 p. 100 de grains non germés, et a donné 59 p. 100 d'extrait, tandis que la deuxième, après 10 jours de germination, n'avait que 4 p. 100 de grains non germés et a donné 61,4 p. 100 d'extrait.

p. 100 par la trempe, elle possède alors une humidité  $x$  telle que :

$$\frac{14 + 50}{100 + 50} = \frac{x}{100} \quad \text{d'où } x = \frac{640}{15} = 42,66.$$

**Choix de l'eau à adopter.** — De tout ce qui précède, on peut déduire la composition recommandable pour une eau de trempe. Elle devra être aérée, contenir la dose de chaux qui correspond à la nature de l'orge à travailler, ne pas contenir un excès de carbonate de potasse et de chlorure de sodium, n'être à aucun titre ferrugineuse.

Elle devra être sans mauvaise odeur et en particulier ne pas tenir d'acide sulfhydrique.

D'ailleurs celui-ci provient ordinairement de putréfactions, et l'eau de trempe ne doit pas être putréfiée, sous peine de déposer sur l'orge quantité de microbes dangereux pour l'avenir du travail.

Par conséquent, l'eau ne contiendra pas un excès de matières organiques; il n'y en aura pas plus que l'équivalent de 0 gr. 040 d'acide oxalique par litre; c'est d'ailleurs plus du double de ce qui est toléré dans une eau potable.

Autrefois on rejetait de la trempe les eaux contenant des nitrates et des nitrites qu'on considérait comme des produits d'altération. Mais ce sont les produits directs de la transformation des matières azotées du sol; de plus Mills et Pettigrew ont montré que les nitrates sont favorables à la germination.

Enfin il faut dire la même chose de l'ammoniaque.

**Étude comparative de la composition primitive de l'orge et de celle de l'orge trempée.** — Nous savons déjà que l'on extrait de l'orge de la matière organique et des sels.

Ces sels sont surtout du phosphate acide de potassium. Il y a donc dans l'orge trempée un déficit d'acide phos-

phorique et de potasse. Nous savons de plus qu'il y a introduction de chaux et de magnésie dans le grain, mais il y a aussi élimination possible.

Au point de vue de la matière organique, l'eau enlève de la matière albuminoïde ; ce qui reste a-t-il subi une transformation ?

On l'ignore ; l'expérience suivante ne prouve rien, malgré son apparence.

Sur 100 parties de matières azotées, l'orge contenait :

- 5 à l'état d'amides ;
- 8,1 à l'état d'albuminoïdes solubles ;
- 86,9 à l'état d'albuminoïdes insolubles.

Et l'orge trempée :

- 5,6 à l'état d'amides ;
- 5,1 à l'état d'albuminoïdes solubles ;
- 89,3 à l'état d'albuminoïdes insolubles.

Cela ne veut pas dire que des matières albuminoïdes solubles sont devenues insolubles (1) ; cela signifie qu'il y a eu extraction de matières solubles, ce que nous savons d'autre part.

En ce qui concerne les matières hydrocarbonées il y a certainement des modifications.

D'abord la respiration du grain a lieu, le dégagement d'acide carbonique le prouve, et un peu d'amidon est détruit.

De plus on trouve, dans l'eau d'extraction, de la dextrine, qui provient en grande partie sans doute de celle préexistante dans l'orge ; il est peu probable qu'elle soit le résultat d'une action diastasique, mais, peut-être, une partie de cette dextrine provient-elle de l'action sur l'amidon des acides qui se forment.

---

(1) Car 100 de matières azotées de l'orge trempée proviennent de plus de 100 de matières azotées de l'orge.



D'après Petit, il se forme de la saccharose pendant la trempe.

L'eau de trempe contient des acides organiques, en particulier de l'acide succinique et des acides volatils. À côté de ces acides se trouve toujours du phosphate acide de calcium qui paraît résulter de l'action des acides organiques, soit sur le phosphate tricalcique de l'intérieur du grain, soit sur le mélange de phosphate acide de potassium et des sels de chaux qui existent naturellement dans l'eau de trempe.

Il faut donc qu'il y ait à l'intérieur des grains trempés des acides organiques; mais à ce sujet on a beaucoup discuté : les uns croient que dans l'orge trempée il y a plus d'acides organiques, qu'il n'en faut pour réagir sur le phosphate tricalcique (plus de quatre molécules d'acides monobasiques par molécule de phosphate). Les autres pensent que c'est le contraire qui a lieu. Les premiers croient donc qu'à l'intérieur de l'orge trempée il y a des acides organiques libres, des sels organiques de chaux et du phosphate acide; les autres considèrent qu'il y a, au contraire, des sels organiques de chaux, du phosphate acide et du phosphate tricalcique, et ils s'imaginent le prouver en établissant que toute l'acidité est égale à l'acidité produite par le phosphate acide de chaux.

Ces différentes opinions sont vraisemblablement aussi justifiées l'une que l'autre, car on peut avoir par le premier effet de la trempe sur l'orge plus ou moins de phosphate de chaux suivant la teneur du grain en acide phosphorique et suivant la dureté de l'eau.

En tout cas, les derniers auteurs vont peut-être un peu loin en certifiant que, dans le grain, la totalité de l'acide organique décompose tout ce qu'il peut de phosphate de chaux.

Ce que les auteurs ont constaté réellement, c'est que,

dans les extraits de grains qu'ils ont analysés, l'état des corps était celui qu'ils indiquent.

Mais il se pourrait que la réaction prit naissance ou qu'elle s'achevât pendant l'extraction et qu'elle fût nulle ou incomplète dans le grain.

On ne peut même pas voir une probabilité, en faveur d'une réaction même partielle, dans ce fait que l'eau de trempé contient du phosphate acide de chaux, car il pourrait s'en former après coup dans l'eau, par suite de la présence simultanée de phosphate acide de potassium, de sels de chaux et d'acides organiques dissous en nature.

Ce qui rend peu vraisemblable la totalité de la réaction, c'est que Prior a pu extraire de l'orge trempée des acides libres (1) (et non des sels de chaux) par le chloroforme à froid.

De cet extrait il tire les acides volatils par distillation dans la vapeur, et les acides fixes par dissolution dans un mélange de 15 p. 100 d'alcool et de 85 p. 100 d'éther.

De ses expériences Prior a conclu que, pendant la trempé, les acides fixes augmentent non seulement d'une manière relative (le poids total de matière sèche diminuant) mais d'une manière absolue, et cela malgré ce qui passe dans l'eau.

Les acides volatils diminuent, ainsi que les phosphates acides.

Il peut arriver que, quoique les phosphates acides diminuent dans l'orge trempée, le titre en acide phosphorique croisse. Cela tient à ce que le poids de la matière sèche de l'orge diminue. Il peut en effet se faire que le rapport :

$$\frac{\text{acide phosphorique éliminé} + \text{acide phosphorique restant}}{\text{matière soluble éliminée} + \text{résidu}}$$

---

(1) Mais il y en a fort peu et encore faut-il tenir compte des fermentations bactériennes superficielles qui peuvent avoir lieu avant l'application du chloroforme.

soit plus grand ou plus petit que le rapport :

$$\frac{\text{acide phosphorique restant}}{\text{résidu}}$$

En résumé, pendant la trempe, une partie de l'acide phosphorique est éliminée à l'état de phosphate de potasse, et une autre à l'état de phosphate acide de chaux.

L'eau cède de la chaux que l'on retrouve dans le grain probablement à l'état de phosphate acide de chaux et de sels organiques de chaux ;

De l'amidon brûlé ;

Il se forme de la saccharose ;

Il se produit des acides volatils, dont la plus grande partie se retrouve dans l'eau libre ou à l'état de sels de chaux. Il se forme des acides fixes dont le grain retient une forte proportion soit libre, soit à l'état de sels de chaux ;

Enfin une partie des matières albuminoïdes se dissout et passe dans l'eau.

Si on ajoute à ces phénomènes l'échauffement, le dégagement d'acide carbonique, le gonflement et l'augmentation de poids, on aura dit tout ce que l'on sait de la question et, il faut l'avouer, c'est peu de chose.

#### DURÉE DE LA TREMPE

La durée de la trempe dépend de l'état de l'orge, de la nature de l'eau et de la température.

**Influence de l'état de l'orge.** — L'état de l'orge intervient :

1° *Par la nature du grain.* Suivant qu'il est tendre ou dur, que les balles sont épaisses, qu'il provient d'un terrain ou d'un autre (les terres lourdes donnent des orges

difficiles à tremper), la durée de la trempé doit varier.

2° *Par l'humidité du grain* qui dépend surtout du climat et de la durée du magasinage.

3° *Par la perfection du triage au point de vue de la grosseur.* En effet, si on a des grains inégaux, de deux choses l'une, ou bien on attend que tous les grains aient au moins la teneur en eau désirée, et alors il y a des grains trop trempés, ou bien on s'arrête lorsque les grains les plus avancés sont convenablement mouillés, et alors les autres sont incomplètement trempés.

C'est cette dernière manière de faire qu'il convient d'adopter, quitte à arroser l'orge pendant la germination.

**Influence de l'eau.** — Quand l'eau est peu calcaire, la trempé est plus rapide. Ainsi à Munich où l'eau est très dure, en hiver la trempé dure de 100 à 120 heures, tandis qu'ordinairement elle varie de 70 à 100 heures.

**Influence de la température.** — Si la température est élevée la trempé va plus vite. (Il faut d'ailleurs remarquer que la trempé dégage de la chaleur.)

Aussi en été la durée d'une trempé sera par exemple de 36-48 heures et en hiver de 70-100 heures.

#### TEMPÉRATURE DE LA TREMPÉ

Il convient d'adopter 15°; plus haut, la trempé est trop rapide, le grain est épuisé, le pouvoir germinatif diminué; plus bas, la trempé est ralentie et c'est une perte de temps.

**CONCLUSION.** — La conclusion de ce qui précède est que, pour tremper une orge, il faut opérer avec une eau

convenant à l'orge à 15°, pendant un temps qu'il n'est pas possible de déterminer à l'avance.

En réalité, on arrête la trempe quand le grain présente les caractères suivants.

Caractères de l'orge bien trempée. — 1° Saisi par les pointes entre le pouce et l'index, le grain ne pique plus, se plie, se crève et la pellicule se détache de l'amande.

2° Frottée sur l'ongle, la pellicule se détache.

3° Frotté sur une table le grain coupé laisse une trace blanche comme de la craie.

4° Serré entre les dents, le grain ne se coupe pas, l'amidon s'écoule des deux côtés.

5° Si on fait une coupe du grain, on trouve au centre de l'amande une tache grosse comme une tête d'épingle, non trempée, d'aspect huileux. On peut, par des expériences simples, déterminer le moment où la trempe prend fin.

1° On pèse avant la trempe 1000 grains, de temps en temps on prélève 1000 nouveaux grains, on les essuie dans du papier filtre, on les pèse et on arrête l'opération lorsque l'augmentation de poids est de 48-50 p. 100.

2° On enferme 10 kilogrammes de grain dans un panier perforé, on pèse le tout, on place le panier dans le trempoir et on pèse de temps en temps, on arrête lorsque l'augmentation de poids correspond à 54-55 p. 100 du poids de l'orge (pour tenir compte de l'eau adhérente au panier on prend un poids trop fort).

Orge mal trempée. — 1° L'orge trop trempée, dont le grain est complètement mouillé jusqu'au centre, et qui se met en bouillie quand on le coupe, a le défaut de germer inégalement. Certains grains ont déjà des feuilles alors que d'autres sont en retard.

2° L'orge insuffisamment trempée est plus dure que l'orge bien trempée. Elle n'a d'ailleurs que l'inconvénient de sécher trop vite au germoir. On peut parer à ce défaut en arrosant les couches en germination.

#### TECHNIQUE DE LA TREMPE DE L'ORGE

Après avoir étudié théoriquement l'opération de la trempé de l'orge, il nous reste à en décrire la technique. Nous parlerons d'abord des appareils et ensuite du manuel opératoire.

**Trempoirs ou cuves mouilloires.** — L'appareil qui sert à la trempé s'appelle trempoir en distillerie et cuve mouilloire en brasserie. Il est ordinairement placé entre l'étage du nettoyage et la cave de germination.

*Type primitif.* 1° *Construction.* — L'appareil se fait en pierre, en ardoises, en ciment, en bois. Suivant la matière et la taille, on lui donne la forme d'un cylindre terminé par un cône ou la forme d'un parallépipède (pierre, ardoise, fer de grande capacité). On doit éviter les formes trop élevées qui gênent l'action de l'air et qui produisent au fond une pression d'eau notablement supérieure à celle exercée à la surface. Cette différence de pression entraîne une certaine inégalité dans la trempé. Deux mètres peuvent être considéré comme le maximum de hauteur convenable.

Le trempoir est muni à la partie supérieure d'un trop-plein que l'on peut ouvrir ou fermer et qui laisse écouler l'excès d'eau, qui doit être conduit à un égout d'évacuation.

Le trempoir cylindro-conique a un faux fond perforé (fig. 15) qui permet le soutirage de l'eau, sans l'entraînement de l'orge. Ce faux fond est chavirable, de manière à

permettre la vidange de l'orge, ou bien il est conique et un tampon ferme du même coup le faux fond et le fond. Quelquefois le faux fond est remplacé par un tube central

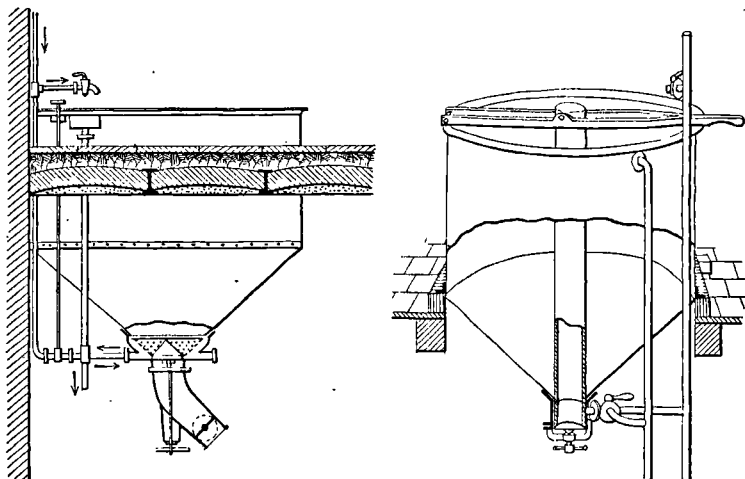


Fig. 15 et 16. — Trempoir cylindro-conique.

perforé (fig. 16) que l'on peut enlever au moment de la vidange.

Il faut remarquer qu'en général l'eau est envoyée par le bas et qu'elle prend de la vitesse dans les trous du faux fond ou du tube, ce qui est favorable à la séparation des poussières. — Les trous vont en se rétrécissant du dessous au dessus.

Dans les cuves à section rectangulaire (fig. 17), le fond est trop large pour être muni d'un faux fond chavirable. Ordinairement le faux fond ne recouvre qu'une partie du fond; la vidange se fait alors soit en jetant l'orge par-dessus bord, soit par une vanne spéciale placée dans le véritable fond.

L'eau arrive ordinairement par le bas, amenée par un tuyau convenable et un robinet qui est le plus souvent à

trois voies et qui sert en même temps pour la vidange et le remplissage.

Cependant, on remplit quelquefois les trempoirs (fig. 18) à section carrée par une pluie d'eau déversée à l'aide de rampes perforées placées au-dessus de la cuve. Dans

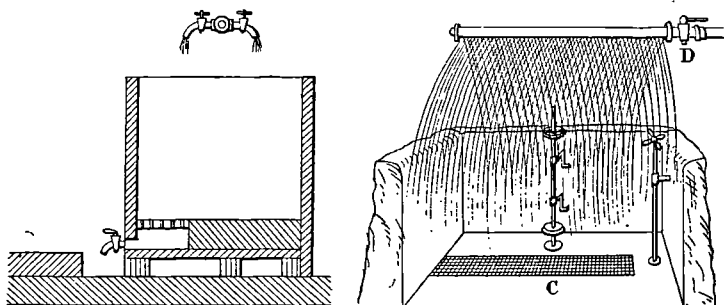


Fig. 17 et 18. — Trempoir rectangulaire.

ce cas, l'eau est plus aérée que dans la méthode précédente.

2° *Capacité.* — Elle dépend d'abord de la quantité d'orge à mettre en œuvre.

Elle se calcule d'après les données que voici :

100 kilogrammes d'orge représentent à sec 150 litres ; mais trempés, ils donnent 210-225 litres. On prend ordinairement 300 litres. Cependant pour les très grands trempoirs on peut adopter un chiffre moindre, par exemple 280. Quant au nombre des trempoirs, cela dépend de la durée de la trempe et de la germination. Si la trempe dure trois jours et la germination huit jours on prend trois trempoirs. Cela veut dire que le volume de trempoir n'est pas limité.

3° *Quantité d'eau.* — 100 kilogrammes d'orge représentent 150 litres ; on les met dans un trempoir de 300 litres, ce serait donc moins de 150 litres d'eau à introduire, s'il n'y avait les vides ; de plus on fait débor-



der ; on peut en réalité utiliser 200 litres. L'orge gonfle et prend le volume 210-225 litres, en absorbant 50 litres d'eau. Il en reste 100 qui vont être jetés.

A partir de là, à chaque remplissage on mettra 300-210 = 90 litres d'eau. Si on fait six ou sept changements d'eau, on dépensera 540 à 630 litres qui, avec les 200 primitifs, font 740 à 830 litres. Il faut donc compter sur huit hectolitres et demi d'eau par quintal de grains. Pratiquement on prend 10 hectolitres.

*Types de trempoirs perfectionnés.* — Dans le but de perfectionner le lavage produit par la trempe, on a ajouté au trempoir soit un système d'agitation, soit un appareil supplémentaire.

*Systèmes d'agitation.* — Même en brasserie, où l'on soigne moins le lavage qu'en distillerie, on ajoute souvent un système d'agitation. Il y en a de deux sortes, les systèmes mécaniques et les systèmes à air comprimé.

*Systèmes mécaniques.* — 1° Souvent on adapte à la cuve mouilloire ou au trempoir un agitateur formé d'un arbre vertical tournant à l'aide d'une manivelle, et de deux bras dont les axes de symétrie sont perpendiculaires à l'arbre, et dont les plans sont inclinés à 45° de bas en haut et d'avant en arrière par rapport au sens du mouvement. De temps en temps et surtout avant les changements d'eau on fait tourner la manivelle.

2° Dans le système Riebe, l'agitation est produite par une série de peignes verticaux fixés verticalement aux rayons d'une roue horizontale tournant dans le liquide.

L'appareil est assez compliqué, parce que pour éviter qu'au moment de la vidange des grains restent sur la face supérieure de la roue, celle-ci peut se redresser verticalement.

3° Dans un des appareils imaginés par Bergmüller, le trempoir est complété par deux brosses formant laminoir. Au moment des rinçages, on fait tourner les brosses et couler l'eau très lentement, d'une manière continue, jusqu'à ce qu'elle soit claire.

Ces brosses risquent moins de casser les grains que les ailettes des agitateurs.

*Système à injection d'air comprimé.* — Mais il vaut mieux employer le système à air comprimé.

1° Ce système également utilisé en distillerie et en brasserie est ordinairement appliqué de la manière suivante (fig. 19) :

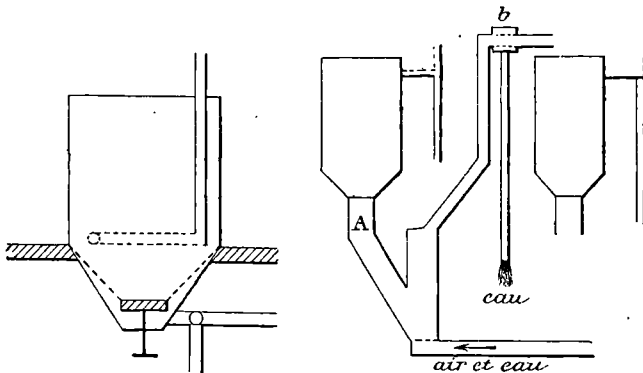


Fig. 19 et 20. — Injection d'air comprimé.

Un tube à air comprimé plonge dans le trempoir en venant du haut pour ne pas gêner les manœuvres de vidange, ce tube se recourbe en couronne vers le fond de l'appareil. Cette couronne est percée de trous par où l'air s'échappe dans tous les sens.

2° Dans ces derniers temps Bergmüller a indiqué une nouvelle disposition pour l'application de l'air comprimé (fig. 20).

Une des particularités du système, c'est que plusieurs

trempoirs sont montés en batterie, de manière à faire un lavage méthodique.

Le tube qui conduit l'orge de la partie inférieure d'un trempoir à la partie supérieure du suivant part d'une chambre à air cylindrique A, garnie à la partie inférieure d'un faux fond.

Au-dessous de ce faux fond on peut injecter de l'air et de l'eau.

Veut-on envoyer l'orge d'un trempoir dans le suivant : après avoir évacué l'eau du trempoir abandonné, on laisse tomber l'orge ; celle-ci se rend dans la chambre à air, où elle est saisie par les tourbillons créés par l'eau et l'air injectés.

Puis elle est entraînée jusqu'au haut du tube de communication qui, avant de pénétrer dans le trempoir suivant, est perforé de manière à permettre l'évacuation de l'eau sale que recueille ensuite une deuxième enveloppe *b* communiquant avec l'égout.

Les trempoirs sont tous munis d'un trop-plein garni d'un panier pour arrêter les orges folles.

**Appareils de lavage.** — Quelquefois, on améliore le lavage en ajoutant au trempoir un appareil supplémentaire.

Certains de ces appareils précèdent le trempoir, d'autres le suivent. On a parlé de laveurs dans le vide ou dans l'air raréfié sous prétexte de retarder la germination ; l'expérience n'ayant pas prononcé, nous n'en parlerons pas.

Parmi les appareils précédant le trempoir nous citerons les suivants.

**Appareils de lavage antérieurs à la trempe.** 1° *Le laveur proprement dit.* — Il est formé d'une bêche horizontale (fig. 21) où court l'eau de lavage (de la gauche à la droite), et dans laquelle plonge, sur un tiers de sa lon-

gueur, une auge perforée et inclinée, partant de la droite de la bêche et remontant vers la gauche.

Dans cette auge tourne une vis d'Archimède.

L'orge arrive à droite de l'auge, et dans la partie où

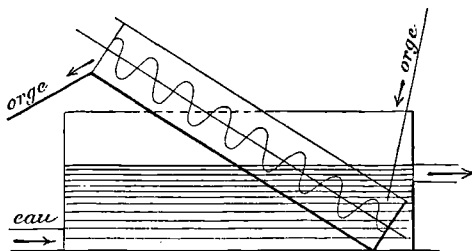


Fig. 21. — Laveur.

cette auge est baignée, elle subit un lavage, tout en étant entraînée par la vis ; celle-ci fait avancer l'orge vers la partie non baignée de l'auge ; dès lors le grain s'essore avant de quitter l'appareil.

2° *Laveur Kock* (fig. 22). — Il se compose d'une bêche horizontale, dans laquelle plonge une auge demi-cylindrique légèrement inclinée.

Dans cette auge tournent de sens contraire deux arbres parallèles garnis de palettes obliques disposées en hélice assez serrée *a*.

L'orge arrive par l'extrémité la plus haute de l'auge, est distribuée par deux petits trous qui la dirigent contre les bords latéraux.

L'eau est amenée contre ces bords par des rampes à pluie *m*.

L'orge est entraînée par le mouvement des bras ; lorsqu'elle arrive à l'extrémité de l'appareil, les derniers bras la frottent contre des brosses *h* fixées aux bords de l'auge.

Enfin un courant d'eau spécial l'entraîne vers l'orifice de sortie.

On peut débiter jusqu'à 100 kilogrammes par minute.  
 3° Dans les fabriques de levure où l'on soigne particu-

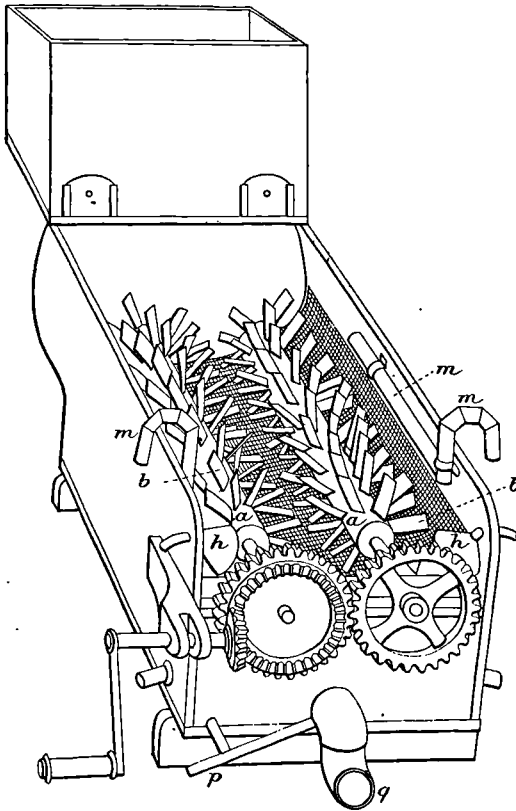


Fig. 22. — Laveur Kock.

lièrement le lavage, on emploie souvent l'appareil *Amanduskall* ou un dérivé.

Cet appareil se compose (fig. 23) :

D'un plan incliné P où glissent l'eau et l'orge ;

D'un laveur constitué par un tambour perforé horizontal T, garni de chicanes obligeant le grain à décrire une hélice ;

D'une sorte de turbine composée d'un tronc de cône en toile métallique C (la petite base en haut), où tourne une vis conique V ;

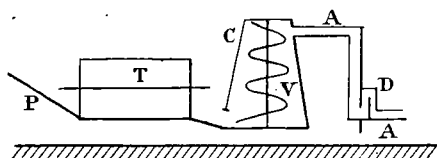


Fig. 23. — Appareil Amanduskall.

D'un courant d'air aspirant A qui prend l'orge à la sortie et la dépose dans une chambre de dépôt D.

On comprend l'appareil à première vue, c'est un système de lavage par frottement des grains dans le tambour suivi d'un essorage dans le cône.

**Appareils de lavage postérieurs à la trempé.** — Parmi ces appareils nous citerons :

1° L'appareil *Weismüller*, qui se compose (fig. 24) :

D'une bûche pleine d'eau ;

D'un tambour à axe incliné, plongeant par la partie inférieure dans la bûche, mais dépassant le niveau de l'eau. Ce tambour est formé de deux parois concentriques perforées, entre lesquelles circule une lame hélicoïdale également perforée.

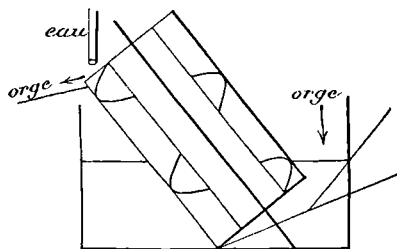


Fig. 24. — Appareil Weismüller.

L'orge arrive par le bas du tambour, et le parcourt en suivant la lame hélicoïdale ; l'eau fraîche pénètre par le tambour à la partie supérieure de la vis, et ramène en arrière les orges folles et les balles.

On voit que le tambour constitue par sa partie inférieure un véritable laveur, et par sa partie supérieure un rinceur.

Ordinairement l'appareil est suivi d'un deuxième trempoir.

2° *Appareil Braün* (fig. 25).

C'est un tambour rotatif autour de son axe, dont le mouvement est donné par la périphérie, à l'aide d'une courroie.

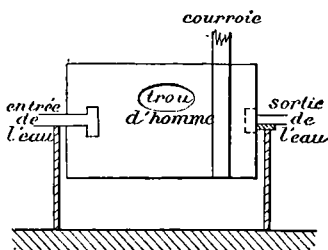


Fig. 25. — Appareil Braün.

Un courant d'eau y coule d'une manière continue pendant qu'on fait tourner l'appareil rempli d'orge à peu près à moitié.

Cet appareil peut servir de trempoir.

**Manuel opératoire de la trempe.** — Il nous reste à indiquer la manière d'utiliser les trempoirs. Nous parlerons d'abord de la méthode courante, puis des variantes.

**Méthode courante.** — Les opérations à effectuer sont :

1° Remplir le trempoir d'eau.

2° Verser l'orge en remuant l'eau avec les agitateurs s'il y en a, ou avec un rable.

Cela permet aux orges folles de venir surnager et d'être évacuées par le trop-plein, lorsque celui-ci sera ouvert. Il faut laisser entre le niveau du trop-plein et celui de l'orge environ 10 centimètres de manière à avoir toujours au-dessus de l'orge une couche d'eau empêchant l'action de l'air et, par suite, la germination des couches supérieures.

3° Dès que l'orge est recouverte d'eau, on arrête l'agi-

tation, on ouvre le trop-plein et on envoie l'eau par le bas. Il ne faut pas attendre pour effectuer la décantation, car alors les orges folles seraient imbibées d'eau et tombées au fond.

4° On poursuit cette décantation jusqu'à ce que toute l'eau primitive du trempoir soit déplacée et que l'appareil se trouve rempli d'eau nouvelle.

5° Six heures après, on agite la masse, on décante à nouveau et on remplace l'eau pour la deuxième fois.

6° Deux heures après, on élimine l'eau par *soutirage* et on la remplace pour la troisième fois.

7° A partir de là on remplace l'eau toutes les huit, douze, vingt-quatre heures, suivant la température de l'eau (eau très chaude, eau moyennement chaude, eau très froide). Comme la durée est d'autant plus courte que l'eau est plus chaude cela représente trois ou quatre nouveaux changements quelle que soit la température. — Soit en tout six ou sept changements.

Ces changements sont nécessaires, car l'eau chargée de matières organiques est corrompible. Il vaut mieux changer l'eau trop souvent plutôt que trop rarement ; dans ce cas, le seul inconvénient est d'épuiser un peu trop le grain.

8° Lorsque la trempe est terminée, ce que l'on reconnaît aux caractères indiqués antérieurement, on rince plusieurs fois avec de l'eau aérée. Si le trempoir est disposé pour recevoir à la fois l'eau par le bas et par le haut, il faut alors se servir de l'arrivée d'eau supérieure.

**Variantes. Emploi des antiseptiques.** — Parmi les nombreuses variantes apportées à la méthode générale, il faut citer l'emploi des antiseptiques. Ils sont d'une certaine utilité, surtout pour les germinations un peu longues, car ils tuent les microorganismes de la pellicule de l'orge, en empêchent le développement au germe et



plus tard dans les moûts. Mais il ne faut mettre ces produits que dans les premières eaux de trempe, car ils peuvent gêner la germination, et en tout cas ils passent dans le moût dont ils gênent la fermentation. De plus les uns risquent de rester dans le moût. ce qui est fâcheux en matière de bière ; les autres risquent de passer dans l'alcool, ce qui est déplorable en matière de distillerie.

Heinzelmann a proposé l'emploi de l'acide salicylique (20 grammes par hectolitre d'eau) ; Märker recommande l'addition de 3 litres de bisulfite de chaux par mètre cube d'eau. Cet antiseptique est bon pour les orges avariées que l'on doit faire germer lentement.

En ce qui concerne le formol, les expériences de Windisch montrent que son emploi doit être très restreint et que, surtout pour lui, il faut ne le mettre que dans les premières eaux.

En effet, vingt-quatre heures de trempe avec une eau à 0,02 p. 100 de formol produit un effet favorable sur la germination pour l'avoine seule ;

A 0,08 p. 100 de formol seule l'avoine n'est pas gênée ;

A 0,12 p. 100 de formol tous les grains sont gênés ;

A 0,40 p. 100 de formol toute la germination est arrêtée.

On voit qu'en particulier pour l'orge il ne faut pas prolonger l'action d'une dose de  $\frac{8}{10\ 000}$  pendant vingt-quatre heures.

**Emploi de l'acide sulfureux.** — On a préconisé également l'acide sulfureux, à la dose de 0 gr. 02 à 0 gr. 05 d'acide sulfureux par litre (indépendamment de l'acide sulfureux réagissant sur les carbonates).

Le traitement se fait encore dans une des premières eaux.

Il semble avoir pour effet une diminution de la durée de la trempe (8 ou 10 heures) ; c'est sans doute une consé-

quence de la mortification des tissus par l'acide sulfurique qui prend naissance.

**Emploi de la chaux.** — Après la décantation de l'orge folle, on remplit le trempoir d'eau aussi froide que possible, contenant 200 grammes de chaux vive par hectolitre (cette chaux doit être éteinte avant d'être versée sur l'orge).

Il est bon d'agiter en la mettant. On décante après 4-5 heures au lieu de 6 heures ; sur les grains on trouve en général un dépôt de chaux qui se redissout dans la nouvelle eau.

L'emploi de la chaux se recommande d'abord comme antiseptique (surtout lorsqu'on doit pousser loin la germination) ; ensuite parce qu'elle semble augmenter le pouvoir germinatif.

Cela s'explique par deux raisons : on conserve plus de phosphates dans le grain et on met en liberté de la potasse qui amollit les tissus. La trempe de la chaux avec de l'eau à 10-12° pendant 60 heures se recommande pour le malt long.

**Autres variantes. Trempes avec aération.** — Dans les méthodes que nous allons indiquer, on laisse les grains humides, mais non noyés, au contact de l'air pendant un certain temps. On a l'avantage de dissoudre moins de matières solubles, et d'aérer les grains : ce qui accélère la germination et augmente le pouvoir germinatif.

Je citerai quelques-unes de ces méthodes.

1° *Méthode à l'eau froide.* — On trempe pendant 66 heures à 5-6° ; on vidange l'orge quel que soit son état, et on la dispose en tas de 15-30 centimètres.

Après 24 heures on suppose l'orge trempée. Si on examine le grain, on constate que le petit noyau central

d'aspect huileux de l'orge trempée ordinaire n'existe plus. Tout le centre du grain est trempé et cependant l'augmentation de poids de l'orge est plutôt moindre que dans la méthode ordinaire. C'est parce que l'eau de la surface et l'eau périphérique sont en moindre quantité, la première par suite de l'évaporation, la deuxième par suite de l'absorption par la partie centrale.

Le défaut de la méthode, c'est que les tas se dessèchent inégalement et produisent une trempé non homogène.

2° *Balling* a modifié légèrement cette méthode : il arrose les tas, ce qui maintient l'humidité sans appauvrir l'orge, puisque les sels ne s'évaporent pas avec l'eau et il suit le travail de manière à l'arrêter quand le degré voulu de trempé est obtenu.

3° *Büchler* recommande à chaque changement d'eau de laisser l'orge à l'air pendant 4 ou 5 heures avant de remettre de l'eau.

4° *En Belgique*, après les deux premières décantations et le premier soutirage, on ne remet pas d'eau ; on laisse les grains humides dans le trempoir.

5° *Méthode Martinand*. — On enferme pendant 36 heures l'orge dans une couche analogue à celle des horticulteurs, et on la malaxe avec de l'eau. Après les 36 heures, on enlève le cadre de la couche, on malaxe à nouveau, on envoie au germoir.

C'est une méthode recommandée pour les grains avariés.

*Cas des orges très humides*. — Pour les orges très humides, on a proposé de les sécher préalablement de manière à ramener la dose d'eau à 7 p. 100. On a opéré à la touraille (12 heures à 40-45°) ou par séchage à l'air (48 heures à 25°). En agissant ainsi on pensait augmenter le pouvoir germinatif (p. 100 de grains germant en 10 jours) et l'énergie germinative (p. 100 de grains ger-

mant en 3 jours). Suivant les uns, l'effet était obtenu à cause du plus facile dégagement d'acide carbonique et d'une avance de la végétation ; suivant les autres, la cause était dans la destruction des germes nuisibles qui recouvrent toujours les orges mouillées sur le champ.

En réalité, les résultats pratiques sont défectueux ; on a d'ailleurs fait observer que, si la deuxième raison était bonne, un lavage bien fait produirait le même résultat. La véritable méthode de traitement des orges mouillées sur le champ est la suivante.

Il faut bien remuer au lavage pour faire surnager les orges germées ; on arrête la trempe lorsque les grains les plus en avance ont la dose d'humidité voulue.

*Soins de propreté à donner aux trempoirs.* — Quelle que soit la méthode employée, les trempoirs doivent être tenus minutieusement propres.

On recommande de les laver au moins une fois par semaine, avec l'une des solutions suivantes : solution de bisulfite de chaux à 5 p. 100 (sur pierre et bois) ; solution de chlorure de chaux à 5 p. 100 (sur pierre) ; solution de carbonate de soude à 5 p. 100 (sur fer).

#### CONCLUSION

Dans la trempe, 100 kilos d'orge représentant 145-150 litres deviennent 130 à 160 kilos d'orge trempée, ordinairement 150-155 kilos occupant 230 litres environ.

Donc 1 hectolitre d'orge donne 98 kilos d'orge trempée occupant 147 litres environ.

La perte à la trempe est d'environ 2 p. 100 du poids de l'orge.

#### SÉCHEURS - TRIEURS

L'orge trempée avant d'être mise en germination est placée en tas assez élevés où se produit l'égouttage ; on

a proposé de faire un égouttage mécanique qui, en même temps, sépare les grains non germés.

Ces sécheurs ne sont que des tamis.

Tantôt l'appareil est un sasseur formé de barreaux (crible à secousses), tel est l'appareil Stein.

Tantôt c'est un tambour légèrement tronconique mobile autour d'un axe horizontal ; la surface est perforée ; la face interne est garnie de barreaux formant chicanes et disposés suivant les spires interrompues de deux hélices (appareil Trodberg).

On fait tomber l'orge dans le tambour ; le mouvement de chute est ralenti par les chicanes, de sorte que l'essorage a le temps de se produire. Souvent l'appareil comporte deux tambours successifs, avec lesquels on peut faire 600 kilos à l'heure.

#### TREMPE DES AUTRES GRAINS

D'une manière générale, on peut dire que les grains nus doivent être trempés moins longtemps que l'orge, car ils se saturent facilement et donnent par la suite une végétation trop rapide.

Lorsqu'on emploie avec eux les antiseptiques il faut en mettre une dose du quart de celle qu'on mettrait sur l'orge.

**Seigle.** — La trempé du seigle dure 36 heures, il y a absorption de 56 p. 100 d'eau.

**Blé.** — Le blé doit être parfaitement lavé. On emploie dans ce but : 1° un laveur à auge de 1 m. 5 à 2 mètres de long, de 0,25 de largeur et de 0,35 de profondeur ; et 2° en contre-bas, un deuxième laveur à auge qui sert de rinceur ; son fond est perforé, ce qui permet l'égouttage de l'eau sale ; l'élimination du grain est assurée par un fort jet d'eau.

Le trempoir à blé doit être à injection d'air comprimé ; lorsque l'eau est à 10°, la trempure dure 36-40 heures pour les variétés dures et 18-20 heures pour les variétés tendres.

Le grain absorbe 35 p. 100 d'eau.

**Avoine.** — La trempure de l'avoine dure 34 heures avec absorption de 38 p. 100 d'eau. Elle n'offre aucune particularité.

**Maïs.** — La trempure du maïs est fort longue, car le grain est très compact. Si l'eau est à 25-30°, elle dure 46 à 51 heures ; si l'eau est à 20°, la durée se prolonge jusqu'à 120 heures.

On recommande absolument l'emploi des antiseptiques, acide salicylique ou bisulfite de chaux.

On renouvelle l'eau après 12 heures, puis ensuite une fois toutes les 24 heures.

L'absorption d'eau est de 32 p. 100 du poids du maïs.

**Riz.** — Le riz n'est travaillé qu'exceptionnellement. On copie plus ou moins ce que l'on fait pour l'orge, mais on emploie de l'eau à 15-20°.

#### TREMPE DU LUPIN

La trempure du lupin dure environ 30 heures.

#### TRANSPORT DES GRAINS TREMPÉS AU GERMOIR

Le grain trempé est envoyé au maltage.

Le transport vertical se fait ordinairement par chute libre, les trempoirs étant placés au-dessus des germeoirs ; le transport horizontal se fait à l'aide d'une brouette spéciale, facile à faire chavirer en avant.

Tantôt c'est une brouette présentant à l'avant une face à coins arrondis : elle est montée sur deux roulettes placées un peu en arrière de cette face (fig. 26).

D'autres fois, c'est une sorte d'auge demi-cylindrique,

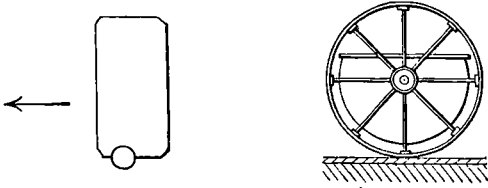


Fig. 26 et 27. — Brouettes.

suspendue à un essieu porté par deux grandes roues (fig. 27).

Ces appareils contiennent de 200 à 420 litres.

Les appareils à roues doivent avoir leurs roues caoutchoutées.

## GERMINATION

Nous commencerons par une étude théorique de la germination; puis nous nous occuperons spécialement de la technique.

### THÉORIE GÉNÉRALE DE LA GERMINATION

**Morphologie.** — Les grains suffisamment mûris par un séjour d'une certaine durée, après la récolte, dans un endroit pas trop frais (par exemple, par un séjour de 6 à 7 semaines dans un grenier), puis suffisamment trempés, germent, si on les met dans des conditions convenables d'aération et de chaleur.

Le grain gonfle et la radicule tend à se développer. Cela fait céder le péricarpe à l'endroit du micropyle, la radicule se montre en dehors du péricarpe, et peu après

en dehors des balles si la graine est vêtue ; à partir de ce moment elle croît verticalement vers le bas assez rapidement et se subdivise (elle fourche).

Un phénomène curieux et encore inexpliqué se produit au moment où l'orge va piquer. L'orge se recouvre d'humidité, de sueur ; puis au moment où l'orge a piqué, cette sueur s'accumule en gouttes de rosée à la pointe de la radicelle.

L'explication la plus vraisemblable est dans la condensation de la vapeur d'eau exsudée en plus grande quantité au moment où la respiration devient plus active.

La tigelle (fig. 28) commence sa croissance un peu plus

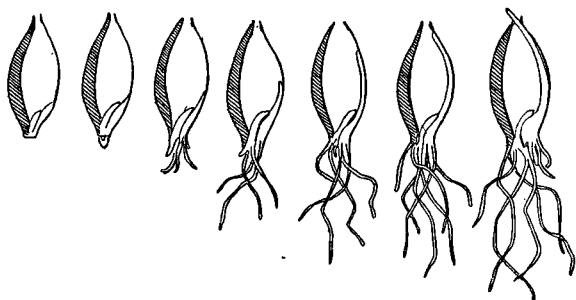


Fig. 28. — Croissance de la tigelle.

tard que la radicelle ; la plumule perce le péricarpe soit au micropyle (maïs), soit un peu plus haut (orge). Elle croît entre le péricarpe et les balles s'il y en a, et elle ne se montre que lorsqu'elle a remonté toute la longueur du grain. A ce moment la radicelle est relativement grande, par exemple deux fois la longueur du grain dans l'orge.

La rapidité de ce développement dépend de la température. Ainsi à 20°, une orge mettra 5 jours pour montrer sa plumule, tandis qu'à 12° elle en mettrait 10.

Bien que dans les grains vêtus on n'aperçoive la



plumule que lorsqu'elle a suffisamment grandi, on peut se rendre compte de son développement par le relief qu'elle produit sur la balle (côté opposé au sillon).

Dans les grains nus (fig. 29), la plumule apparaît plus vite que dans les grains vêtus, d'abord parce qu'elle n'a pas à longer le grain, mais encore parce que souvent, l'embryon étant de direction plus normale à la paroi, la plumule a moins de chemin à parcourir.



Fig. 29. — Appa-  
rition de la  
plumule.

Dans le lupin, la radicule se développe fort longue, puis, sans que la tigelle croisse, sans que les cotylédons

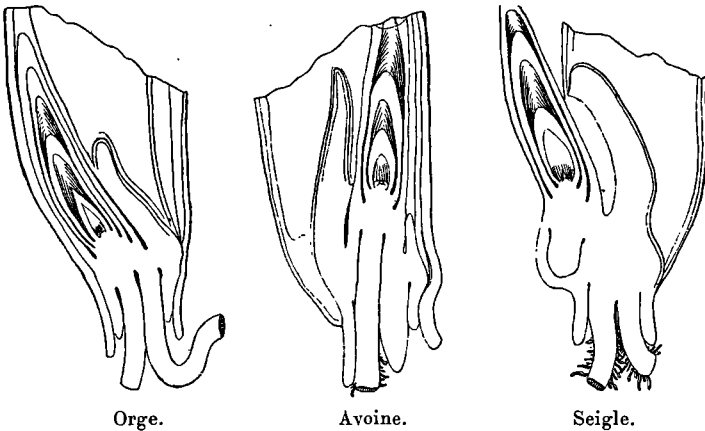


Fig. 30. — Comparaison de la germination de l'orge, de l'avoine, du seigle.

apparaissent à l'extérieur (phénomènes habituels de la germination des dicotylédonées), les pétioles des cotylédons s'allongent, la fente du tégument s'accroît et la gemme saillit à l'extérieur.

**Physiologie.** — Les phénomènes qui se passent à la germination sont très complexes.

Nœgeli a montré la corrosion des grains d'amidon, Sachs a fait voir que les parois cellulaires de la datte se dissolvent ; Reiss a reconnu que les cellules deviennent hyalines par une sorte de fusion de l'intérieur et de l'extérieur.

Mais ce sont là des généralités. Il convient d'entrer dans le détail. Nous choisirons les expériences plus particulièrement relatives aux grains.

*Expériences de Brown et Morris.* — Ces expériences datent de 1890 et se résument ainsi :

1° Un embryon détaché du grain, avec le cotylédon, le scutellum, et l'épithélium d'absorption, assimile en cultures convenables la saccharose, la dextrose (1), la maltose, et même l'amidon solide, si les précédentes manquent.

2° La fonction d'assimilation de l'amidon est localisée dans le scutellum et l'épithélium.

3° Dans un endosperme isolé, convenablement aéré et humide (posé sur des radeaux en mica percés de petits trous), seules les cellules à aleurone vivent ; les autres n'ont pas de vitalité : en l'absence de l'embryon, l'endosperme ne s'épuise pas, c'est-à-dire que l'amidon ne se solubilise pas (à moins d'infection bactérienne).

4° Un endosperme isolé, tué par un séjour de 6 mois dans l'alcool, est greffé à un nouvel embryon. Tous les phénomènes de la germination ont lieu.

*D'où la conclusion des auteurs :* dans l'endosperme, les cellules à aleurone sont seules vivantes, mais elles sont

---

(1) Au sujet de la culture en dextrose, Grüss a fait une observation curieuse. Il nourrit des embryons dans des solutions de dextrose (4 p. 100), continuellement renouvelées, et il constate que par le scutellum ces embryons forment de la saccharose et de l'amidon, tandis qu'une culture dans l'eau n'en donne pas.

incapables de solubiliser l'amidon (3°); c'est l'embryon qui le fait (4°) par l'intermédiaire du scutellum (2°).

Les auteurs ajoutent : Cette action du scutellum est due à deux diastases, la cytase agissant sur la cellulose ; l'amylase agissant sur l'amidon. La cytase ne résiste pas à la chaleur, elle n'existe plus dans les grains touraillés.

*Expériences de Hansteen Pfeffer.* — Ces expériences datent de 1892-93, elles contredisent les expériences de Brown-Morris. Voici le résumé de ces expériences :

1° On trempe pendant 48 heures de l'orge ou du maïs, préalablement sulfatés pendant 2 heures, dans de l'eau stérilisée en opérant dans une atmosphère d'air stérilisé.

Ces précautions ont pour but d'éliminer le plus possible les bactéries.

On détache l'embryon et ses annexes, et on le remplace sur le grain par une petite colonne de plâtre.

On plante alors la graine dans l'eau, de manière que la moitié de la colonne soit plongée.

Au bout d'un certain temps on trouve que l'eau contient du sucre et d'autant plus qu'il y a plus d'eau, comme il convient à un phénomène d'osmose : mais de plus on constate que les cellules à amidon voisines du plâtre sont vides, tendues, désagrégées.

2° On recommence l'expérience en enlevant à l'albume les cellules à aleurone et on a les mêmes résultats.

Ces expériences tendent à prouver que les cellules à amidon sont capables de s'épuiser indépendamment de l'embryon. Les résultats sont donc absolument contradictoires avec l'expérience de Brown et Morris.

3° En outre, les auteurs admettent bien la cytase, mais regardent son action comme accidentelle ; elle n'agirait

que lorsque les matières directement assimilables viendraient à manquer.

*Expériences de Grüss.* — Devant le désaccord de ces différents auteurs la question fut reprise par Grüss.

Les premières expériences de Grüss datent de 1896, il les continue encore aujourd'hui.

L'idée de Grüss est de suivre l'action des diastases à l'aide de réactifs appropriés et de voir d'où proviennent ces diastases.

Comme réactifs il emploie d'une part l'eau oxygénée et la teinture de gaïac, et d'autre part un empois d'amidon très clair. Le premier réactif donne avec la diastase une coloration bleue; le deuxième cesse de bleuir par l'iode, en présence de la diastase.

Voici les principaux résultats obtenus.

1° L'embryon d'orge est capable de saccharifier l'amidon; c'est d'accord avec la première expérience de Brown et Morris.

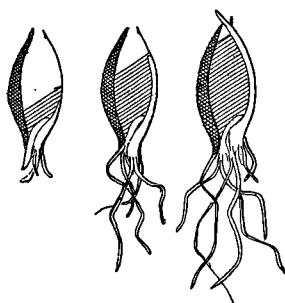


Fig. 31.  
Imbibition des cellules.

2° Dans l'endosperme, les cellules s'imbibent d'une diastase qui les corrode par larges places (1). Cette imbibition commence par les cellules du bas et progresse obliquement vers les cellules du haut, de manière que les cellules du côté ventru soit atteintes les premières; les cellules de l'extrémité dure ne sont pas atteintes après 8-9 jours (fig. 31).

3° La corrosion de la cellule étant faite, la diastase

(1) De sorte que les cellules ont l'air dissoutes. En les colorant au rouge Congo, on voit qu'il y a des points qui ont résisté.

pénètre à l'intérieur et va attaquer les grains d'amidon internes qui se corrodent par points.

4° Cette diastase n'existe que dans les grains trempés ; elle n'agit qu'à l'air. Si celui-ci manque, elle se répand sur les cellules sans agir.

Elle serait surtout accumulée dans le cotylédon, mais il y en aurait aussi dans l'embryon.

On voit que tous ces résultats sont d'accord avec ceux des expériences 1 et 2 de Brown et Morris.

Mais Grüss a fait une autre expérience qui cesse d'être d'accord avec les autres expériences de Brown et Morris.

5° Il trouve, en effet, de la diastase dans l'albumen dépourvu d'embryon et d'aleurone.

Sur ce point il est d'accord avec Hansteen-Pfeffer. Grüss n'admet pas non plus l'idée de Brown et Morris sur l'existence d'une double diastase : il croit à une diastase unique ayant non pas une fonction double, mais triple, car il lui fait remplir la fonction inversive qui existe également dans le grain en germination et dans le grain germé (1).

*Expériences de Puriewitz.* — Puriewitz a repris les expériences de Hansteen sur le maïs, en employant la colonne de plâtre et en la supprimant. Il a retrouvé les

(1) La présence d'une invertine dans le malt a été reconnue par Brown et Morris. Kjedhal a trouvé de l'invertine dans les radicelles et O'Sullivan dans l'embryon.

Grüss a fait l'expérience suivante, qui tend à prouver l'existence simultanée de l'invertine dans les radicelles et dans le reste de l'embryon, mais surtout dans les radicelles.

75 grains d'orge, stérilisés au sublimé et à l'eau distillée, germent 4 jours. On en arrache les embryons.

25 sont bouillis dans de l'eau ; 25 sont privés de radicelles ; 25 sont employés tels quels. Tous ces embryons sont placés dans l'eau stérilisée en présence de saccharose. Le premier lot ne donne pas d'inversion ; le deuxième en donne une très faible ; le troisième une très forte. Donc c'est la radicelle qui agit surtout.

résultats d'Hansteeen. Les cellules à amidon se vident, et la marche est progressive, elle s'étend du bas vers le haut par la périphérie. Après quinze jours il reste seulement un noyau central inattaqué (1).

Si, au lieu d'opérer sur l'eau, on opère sur des solutions de glucose (2 p. 100), de glycérine (2 p. 100), de saccharose (3 p. 100), l'effet est retardé; avec des solutions de sel marin (1,5 p. 100), d'arsenite de potasse (1,5 p. 100), avec la vapeur de chlore humide, l'effet est supprimé.

**Résumé des résultats précédents.** — 1° Tous les auteurs cités sont d'accord sur un point. L'embryon, par l'intermédiaire du scutellum et de l'épithélium, émet une ou plusieurs diastases agissant sur la cellulose, l'amidon, la saccharose, des cellules à amidon.

2° Brown et Morris, contrairement aux autres auteurs, pensent que cette action est unique, qu'elle ne se superpose pas à une action propre des cellules à amidon et des cellules vides, lesquelles sont pour ainsi dire inertes.

3° La marche progressive de la désagrégation qu'elle soit due à une action unique, ou à une double action, est certaine. Elle débute au bas de l'endosperme et s'étend vers le haut, plus vite du côté ventru; même après dix jours le bout dur n'est pas atteint.

**Expériences de Brown-Escombe.** — Le désaccord signalé plus haut a conduit Brown à refaire ses expériences; il a travaillé en collaboration avec Escombe.

Ils ont opéré à peu près comme dans les premières expériences, mais ils dégermaient à sec, et trempaient ensuite; au point de vue de l'antisepsie ils ont reconnu

---

(1) En remettant un endosperme vide dans l'eau sucrée, il ne constata pas la formation inverse d'amidon.

que l'emploi des antiseptiques n'est pas utile à condition d'opérer vite.

Voici leurs principaux résultats.

Au bout de 2-3 jours de germination d'un albumen isolé de son embryon :

1° La couche à aleurone tend à se décoller des cellules voisines ; le décollement commence du côté dorsal (1), au point le plus bas, il s'étend à la périphérie, mais plus vite du côté dorsal ; il progresse jusqu'à l'extrémité du grain.

2° La couche de cellules à amidon gisant sous la couche des cellules aleuroniques, cellules plus petites que les centrales, se transforme : *a*) au point de vue de l'aspect, *a'*) on constate qu'elles prennent un aspect farineux à la loupe ; *b'*) le contenu devient hyalin, le protoplasma perd ses granulations et son indice de réfraction devient identique à celui de l'amidon soluble ; plus tard, la partie hyaline s'imbibe d'eau, devient élastique, ductile, semblable au gluten ; *c'*) la membrane se gonfle, se corrode ; c'est cette corrosion qui produit le décollement de la couche aleuronique ; *b*) au point de vue de la teneur en amidon, on constate que les cellules s'épuisent lentement, cet épuisement est encore faible après huit jours. La cause de cet épuisement est une attaque de l'amidon qui suit celle des membranes.

Donc, contrairement à ce que l'un des auteurs avait pensé au début, il y a dans l'albumen des cellules qui s'épuisent. Ce sont celles qui sont sous-jacentes à l'albumen.

Cette attaque est très différente de celle qui est produite par le scutellum ; en effet l'attaque se produit par larges fentes progressives et concentriques, tandis

---

(1) A cause de la forme anatropé de l'ovule, le côté dorsal est la partie antérieure et ventrale.

que le scutellum procède par véritable corrosion (nombreuses et petites cavités).

Brown et Escombe se sont demandé qu'elles étaient les explications possibles des phénomènes observés par eux.

Il y en a trois.

a) Infection bactérienne par la blessure produite au moment de l'ablation de l'embryon ;

b) Action de diastases résiduelles accumulées dans l'endosperme pendant la dessiccation et la maturation de l'orge ;

c) Reviviscence des cellules, soit de celles à aleurone, soit de celles à amidon.

Brown et Escombe rejettent la première explication parce que l'infection ne se déclare guère qu'au bout de huit jours ; c'est-à-dire longtemps après l'observation des phénomènes ; de plus, lorsqu'elle se déclare sur un grain anesthésié au chloroforme, où, par conséquent, les cellules sont endormies, il n'y a d'abord qu'une action sur le protoplasma, et non sur l'amidon et la cellulose ; ce n'est que si l'infection se prolonge que la cellulose s'attaque, puis seulement après trois ou quatre jours vient le tour de l'amidon. De plus, la tendance dorsale ne se montre pas.

Les auteurs rejettent la deuxième explication, parce que le chloroforme ne gêne pas les diastases (existantes, non celles à sécréter). Or, un endosperme dans de l'eau chloroformée ne donne rien.

Reste la troisième explication, reviviscence de certaines cellules de l'endosperme ; mais il faut distinguer entre les cellules à aleurone et les cellules sous-jacentes.

Les auteurs ont élucidé ce point en étudiant ces cellules au moyen de colorants : la fuchsine colore le protoplasma en rouge, et le vert à l'iode colore le noyau en vert.

Observées par cette méthode, les cellules à aleurone présentent toujours un protoplasma avec fins cordons réticulés entourant un noyau.



L'observation des cellules à amidon ne peut se faire qu'en dissolvant l'amidon ; l'extrait de malt ou le sucre pancréatique ne conviennent pas pour cette dissolution qui ne peut se faire qu'à 60°, température à laquelle les réactifs forment des dépôts aussi gênants que l'amidon pour l'observation microscopique ; le meilleur dissolvant est la salive à 40°. Par son emploi on peut observer les cellules à amidon. Or, un peu avant la maturité, les cellules sous-jacentes (1) à la couche aleuronique sont bien vivantes ; mais à la maturité elles sont mortes.

Ce n'est donc que la couche à aleurone qui peut agir, et elle agit en épuisant la couche sous-jacente.

Ce résultat est contradictoire avec les premiers résultats de Brown et Morris.

En effet, les auteurs admettaient bien au début la vitalité de l'aleurone, mais ils niaient son action sur les cellules à amidon. Maintenant, ils se rapprochent de l'opinion de Hansteen, de Grüss et de Puriewitz en ce sens qu'ils admettent un épuisement des cellules en dehors de l'action de l'embryon. Mais ils ne sont pas complètement d'accord avec eux en ce sens qu'ils font toujours remonter à l'aleurone une action que les autres auteurs partagent entre cette aleurone et les cellules à amidon.

Restait à vérifier la quatrième expérience de Brown et Morris, celle de la greffe d'un embryon sur un albumen mort. Les résultats observés étant exacts, il faudrait attribuer à l'embryon la possibilité en cas de nécessité de suppléer aux fonctions de l'aleurone mort.

Or, les auteurs, qui dans leurs premières expériences avaient cru tuer les embryons par l'alcool absolu, se sont aperçus qu'un séjour de 24 heures dans ce liquide ou

---

(1) A l'anesthésie chloroformique et à l'infection bactérienne il en est de même.

dans le chloroforme n'était nullement mortel. Leur expérience devenait donc un fait de germination normale.

Si on traite l'embryon par l'alcool à 50°, il est alors tué, et l'on voit que l'expérience donne un résultat tout autre : l'embryon reste petit, les radicules faibles ; après 8-10 jours, il y a une légère désagrégation dans une couche de 1 millimètre à 1 mm. 5 du côté du scutellum, mais les phénomènes dus au voisinage de l'aleurone n'ont pas lieu. Bref la quatrième expérience de Brown et Morris perd toute sa portée.

**CONCLUSION.** — Les phénomènes physiologiques de la germination sont donc les suivants.

L'embryon et l'aleurone partagent l'action cytohydrolysante et saccharifiante. L'aleurone ayant la première action a un degré supérieur (1).

Les cellules à aleurone agissent sur les cellules à amidon par larges fentes concentriques ; l'embryon agit par corrosion. Ces deux sortes d'actions ont probablement lieu par l'intermédiaire de diastases différentes.

Enfin, on peut encore citer une fonction de la couche aléuronique. Ses cellules vivantes protègent contre les bactéries les cellules mortes de l'intérieur.

Un point reste encore obscur, c'est le rôle des cellules à amidon. Pour Brown et Morris, elles sont mortes et incapables de s'épuiser par elles-mêmes pour concourir au développement du germe. Pour Hansteen, Grüss, Puriewitz, elles peuvent, au contraire, participer à la nutrition de l'embryon.

**Étude chimique.** — Nous savons que la germination exige trois facteurs : l'eau, l'oxygène de l'air et la chaleur.

---

(1) L'aleurone détaché n'agit pas sur la gélatine amidon.

*Rôle de l'eau.* — Les grains secs ne germent pas : ce fait à lui seul prouve l'influence de l'eau.

Cuthbert Day a fait sur ce sujet les expériences suivantes : une orge écossaise trempée vingt-quatre heures (38 p. 100 d'eau) avait dégagé après quatorze jours 0 gr. 233 d'acide carbonique ; la même orge, trempée quatre-vingt-seize heures (68 p. 100 d'eau), avait donné dans le même temps 0 gr. 485 de gaz carbonique ; de plus, le poids de l'embryon sec était doublé dans ce cas.

Donc la germination avait été plus active dans le cas de la forte humidité, ce qui ne veut pas dire que le malt était meilleur.

Cette eau se répartit inégalement entre l'endosperme et le germe ; ainsi, à la fin de la germination, l'embryon contient plus de deux fois la proportion d'eau de l'endosperme, et la différence entre les deux teneurs est plus grande lorsque le grain trempé est plus humide.

Au point de vue *purement botanique*, on voit que pour obtenir un développement aussi complet que possible il faut une graine fortement trempée. L'auteur a reconnu que l'embryon au début doit contenir 60 p. 100 d'eau, en tout cas moins de 63.

Dans ces conditions, l'activité la plus grande est atteinte le troisième ou le quatrième jour (71-74 p. 100 d'eau) dans l'embryon.

Mais il s'agit là du côté botanique de la question ; en ce qui concerne le *malt obtenu*, il y a un maximum de trempée moins élevé que dans les expériences de Cuthbert Day. C'est 44 p. 100 environ dans l'orge.

Cette défectuosité du malt provenant d'orge trop trempée est en partie causée par l'inégale germination des tas. Quand l'orge est trop trempée, on constate que pour un certain développement de la radicule, celle-ci ne contient pas la moitié de matière sèche de la radicule

d'une orge bien trempée ; pendant la germination, les combustions, la quantité d'azote solubilisé, le pouvoir diastasique de l'orge trop trempée sont plus faibles qu'avec la trempée normale. En particulier pour les matières azotées solubilisées, il y a un déficit d'au moins 1 p. 100.

Donc, une orge trop trempée donnera un malt peu actif (*défavorable en distillerie*) ; riche en azote non transformé (*défavorable en brasserie*), et à cause de ce dernier fait et aussi des moindres combustions, le malt donnera plus d'extrait.

Que devient l'eau pendant la germination ? Une partie se fixe, puisqu'il y a formation de sucre aux dépens de l'amidon ; une autre partie s'évapore. En effet, le malt vert contient à peu près la même proportion d'eau que l'orge trempée ; or il y a pendant la germination perte de matière sèche par combustion, il faut donc une perte d'eau sensiblement proportionnelle.

Remarquons que pendant les vingt-quatre ou trente-six premières heures d'une germination, la teneur en eau augmente sous l'influence de l'absorption de l'eau superficielle, de l'humidité de l'air et de la diminution de matière causée par la combustion.

Ainsi, par exemple, une orge trempée avec absorption d'eau de 48 p. 100, ayant par conséquent une humidité voisine de 40 p. 100 se trouve en avoir une de 42,5, ce qui correspond à une nouvelle absorption d'eau de 6 ou 7 p. 100 du poids de l'orge primitive.

Après les premières heures, l'évaporation fait redescendre le titre de l'eau, et à la fin de la germination il est à peu près le même que dans l'orge trempée.

**Rôle de l'oxygène.** — Cet oxygène est absorbé pour subvenir à la respiration des grains. On a signalé dans l'orge la présence d'un ferment soluble oxydant, la laccase,

qui joue sans doute un rôle dans la fixation de l'oxygène,

Cette absorption d'oxygène a pour résultats un dégagement de chaleur, une perte de charbon et de matière sèche, et une production d'acide carbonique.

**Production de chaleur.** — La production de chaleur est très sensible puisque les tas en germination, malgré tous les soins pris pour les refroidir, voient leur température s'élever notablement.

Il est facile de calculer dans chaque cas particulier le nombre de calories qui doivent se produire ; par exemple lorsque 100 kilogrammes d'orge germent, environ 6 kilogrammes d'amidon et 0 kgr. 4 de graisses brûlent.

Cela doit produire environ

$$6 \times 4123 \text{ c.} + 0,4 \times 9400 \text{ c.} = 28\,500 \text{ calories.}$$

De sorte que, s'il n'y avait pas déperdition par évaporateur de l'eau, par rayonnement, par conductibilité de l'air et du sol, on aurait une température voisine de 285°.

**Perte de charbon et de matière sèche.** — La perte de charbon et de matière sèche est très nettement mise en évidence par des expériences de Boussingault portant sur la végétation du blé. Nous n'en retiendrons que ce qui est relatif à ce que Boussingault appelle la première partie de la végétation, celle qui va jusqu'au commencement du développement de la gemmule (voir le tableau page suivante).

De la même manière on peut interpréter une expérience de John (voir le tableau page suivante).

Cette expérience montre qu'à la trempe, sur 100 de matières sèches 1,1 a disparu et qu'à la germination il y a une nouvelle perte de 10,1.

Dans une orge à 87,8 de matière sèche (12,2 p. 100 d'eau), la perte à la trempe a été de 0,96 p. 100, et la nouvelle perte à la germination a été de 8,87 p. 100.

*Expériences de Boussingault.*

32 graines d'une humidité = 0 gr. 166, pèsent 2 gr. 439  
supposées sèches et dépourvues de cendres.

	POIDS	CHARBON		HYDROGÈNE	
		Poids absolu.	P. 100.	Poids absolu.	P. 100.
Blé naturel. .	2,439	1,136	46,6	0,141	»
Blé germé . .	2,365	1,115	47,1	0,139	»
Différence . .	0,074	— 0,021	»	— 0,002	»

	POIDS	AZOTE		OXYGÈNE	
		Poids absolu.	P. 100.	Poids absolu.	P. 100.
Blé naturel. .	2,439	0,084	3,45	1,078	44,15
Blé germé . .	2,365	0,088	3,7	1,023	43,4
Différence . .	0,074	+ 0,004	»	— 0,055	»

*Comparaison entre l'orge et le malt vert (John).*

De 100 parties de matière sèche dans l'orge, on retrouve :

A L'ÉTAT DE	ORGE	ORGE TREMPÉE	MALT VERT	PERTE
C . . . . .	46,6	46	38,9	7,7
H. . . . .	7,1	6,2	5,5	1,6
Az. . . . .	2,5	2,6	2,5	0,0
O . . . . .	41,4	42	39,8	1,6
Cendres . .	2,4	2,1	2,1	0,3
Total . .	100,0	98,9	88,8	11,2

Il est souvent difficile d'interpréter les analyses de certains auteurs qui ne contiennent que la *perte globale due à la trempé et à la germination.*

Cependant, on peut tirer de ces expériences des indications, car on connaît très sensiblement la perte à la trempe : elle varie en matière sèche pour l'orge entre 1 et 2 p. 100 du poids de l'orge, c'est-à-dire entre 1,13 et 2,25 p. 100 de la matière sèche, soit en moyenne 1,69 p. 100 de la matière sèche.

Prenons un exemple. De deux séries d'expériences, John conclut que du passage de l'orge au malt vert il y a une perte moyenne globale de 7,38 p. 100 de la matière sèche, si on défalque la perte moyenne à la trempe, il reste 5,69 p. 100 pour la perte à la germination.

Les orges employées avaient en moyenne 87,8 p. 100 de matières sèches, par conséquent la perte pour 100 kilogrammes d'orge a été de  $5,69 \times 0,878 = 4,89$  p. 100.

On peut admettre que la perte à la germination pour l'orge varie de 5 à 9 p. 100. Cela doit dépendre de la température et de la durée des opérations.

Au point de vue des espèces de grains différents de l'orge, Schneider a trouvé que, par la germination :

L'orge perdait . . . .	3,71	p. 100	} de matière sèche.
Le seigle perdait . . .	2,05	»	
Le froment perdait . .	2,57	»	
L'avoine perdait . . .	4,25	»	

La perte à la germination est donc certaine.

C'est cette perte qui fait que la distillerie n'emploie que juste ce qu'il faut de malt pour saccharifier.

En brasserie, la force des choses oblige à supporter cette perte sur toute la matière première.

**Dégagement d'acide carbonique.** — Le dégagement d'acide carbonique est mis en évidence par un certain nombre d'expériences.

Nous citerons celles de F. Schütt.

*Expériences de F. Schütt.*

100 kg. de matières sèches de l'orge mises en expériences ont produit :

DURÉE En jours.	TEMPÉRATURE	CO <sup>2</sup> P. 100 dans air.	CO <sup>2</sup> en poids.	AMIDON brûlé.
1	10°	3	0,333	0,205
2	10°	3	0,613	0,376
3	11°	3	1,110	0,685
4	12°	2,5	1,370	0,841
5	13°	2	1,530	0,936
6	14°	1,5	1,580	0,968
7	15°	1	1,540	0,942
8	16°	0,5	1,490	0,913
9	16°	0,5	1,390	0,820
Total. . . . .			10,916 (5,5 m <sup>3</sup> )	6,686

Remarque : l'amidon est calculé d'après la donnée que 1 gr. de CO<sup>2</sup> correspond à 0 gr. 613 d'amidon.

Citons encore les expériences de Jœschin sur la composition de l'air des tas.

	Air puisé très bas dans un tas d'orge.
1 <sup>er</sup> jour . . . . .	5,4 p. 100 CO <sup>2</sup>
2 <sup>e</sup> » . . . . .	15 »
3 <sup>e</sup> » . . . . .	19,1 »
4 <sup>e</sup> » . . . . .	6,9 »
5 <sup>e</sup> » . . . . .	0,9 »
6 <sup>e</sup> » . . . . .	0 »

*De l'accumulation d'acide carbonique.*—L'accumulation de l'acide carbonique dans l'atmosphère qui entoure le grain joue un grand rôle dans les phénomènes de la germination ; nous prendrons comme exemple l'orge et nous distinguerons trois cas : la dose d'acide est inférieure à



7 p. 100 ; elle est comprise entre 7 et 20 p. 100, elle est supérieure à 20 p. 100.

a). Tant que l'atmosphère ne contient pas 7 p. 100 d'acide carbonique, la somme de ce gaz et de l'oxygène représente la constante 20,9 p. 100. Si l'on réfléchit qu'un volume d'oxygène donne un volume de gaz carbonique, on doit conclure que dans le cas où nous nous plaçons tout l'acide produit provient de l'oxygène de l'air ; il n'y a donc que combustion. D'ailleurs, plus l'air est riche en gaz carbonique, moins il s'en produit, c'est-à-dire que, plus il y a de  $\text{CO}^2$  dans l'air, moins la combustion est vive. Ainsi, la quantité de  $\text{CO}^2$  de l'air étant de :

	0,5 p. 100, si le $\text{CO}^2$ dégagé est 100	
Lorsque l'air est à 2,5	le »	est 83
5	»	est 58

b). Lorsque la proportion d'acide carbonique dépasse 7 p. 100 sans atteindre 20 p. 100, la somme acide carbonique + oxygène dépasse 20,9 p. 100 ; donc il y a de l'acide carbonique ne provenant pas de la combustion ; d'autre part, il se forme de l'alcool qui donne au malt l'odeur de pomme, au lieu de l'odeur de concombre ; en d'autres termes il y a fermentation. Donc si l'atmosphère contient plus de 7 p. 100 d'acide carbonique, la combustion est accompagnée d'une fermentation. Les phénomènes sont d'ailleurs peu actifs puisque la dose d'acide carbonique, malgré ses deux origines, est moindre que lorsque l'air est plus pur.

Ainsi nous avons vu que

l'air à 0,5 p. 100 de $\text{CO}^2$ dégageant $\text{CO}^2 = 100$
» 5 » dégage $\text{CO}^2 = 58$

Or l'air à 10 p. 100 qui doit produire la fermentation ne dégage que 57,5 volumes d'acide carbonique.

c). Enfin lorsque l'air contient 20 p. 100 de gaz carbonique, la germination s'arrête.

Les faits que l'on vient de citer expliquent l'habitude de retourner les tas ; par cette pratique, l'atmosphère des tas contient environ 4 p. 100 d'acide carbonique.

Il faut avoir soin de ne pas exagérer le nombre de retournements, car il faut éviter de trop refroidir les grains pendant la germination, surtout au début.

**Transformation des différents constituants des grains pendant la germination.** — Le dégagement d'acide carbonique que nous venons de constater est dû à la combustion de l'amidon et des matières grasses.

Mais ces substances subissent en réalité des transformations multiples que nous allons étudier maintenant.

*Modifications de l'amidon.* — Nous commencerons par l'amidon.

Les expériences de Schütt citées plus haut n'indiquent pas la perte réelle de l'amidon, car elles donnent la quantité d'amidon dont la combustion produirait l'acide carbonique recueilli.

Or, cet acide peut provenir d'autres sources que de l'amidon, et d'autre part l'amidon se transforme en différentes matières telles que la cellulose.

Märker a mesuré par un dosage direct la perte en amidon d'une orge germée.

675 kilogrammes d'orge à 62,95 p. 100 d'amidon, ont été germés jusqu'à ce que les radicules aient  $\frac{2}{3}$  de la longueur des grains ; on a trouvé 981 kilogrammes de malt vert à 41,6 p. 100 d'amidon.

Par conséquent il manquait

$$675 \times 0,6295 - 981 \times 0,416 = 16 \text{ kg. } 8 \text{ d'amidon.}$$

soit environ 3 p. 100 du poids du grain (la germination était peu prolongée).

**Cellulose.** — Dans la germination, il se forme de la cellulose puisque le germe se développe et qu'il en

contient; mais il s'en détruit d'autre part dans l'albumen. Malgré cette disparition, on admet généralement qu'il y a accroissement de la cellulose à la fin de la germination. Stein parle de 1,5 p. 100.

**Sucres.** — Cette question est assez embrouillée pour trois raisons : 1° pendant l'extraction, l'autosaccharification du malt a lieu, de sorte que l'on ne sait pas si le sucre obtenu était réellement préexistant dans le malt ; 2° il y a toujours de grandes difficultés à caractériser des mélanges de sucres ; 3° on compare des malts de fabrications très différentes comme par exemple les malts anglais et allemands. Or, les malts anglais germés plus lentement contiennent plus de sucres.

Résumons rapidement l'historique des méthodes d'extraction.

Héron, d'une part, et Moritz-Morris d'autre part ont, au début, employé une simple macération à froid pendant trois heures; or, Ling a montré, à l'aide de diastase isolée, qu'elle a une action sur les grains d'amidon, même à froid. Donc les méthodes précédentes sont mauvaises; Morris a de plus montré que l'emploi de l'acide salicylique à la dose de 0,05 p. 100 est inefficace. Kjedaahl a trouvé que 10 cc. d'acide sulfurique au 1/40 normal, mis dans une solution d'amidon soluble contenant de la diastase, arrêtent toute action. L'acide chlorhydrique à une dose vingt fois moindre (en équivalents) produit le même effet.

Mais Ling a constaté que l'opération ne réussit pas dans les extraits de malt proprement dits, parce qu'une partie de l'acide minéral disparaît en déplaçant des acides organiques des sels de l'extrait, et que, si on force la dose d'acide minéral, il y a inversion des sucres inversibles.

Ling a montré que la présence de 1,5<sup>cc</sup> de KOH décimale dans 50 cc. d'un extrait empêche toute action sur

l'amidon. C'est de cette méthode qu'il convient de se servir pour faire une étude sérieuse des sucres préexistants.

Quoi qu'il en soit de ces méthodes d'extraction, un certain nombre d'auteurs ont depuis longtemps mis en évidence certains sucres.

1° *Saccharose*. — Kühnemann en 1875 a isolé de la saccharose de l'orge et du malt, où il est plus abondant que dans le grain naturel.

Kjedahl en a indiqué 0,6 p. 100 dans l'orge et 2 p. 100 dans le malt sec ; dans le malt vert il y en a moins à cause du pouvoir inversif. Jalowetz a pu extraire la saccharose par l'alcool à 97°.

Brown et Morris pensent que c'est le premier sucre qui se forme aux dépens de la maltose, car dans leur expérience de l'embryon cultivé sur maltose ils retrouvent de la saccharose dans le germe ; Lindet croit que la quantité de saccharose augmente avec la température de la germination, et Petit pense qu'elle s'accroît pendant les neuf premiers jours de la germination.

2° *Raffinose*. — O'Sullivan a indiqué la présence de ce sucre dans l'orge et dans le malt, tandis que Düll ne voit dans le produit d'O'Sullivan qu'une gomme.

3° *Maltose*. — Chose curieuse, la présence de ce sucre dans le malt est très discutée. Dull la nie ; O'Sullivan, Jalowetz l'admettent. Il est probable qu'il y en a relativement beaucoup dans les malts anglais et qu'il n'y en a que peu ou pas du tout dans les malts allemands.

4° *Glucose et sucre inverti*, ils ont été isolés par Jalowetz à l'aide d'alcool à 90°.

Quelque opinion que l'on ait sur la nature des sucres des malts, il est certain que la quantité de matières direc-

tement alcoolisables augmente pendant la germination. Ainsi Stein indique les proportions suivantes :

Orge. . . . .	1,2	p. 100;	Malt vert	4,68	p. 100.
Malt séché à l'air	4,66	»	Malt sec	5,07	»

Ces nombres sont peut-être exagérés : Jalowtze trouve seulement 1 p. 100 d'hydrates de carbone solubles dans le malt sec et, par conséquent, moins dans le malt vert.

Delbrück pense que la température élevée fait croître la quantité de sucres et il conseille pour augmenter l'arome des bières qui dépend beaucoup de la dose du sucre du malt de ne pas trop pelleter les tas et de leur donner une surface ondulée pour les aérer le plus possible sans les retourner.

Ce procédé est repoussé par Free, auteur anglais ; il est possible que le désaccord tienne à ce fait que les malts anglais, quoique germés à basse température, deviennent très riches en sucres par suite de la longue durée de la germination.

Dans un bon malt de brasserie, on recherche une certaine proportion de sucres préexistants, parce que cela contribue à l'arome, et puis par ce que c'est de l'extrait tout prêt. Cependant Moritz pense qu'il y a une corrélation entre les sucres préexistants et les albuminoïdes non coagulables, qui sont nuisibles. Cette quantité de sucres préexistants, qu'on peut évaluer à 4 p. 100 dans un bon malt sec, est naturellement inférieure dans un malt vert, qui contient plus d'eau et qui subit une nouvelle saccharification au touraillage.

Il ne faut pas que la germination amène la production d'une trop grande quantité de sucres dans le malt vert. Ce n'est pas à proprement parler à cause de l'excédent de sucres que l'on retrouverait dans le malt sec ; outre qu'il peut arriver que le malt sec obtenu ne soit pas anormalement riche en sucres, dont une très grande propor-

tion se trouve dans les radicelles, la véritable raison est qu'en même temps que la quantité de sucres croît dans un malt vert, il se produit des matières azotées solubles qui nuisent à la conservation de la bière (1).

Le point de vue de la distillerie est tout autre, on ne recherche que la quantité de diastase, et en réalité le malt de distillerie est souvent un malt plus ou moins forcé.

**Dextrine.** — Pendant la germination, la proportion de dextrine de l'orge augmente. Il est difficile d'indiquer une proportion. Stein donne le résultat suivant :

100 kilogrammes d'orge contenaient 6 kgr. 50 de dextrine.

100 kilogrammes du malt résultant, séché à l'air, contenaient 7 kgr. 60 de dextrine.

Donc 90 kilogrammes de malt séché à l'air, proportion fournie par 100 kilogrammes d'orge contenaient 6 kgr. 84 de dextrine. Il y a eu formation de 0 kgr. 34 par 100 kilogrammes d'orge. Mais une partie a pu se produire pendant le séchage. Il faut remarquer que le mode de dosage de la dextrine par Stein ne doit pas être exact puisqu'il n'y a pas 6,5 p. 100 de dextrine dans l'orge.

**Modifications des matières grasses.** — Nous venons de voir les modifications de l'amidon. D'autres matières subissent une modification, ce sont les graisses.

Il en disparaît une grande proportion ; John parle du  $\frac{1}{5}$  dans un maltage lent de l'orge, et du  $\frac{1}{3}$  dans un maltage rapide.

Delbrück indique dans le maïs une perte de 30 p. 100.

---

(1) Les malts secs trop sucrés sont peu recherchés : ou bien ils sont supposés provenir d'une germination forcée, ou bien ils sont supposés provenir d'un malt touraillé, trop humide et par suite caramélisé.

Le fait de la production de matières azotées solubles est admis par tout le monde, celui de la *corrélation* des proportions de ces corps et des sucres préexistants est discuté.

Dans le lupin la matière grasse tombe de 7,5 p. 100 du poids à moins de 2, soit une perte de près des  $\frac{3}{4}$ .

Müntz a montré que, pendant le maltage, les matières grasses se scindent en glycérine qui s'élimine très vite et en acides gras qui se transforment lentement.

Wallerstein a depuis peu étudié les variations des matières grasses pendant la germination. Il a montré que la quantité de matière grasse décroît à mesure que le travail avance.

Pour 100 kilogrammes d'orge séchée à l'air contenant 2 kgr. 28 de matières grasses :

L'orge trempée (110 kilogrammes) résultante, en a 2 kgr. 07; le malt, germé 9 jours, en a 1 kgr. 81.

La matière grasse de l'orge, formée d'une huile jaune clair qui laisse déposer des cristaux, change de nature et devient solide, brune et rance. La proportion d'acides libres décroît dans l'orge trempée, puis croît pendant la germination.

Dans les radicules, il y a accumulation de matières grasses et de lécithine.

Alors que le malt vert provenant de 100 kilogrammes d'orge contient 1 kgr. 81 de graisses, c'est-à-dire environ 1,2 p. 100 de son poids, les radicules en contiennent 2,4 p. 100. Les radicules contiennent une proportion de lécithine double de celle du malt vert. La graisse des radicules semble différente de celle de l'orge. Ainsi, il y a une proportion d'acide combiné qui est dans les radicules trois fois plus grande que dans l'orge.

**Formation d'acides.** — Cette formation d'acides résulte-elle de l'oxydation des sucres, ou de la digestion des albuminoïdes. C'est ce que l'on ne sait pas.

On trouve, d'après Lermier, dans le malt vert des acides lactique, formique, propionique, citrique, succinique, oxalique.

L'acide lactique n'est pas constant, on l'attribue quelquefois à une fermentation ; peut-être faut-il mettre sur le même rang l'acide butyrique indiqué par Fernbach et nié par Moritz.

D'après Belohoubeck l'acidité de l'orge, exprimée en acide lactique, étant 0,338 p. 100, celle du malt vert est 0,59 p. 100, et celle du malt sec 0,94 p. 100.

Étant donnée l'augmentation de poids du malt vert, cela correspond à une formation de 0,55 p. 100 du poids de l'orge ( $0,59 \times 1,5 - 0,338 = 0,885 - 0,338 = 0,547$ ).

Un mauvais maltage augmente l'acidité. Prior, dont nous avons déjà cité les travaux à propos de la trempe, a donné les résultats suivants :

Pendant la trempe, les acides fixes se forment, les acides volatils diminuent, et les phosphates acides diminuent à cause de la chaux.

Après 2 jours de germination, le taux de l'acidité totale a un peu augmenté ; le taux des acides volatils est demeuré constant ; celui des acides fixes a diminué ; celui des phosphates acides a augmenté.

Au 4<sup>e</sup> jour, les taux de l'acidité totale et des phosphates ont augmenté, le taux des acides volatils est demeuré constant.

Au 6<sup>e</sup> jour, pour un échantillon, il y a légère augmentation d'acidité ; pour un autre, légère décroissance ; les phosphates décroissent.

Au 8<sup>e</sup> jour, il y a quelque accroissement d'acidité et de phosphates acides.

A propos des acides organiques qui se trouvent dans le malt vert, s'est produite la même discussion que celle dont nous avons parlé au chapitre de la trempe ; mais Matthews-Woolcoot a fait des expériences qui appuient l'idée que les phosphates acides trouvés à l'analyse se produisent pendant l'extraction.



En effet, une extraction à froid donne moins d'acidité phosphorique qu'une extraction à chaud.

Chose remarquable, la magnésie suit le sort de l'acide phosphorique, tandis que la chaux a un sort contraire. Donc à froid, il y a moins de phosphates acides avec prédominance de chaux et déficit de magnésie par rapport à ce qui arrive à chaud.

Il faut bien remarquer que, même lorsqu'on n'admet pas la réaction complète des acides organiques sur les phosphates à l'intérieur du malt, cette réaction a lieu, au moins partiellement, à l'extraction. Donc les mauvais maltages, qui donnent des malts plus acides, donneront plus de phosphates acides dans les moûts, ce qui peut être un excès nuisible.

*Transformation des matières azotées.*—Les matières albuminoïdes subissent de profonds changements, elles tendent à devenir solubles et c'est alors que les principales diastases du malt se forment; puis une partie des albuminoïdes solubles se transforment en amides, telles que l'asparagine  $\text{CO}^2\text{H CH}^2 \text{CH (AzH}^2) \text{COAzH}^2$ , la glutamine  $\text{CO}^2 (\text{CH}^2)^2 \text{CH(AzH}^2) \text{COAzH}^2$ , la leucine  $\text{CO}^2\text{H(CH}^2)^2\text{CH}^2\text{AzH}^2$ .

Dans le lupin, d'après Schultze, 60 p, 100 des albuminoïdes se transforment en amides (asparagine, tyrosine, leucine, ac. phényl- $\alpha$ -amidopropionique, etc.).

Une série d'expériences de Behrend mettent nettement en évidence la solubilisation des matières albuminoïdes. Elles sont résumées dans le tableau de la page suivante.

La maturité avait eu lieu après 113 heures.

On voit qu'il y a augmentation des matières azotées solubles totales et des amides, même au delà de la maturité; quant aux albuminoïdes solubles, elles tendent à diminuer après être passées par un maximum.

Les radicules sont plus riches en amides que l'albumen,

*Expériences de Behrend.*

1 000 grains d'orge pesant 33 gr. 44 contiennent :  
Azote = 2, 29 p. 100 du poids de la matière sèche.  
Sur 100 parties d'azote.

	SOLUBLE			INSO-	TOTAL
	Total.	Amidé.	Albumi- noïde.	Albumi- noïde.	Albumi- noïde.
Orge naturelle . . . .	13,1	5	8,1	86,9	95,6
» trempée . . . .	10,7	5,6	5,1	89,3	94,4
Après 41 h. de germeoir.	17	7,4	9,6	83	92,6
» 89 »	33,5	18,2	15,3	76,5	91,8
» 113 »	35,2	20,7 (1)	14,5 (2)	64,1 (2)	78,6 (2)
» 137 »	36,2	24,2	12	63,8	75,4
» 185 »	38,2	25,4	13	61,6	74,6
» 209 »	41,6	27,5	14,1	58,4	72,5

(1) Les orges de Hongrie, de variétés légères, contiennent souvent plus d'amides.

(2) Les 78,6 p. 100 d'albuminoïdes comprendraient d'après Osborne:  
La leucosine, soluble eau, coagulable : 15 p. 100.

La bynédestine, insoluble eau, soluble sel marin, provenant sans doute de l'édestine de l'orge : elle contient plus de carbone et moins d'azote : 12,9 p. 100

Une autre protéose voisine : 12,9 p. 100.

La bynine, insoluble eau et sel, soluble alcool, provenant de l'hordéine : 12,5 p. 100.

Une protéide insoluble eau, sel, alcool : 38 p. 100.

mais, à cause du poids élevé de celui-ci, la plus grande proportion des amides totaux est encore dans l'amande.

Sur la nature des matières albuminoïdes solubles on ne sait pas grand'chose.

Il semble qu'il y ait des peptones. Ainsi, d'après Bungenner et Fries :

Sur 100 d'azotés solubles, il y en a dans :

	En amides.	En peptones.	En albuminoïdes.
L'orge. . .	30,53	10,79	58,68
Le malt. . .	53,44	6,72	39,84

Si, pour nous faire une idée des nombres absolus, nous appliquons ces proportions aux nombres de Behrend, nous trouvons :

*Dans l'orge.*

Amides . . . .	$13,1 \times 0,3053 = 4$	p. 100 de l'azote total.
Peptones. . . .	$13,1 \times 0,1079 = 1,42$	»
Albuminoïdes. .	$13,1 \times 0,4868 = 7,68$	»

*Dans le malt.*

Amides . . . .	$35,2 \times 0,5344 = 18,8$	»
Peptones. . . .	$35,2 \times 0,0672 = 2,36$	»
Albuminoïdes. .	$35,2 \times 0,3984 = 13,92$	»

On voit qu'il doit se former des peptones, en même temps que des amides. Mais il faut remarquer qu'il s'agit ici du malt sec et que la peptonisation peut être ultérieure à la germination.

L. Briant donne des proportions différentes : dans un malt, il trouve les  $\frac{3}{4}$  d'amides, 22 p. 100 de peptones et seulement 3 p. 100 d'albuminoïdes.

D'autres auteurs se sont occupés des matières coagulables par la chaleur.

Ainsi, Stein a fourni les données suivantes :

	Orge p. 100.	Malt sec p. 100	
		du malt.	de l'orge.
Matières coagulables. . .	0,28	0,45	ou 0,37
Matières non coagulables. .	1,55	2,08	1,83
Total. . . .	1,83	2,53	2,20
Rapports.	$\frac{0,28}{1,83} = \frac{15,3}{100}$	$\frac{0,45}{2,53} =$	$\frac{17,8}{100}$ .

donc, dans l'orge 15,3 p. 100 de l'albumine soluble serait coagulable et dans le malt sec il y en aurait 17,8. Mais cela s'applique au malt sec qui contient moins de matières albuminoïdes solubles que l'orge, probablement par suite de la coagulation d'une partie de la diastase.

Stein a aussi indiqué que, dans un malt séché à l'air (qui contient plus d'albuminoïdes solubles que le malt vert terminé), il y a une quantité de matières solubles dans l'alcool =  $\frac{2}{5}$  des matières solubles dans l'eau.

Parmi les matières albuminoïdes solubles il faut citer les différentes diastases.

En premier lieu, il convient de parler de l'amylase, qui est soluble, coagulable et non filtrable au dégourdi de porcelaine. Elle paraît commencer à se former en grande proportion, seulement à partir du 4<sup>e</sup> jour d'une germination lente; elle a probablement pour origine le scutellum; mais elle est répartie dans tout le grain.

Lintner a calculé que sur 100 parties de diastase dans une orge en germination depuis 7 jours,

69,9	parties se trouvent dans la couche interne de l'endosperme.
25,2	» » externe.
3,9	» dans les enveloppes,
0,6	» dans les radicelles.
0,4	» dans la plumule.

L'amylase se développe surtout bien à 12<sup>o</sup>7; jusqu'à 17<sup>o</sup> la quantité obtenue est sensiblement constante.

Il en résulte que le pouvoir saccharifiant d'un malt diminue lorsqu'il est préparé à température élevée.

C'est sans doute un effet de coagulation; mais sous ce rapport l'amylase ne semble pas avoir de propriétés spécifiques. En effet si on fait agir la chaleur sur l'ensemble des albuminoïdes solubles d'une orge et d'un malt sec; on trouve pour les deux solutions, à toutes températures, la même proportion coagulée (Brown et Héron).

Lintner a trouvé que le pouvoir diastasique d'un malt sec est sensiblement proportionnel à la quantité de matières albuminoïdes solubles.

En admettant que l'effet de destruction des matières albuminoïdes solubles par le séchage soit sensiblement

proportionnel à la dose primitive, on peut appliquer la règle au malt vert.

Pratiquement au lieu des albuminoïdes solubles on peut prendre l'azote soluble, ce qui indique une certaine proportionnalité entre l'amylase et la somme des autres diastases, des autres albuminoïdes solubles, et des amidés.

Voici un tableau qui résume les expériences de Lintner :

*Expériences de Lintner sur la proportionnalité de l'action diastatique et la quantité d'albuminoïdes solubles. — Expériences faites sur le malt sec d'orge.*

(1) NUMÉROS	(2) Az P. 100. Substance sèche. Orge.	(3) Az P. 100. Substance sèche. Malt.	(4) Alb. sol. P. 100 Substance sèche. Malt.	(5) Maltose formée dans 100 cc. liq. d'essai.	RAPPORT (5) à (4).
1	1,926	1,736	0,203	0,609	3
2	1,438	1,516	0,224	0,665	2,97
3	1,977	1,880	0,245	0,758	3,09
4	1,432	1,718	0,258	0,802	3,10
5	1,168	1,381	0,258	0,810	3,10
6	1,760	1,754	0,259	0,819	3,15
7	1,591	1,414	0,282	0,906	3,21
8	1,459	1,785	0,271	0,910	3,35
9	1,696	1,598	0,290	0,977	3,36
10	1,537	1,477	0,349	1,088	3,11
21	1,484	1,646	0,314	1,106	3,52
12	2,150	2,170	0,312	1,203	3,85
13	1,357	1,394	0,367	1,318	3,57
14	1,424	1,800	0,381	1,420	3,71
15	1,795	1,760	0,428	1,618	3,76

A côté de l'amylase se trouvent un certain nombre d'autres diastases.

Il y a de l'invertine, de la cytase qui hydrolyse la cellulose et est détruite par la chaleur, de sorte que le malt

sec n'en contient pas. Son optimum d'action serait de 40 à 48°.

Nous avons déjà dit que Grüss pense que les diastases précédentes n'en font qu'une seule à fonction triple.

Beyerinck admet dans le malt deux diastases, la granulase qui invertirait l'amidon en maltose et en maltodextrine et une deuxième diastase qui proviendrait des grains naturels. Dans l'orge, le blé et le seigle cette deuxième diastase serait la maltase, donnant maltose et érythro-dextrine : dans le maïs ce serait la glucase invertissant la maltose.

Enfin, il est probable qu'on doit trouver une diastase protéolytique qui cause la solubilisation des matières albuminoïdes.

D'après Gorup-Besanez, dans le malt sec (et dans la graine de lin) il y aurait une de ces peptases soluble dans la glycérine ; mais on ignore si elle existe dans le malt vert.

D'après Ullik le malt normal ne contiendrait pas de peptases.

*Transformation des sels.* — Il est évident qu'il ne peut y avoir à proprement parler perte de sels pendant la germination, mais il y a migration vers la jeune plante. Il y a aussi les transformations dues à l'action des acides organiques qui prennent naissance.

Lorsque l'on compare les cendres d'une orge à celles de son malt, il faut faire attention que le résultat comporte l'effet de la trempe, laquelle a éliminé de l'acide phosphorique, de la potasse, de la soude et de la silice en même temps qu'elle a pu éliminer ou ajouter du fer, de la chaux et de la magnésie.

Lintner a montré que, sur 100 parties de matière sèche :

L'orge contient. . . . .	2,4	de cendres.
L'orge trempée. . . . .	2,1	»
Le malt séché à l'air. . . . .	2,1	»

Or, 100 kilogrammes d'orge contenant 86 parties de matière sèche en perdent environ 1,3 à la trempe, 5,7 par la respiration, et se réduisent à 79 dans le malt vert non dégermé et à un peu moins dans le malt séché à l'air mais non dégermé.

Il en résulte que sur  $2,4 \times 0,86$  de cendres de l'orge primitive il reste  $2,1 \times 0,79$  de cendres dans le malt séché à l'air; c'est donc une perte de 0,395 p. 100 d'orge.

C'est identiquement celle de la trempe.

Il m'est impossible d'indiquer la composition de cette perte; pour le faire il faudrait avoir la composition exacte des cendres d'un malt non dégermé provenant d'une orge connue.

Ce qui prouve le passage d'une partie des cendres dans l'embryon, c'est la proportion de 5,93 p. 100 que celui-ci contient.

Sur les 79 kilogrammes de matière sèche du malt non dégermé à 2,1 p. 100 de cendres, provenant de 100 kilogrammes d'orge, il y en a environ 3 kilogrammes dans le germe à 5,93 p. 100 de cendres.

Donc sur les  $2 \text{ kgr. } 1 \times 0,79 = 1 \text{ kgr. } 67$  de cendres du malt non dégermé il y en a environ  $5,93 \times 0,03 = 0 \text{ kgr. } 18$  dans le germe, soit près de 11 p. 100 de la totalité, tandis que le poids du germe est d'environ 3,5 p. 100 du poids du malt non dégermé.

**Migration des éléments vers le germe.** — Le germe représente une certaine quantité de matière sèche qui provient nécessairement du grain.

D'après Schneider, 100 de matières sèches provenant de :

L'orge laissent . . . .	3,45	dans les radicelles.
Du seigle . . . . .	2,11	»
Du blé . . . . .	2,94	»
De l'avoine . . . . .	3,71	»

Suivant John, les radicelles enlèveraient 4,65-4,99 p. 100 de matières.

Dans 100 de matières sèches du germe on trouve :

	I	II
Matières albuminoïdes . . . . .	19,6	} 24,3
Amides. . . . .	6,2	
Matières grasses . . . . .	2,3	3,5
Matières saccharifiables . . . . .	46,6	26,6
Cellulose. . . . .	15,9	28,4
Cendres . . . . .	8	7,4

D'après Windisch, sur 100 d'azote soluble dans le germe il y a :

81,9 . . . . .	d'amides.
15,5 . . . . .	de peptones.
0,1 . . . . .	d'albuminoïdes.
2,45 . . . . .	de divers.

**Influence de la température.** — La température influence la production du malt de deux manières : 1<sup>o</sup> au point de vue du pouvoir germinatif et de l'activité de la germination, et 2<sup>o</sup> au point de vue du pouvoir diastasique. Dans les deux cas, d'ailleurs, il y a deux températures limites entre lesquelles l'action se produit et une température optimum.

En ce qui concerne la germination, Haberlandt a fourni le tableau :

	Limite inférieure.	Limite supérieure.	Optim.
Orge. . . . .	3° — 4°,5	28° — 30°	20°
Seigle . . . . .	1° — 2°	30°	25°
Blé. . . . .	3° — 4°,5	30° — 32°	25°
Avoine . . . . .	4° — 5°	30°	25°
Maïs. . . . .	3° — 10°	40° — 44°	32° — 35°
Riz . . . . .	10° — 12°	36° — 38°	30° — 32°

Boussingault a indiqué pour :

L'orge . . . . .	5°	37°,7	28°,7
Le lupin . . . . .	7°,5	»	28°

Mais il s'agit là de germination dans le sol.



Il faut remarquer que, lorsqu'on ramène les grains trop refroidis à une température supérieure à la limite inférieure, la germination part.

La quantité d'acide carbonique dégagée pendant la germination est un bon critérium, de l'activité de cette germination.

Ainsi de l'orge à 5°	a dégagé	21 cc.	de CO <sup>2</sup>
»	12°,5	»	72,2
»	16°	»	84,5
»	20°	»	109,5

Un autre bon critérium c'est la durée de la germination aux différentes températures.

*Effets de la température sur la germination.*

	POUVOIR GERMINATIF			MOMENT D'APPARITION des racines.			
	16°	25°	31°	5°	10°	15°	18°,5
	Heures :	Heures :	Heures :	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.
Orge. .	100 en 72	92 en 72	241 en 44	6	3	2	1,75
Seigle .	100 » 56	100 » 32	100 » 80	4,5	2,75	1,25	1
Blé . .	100 » 56	100 » 32	100 » 48	6	3,5	2	1,75
Avoine.	100 » 80	100 » 48	100 » 80	7	3,75	1,75	2
Maïs. .	80 » 144	68 » 56	100 » 48	»	11	3,25	3

A basse température le grain pique plus tardivement, mais les radicelles sont plus trapues et plus courtes.

Cette influence de la température sur la marche de la germination n'est pas la même que celle ressentie par le pouvoir diastasique.

Autrefois, pour l'orge, le seigle et le blé on disait que le pouvoir diastasique était maximum pour une germination faite entre 15° et 20°.

Aujourd'hui de nouvelles expériences portant sur l'orge

conduisent à prendre 12°,5 et 17° comme limites pour ce grain.

Par conséquent, l'orge a un pouvoir diastasiqum maximum entre 12°,5 et 17° ; elle germe surtout rapidement à 20° ; mais déjà à 16° le pouvoir germinatif est suffisant.

Il en résulte qu'en distillerie l'on doit s'efforcer de conduire le maltage de l'orge à une température voisine de 17° ; la durée de l'opération est alors de sept ou huit jours ; en tout cas, 20° doit être la limite extrême ; la durée du maltage est alors d'environ cinq jours.

Il faut remarquer qu'autrefois la distillerie travaillait à température élevée parce que les distillateurs croyaient alors obtenir un plus fort pouvoir diastasiqum. Ce n'était qu'un préjugé, qui régent encore un certain nombre de distillateurs. Il faut d'ailleurs dire à leur décharge que faute de place ils ne peuvent pas toujours substituer un travail de sept ou huit jours à un travail de quatre ou six jours.

En brasserie, on ne cherche pas le grand pouvoir diastasiqum, ni la rapidité, on désire la désagrégation du grain c'est pourquoi l'on travaille souvent entre 8 et 12°, ce qui fait durer l'opération de treize à quinze jours.

Mais en réalité on travaille ordinairement à 15 ou 16°, ce qui est sensiblement la même température qu'en distillerie. Dans ce cas, les opérations durent de huit à dix jours.

Cette nécessité d'avoir une température relativement élevée au début et de la maintenir sans élévation pendant les opérations explique le procédé technique qui consiste à faire, au début des tas assez élevés ; puis à les étendre en couches plus minces, à retourner les couches, à les étaler et à les pelleter si la température tend à s'élever.

**Influence de certains agents. Lumière.** — Comme nous le verrons, on a intérêt à éviter la formation des

feuilles ; par conséquent l'effet de la lumière vive est nuisible au moins pendant les derniers temps de la germination et comme le malt se trouve dans le germeoir à côté d'autres malts plus ou moins avancés, il en résulte qu'on doit éviter la lumière vive pendant tout le travail.

Au point de vue de la germination, Schneider pense que les rayons bleus et violets sont les meilleurs ; il a recommandé des vitres violettes. Mais au point de vue diastasique ce sont les verres blancs qui sont à préférer.

**Agents chimiques. Chlore.** — De Humboldt a indiqué une action favorable du chlore, qu'il expliquait par une oxydation. C'est plutôt une action antiseptique.

**Solutions salines.** — Les solutions de chlorure de sodium, de chlorure de magnésium, de chlorure de potassium, de phosphate de potassium retardent la germination, et le développement des radicules ; ils accélèrent celui de la plumule et diminuent le pouvoir germinatif et la quantité d'extrait produite par le malt. Cet effet s'exagère, si la concentration augmente :

*Orge. Expériences sur le sel marin (Lintner).*

	Durée trempé.	Durée germination.	Extrait. P. 100.
	Heures.	Jours.	
Eau pure . . . . .	97	6	69,44
Eau salée à 3 p. 10000.	125	7	66,32
Eau salée à 5 p. 10000.	132	9	63,53

La richesse en azote du malt sec est plus grande parce que les radicules enlevées sont plus courtes.

*Orge. Expériences de Schneider.*

	Durée en jours.	Non germés.	Extrait. P. 100.
		P. 100.	
NaCl 1 p. 100 . . . . .	10	9	58,4
3 » . . . . .	14	14	51,2
5 » . . . . .	17	36	42,3

		Durée en jours.	Non germés. P. 100.	Extrait. P. 100.
KCl. . .	1 p. 100	10	10	59,1
	3 »	14	16	51,4
	5 »	17	29	47,2
MgCl <sup>2</sup> . .	0,5 »	9	5	61,4
	1 »	9	10	58,1
	1,5 »	9	15	54,2
CaCl <sup>2</sup> . .	0,5 »	9	4	62,3
	1 »	9	9	57,4
	1,5 »	9	16	52,6

Le sulfate de cuivre a une action retardatrice, si le contact est prolongé (par exemple six jours pour une solution au  $\frac{1}{1000}$ ).

Le formol a une action retardatrice, nous en avons parlé à la trempe.

**Influence d'une germination prolongée.** — Lorsque la germination se prolonge au delà d'une certaine limite, la proportion d'azote soluble continue à croître, mais il y a perte d'amidon.

Il y a donc à trouver le point de transition où en distillerie l'avantage du plus grand pouvoir diastasique est balancé par la plus grande perte en amidon.

Avec la méthode dite à long germe, la perte atteint 17 p. 100 du poids de l'orge au lieu de 6,5 ; mais le pouvoir diastasique est 1,5 au lieu de 1 ; donc l'effet produit par 100 d'orge sera  $\frac{100-17}{100-6,5} \times \frac{1,5}{1} = \frac{4}{3}$  au lieu de 1.

En brasserie, dès que la désagrégation est obtenue on doit arrêter puisqu'une perte d'amidon amène une perte d'extrait dans le malt sec.

De plus, la teneur en sucre de l'extrait augmente si la germination se prolonge, le malt touraillé est plus

foncé (1) et plus aromatique, conditions qui peuvent être défavorables pour certaines bières.

Lorsque l'on prolonge la germination, les feuilles commencent à pousser (hussards), ce qui entraîne une perte de substance.

En brasserie, il faut toujours repousser cette méthode. En distillerie, on a prétendu que le pouvoir diastasique continuait à croître après l'apparition des feuilles ; même si cela a lieu, il faut repousser la méthode, car on peut obtenir un malt énergique sans faire naître les feuilles. Il faut, d'après Delbrück, que l'embryon se soit réellement développé aux dépens de l'albumen, qu'il soit riche en matières solides et par les radicules et par la plumule, dont les longueurs respectives n'ont aucun rapport avec la richesse diastasique.

Ayant terminé l'étude théorique de la germination, nous allons en entreprendre l'étude technique.

Nous commencerons par l'installation des germoirs.

#### TECHNIQUE DE LA GERMINATION AU GERMOIR

La germination se fait le plus souvent dans un local spécial appelé germoir. Nous verrons ultérieurement qu'on peut malter à l'aide d'appareils mécaniques, mais ce n'est pas le cas général. Nous étudierons le maltage mécanique dans un chapitre spécial et nous commencerons par étudier le germoir.

*Germoir.* — Le sol du germoir doit être en contre-bas du sol naturel, de 1 m. 5 à 2 m. 5 pour se mettre à l'abri des variations de température ; on constitue ce sol de la manière suivante : 1° une assise de 0 m. 50 d'argile ou de chaux ; 2° 0 m. 5 de sable ; 3° un pavage de ciment ou de

---

(1) Le malt sec est bien plus foncé, mais les tourillons sont plus clairs.

pavés de grès cimentés. Les briques, l'asphalte, le pavage ordinaire sont à repousser à cause des trous où peuvent rester prisonniers des grains. Il est bon de donner une légère pente au sol pour faciliter les lavages ; il ne faut pas exagérer, cela sécherait trop les tas.

Les *murs* doivent être cimentés ou recouverts de carreaux de faïence ou peints à la chaux, à l'huile, au brai. Une bonne disposition est de toujours ménager au bas des murs un lambris formé d'un vernis au brai ou de carreaux de faïence, d'une hauteur de 1 mètre ; cela permet de laver la partie qui reçoit des grains pendant les pelletages.

La *hauteur* du germoir doit être de 2 m. 5 à 3 mètres et plus si le germoir contient le trempoir.

Il est bon de construire le *plafond* à l'aide d'une série de petites voûtes de briques appuyées sur une série de fers à T parallèles, et espacés de 50 ou 60 centimètres. Avec cette disposition, on trouve partout des points d'appui pour des échelles, ce qui facilite l'entretien.

100 kilogrammes d'orge dégagent jusqu'à 5.550 litres d'acide carbonique en neuf jours ; les autres grains agissent de même, il faut donc une bonne ventilation ; elle est assurée : 1° par de nombreuses fenêtres s'ouvrant à 1 mètre au-dessus du sol ; le châssis doit être en fer ; en avant on doit fixer une toile métallique pour arrêter les rongeurs ; enfin elles doivent être protégées contre le soleil, c'est pourquoi on les place le plus souvent au nord des bâtiments ; 2° par des portes faisant courant d'air avec les fenêtres ; 3° par des carreaux placés au *bas des murs* pour l'échappement de l'acide carbonique.

Pour certains malts, il est bon de pouvoir échauffer la malterie ; mais pour l'orge la température ne doit pas dépasser 14° et même 10-12° pour certaines variétés de malt.

Comme annexes au germoir, on peut citer : les chaus-

sons à semelles de caoutchouc pour les malteurs, de manière à ne pas écraser de grains ; les brouettes déjà signalées, les pelles, les balais, les thermomètres.

Ceux-ci sont de deux sortes :

Les uns, destinés à renseigner sur la température du germoir, sont montés sur une planche graduée ; on les suspend dans l'atmosphère de la salle, loin des murs.

Les autres, destinés à donner la température des couches, sont montés dans une gaine protectrice ; on les enfonce dans les couches de 5 à 10 centimètres de manière à avoir la température centrale qui est la plus élevée.

Il faut encore signaler, comme autres accessoires, les arrosoirs ou leurs succédanés ; parmi ceux-ci les pulvérisateurs sont très utiles dans les installations importantes.

Certains de ces appareils sont de véritables pulvérisateurs Giffard marchant à l'air comprimé produit par une petite pompe à air.

D'autres de ces appareils sont actionnés exclusivement par l'eau, mais celle-ci doit avoir de la vitesse. Le type de ces appareils est le Kœrting essentiellement formé d'une tuyère conique à l'intérieur de laquelle se trouve un axe libre, allongé, pointu en avant, entouré d'une hélice en relief. La pression d'eau fait tourner cette hélice et porte en avant la pointe de l'axe qui vient écraser le jet contre l'embouchure de la tuyère.

**Surface du germoir.** — Pour calculer la surface d'un germoir il faut connaître le volume du malt à y travailler, le nombre de jours du travail, et l'épaisseur moyenne des couches. On augmente en distillerie la surface de 25 p. 100 pour les passages ; en brasserie, l'augmentation est beaucoup moindre parce que les couches sont ordinairement plus vastes.

Au point de vue du volume, on peut admettre que :

100 kilogrammes	d'orge	donnent	348	litres	de malt vert.
»	de seigle	»	400	»	»
»	de blé	»	400	»	»
»	d'avoine	»	400	»	»
»	de maïs	»	440	»	»

Ces chiffres ont été fixés ainsi.

Ils sont expérimentaux pour l'orge et le seigle ; il ne faut pas s'étonner que pour le seigle, graine plus lourde que l'orge, on ait un nombre supérieur à celui de l'orge, car les plumules sont libres.

Pour le blé, dont la germination et le poids sont analogues à ceux du seigle, on a admis le même nombre.

Pour l'avoine, graine vêtue, on a ajouté au volume de l'orge la différence des volumes des grains non trempés, soit environ 50 litres.

Pour le maïs, grain de même poids que le blé, le nombre a été calculé en admettant : 1° que les  $\frac{4}{5}$  du grain sont germés et que, pour ces  $\frac{4}{5}$ , le volume obtenu soit de 500 litres par 100 kilogrammes, pour tenir compte des radicules plus longues que dans l'orge ; 2° que le  $\frac{1}{5}$  non germé ait doublé de volume par la trempé.

En se servant de ces nombres on peut, dans les différents cas, calculer la surface du germoir.

Dans le travail courant de distillerie on compte sur 3 mètres par 100 kilogrammes et par jour : cela correspond à un travail de huit jours en couches moyennes de 14 centimètres, avec augmentation de 25 p. 100 ; en brasserie, on admet, soit 3 m. 2, nombre très voisin du précédent et qui correspond à un travail de 9 jours en couches de 12 centimètres avec une augmentation de 20 p. 100, soit 3 m. 6, qui correspond à un travail de dix jours.

Ce chiffre de 3 m. 6 est équivalent du chiffre 2 m. 35 par hectolitre que l'on indique souvent.



Le tableau suivant rend compte des principaux cas.

GRAINE	NOMBRE de jours.	ÉPAISSEUR moyenne des couches.	SURFACE	SURFACE + 25 p. 100.
		Centimètres.	Mètres carrés	Mètres carrés
Orge. . . . .	3	20	6,80	8,50
	3	8	13	16,25
	6	18	11,50	14,40
	8	14	19,85	24,80
	8	12	23,85	29,80
	10	12	29,30	36,25
	10	10	37,10	43,50
Seigle . . . .	18	6	104,8	130,50
	4	6	26,70	33,35
Blé . . . . .	3	14	8,60	10,75
	6	12	28	25
Avoine. . . .	5	30	6,70	8,35
Maïs. . . . .	10	30	14,70	18,30

Autant que possible, il ne faut pas installer une salle de germination pour plus de 50 hectolitres de grains. Il vaut mieux faire plusieurs salles. En tout cas, 100 hectolitres est la limite extrême.

Avant d'entamer l'étude des différentes méthodes de maltage, nous dirons un mot des tours de main employés par le malteur.

*Tours de main.* — Au sortir du trempoir, le grain est conduit par l'un des procédés indiqués au germoir ; il y est étalé en couches qui doivent être sur les côtés et en arrière écartées des murs de 0 m.75 et en avant de 2 mètres.

On forme d'abord des couches épaisses pour éviter la trop grande perte d'eau et de chaleur. Celle-ci est causée par l'évaporation et par la conductibilité proportionnelles à la surface et par suite inversement proportionnelles à l'épaisseur des tas.

L'eau et la chaleur sont, comme on sait, nécessaires au départ de la germination.

Mais ces couches épaisses ne doivent pas être conservées, car l'échauffement continue et se fait surtout sentir au centre du tas, puisque la surface libre évapore et que la surface inférieure est en contact avec le sol.

Avec des couches épaisses on risque donc de faire une germination trop rapide et surtout inégale, ce qui ne peut produire qu'un malt sans pouvoir diastasique, ayant relativement coûté beaucoup d'amidon.

Enfin, l'excès de température est favorable au développement des moisissures.

La conséquence à tirer de tout ceci, c'est qu'il faut à un certain moment étaler les tas.

En outre, la surface supérieure des tas tend à se sécher, tandis que la surface inférieure, non au contact de l'air et refroidie par conductibilité, reste humide ; il faut donc produire l'agitation des couches, d'où les opérations du retournement et du recoupage.

Enfin, même dans les couches minces, l'échauffement se fait sentir ; on doit refroidir et pour cela on pellette, c'est-à-dire qu'à l'aide d'une pelle on projette les grains plus ou moins haut dans l'air.

Ces retournements, ces recoupages, ces pelletages doivent se faire dès que la température dépasse la limite convenable pour la sorte de malt à fabriquer ; c'est un travail de jour et de nuit qui exigé de la part des ouvriers une très grande exactitude et une très grande habileté.

Quand on doit étaler ou pelleter un tas, l'ouvrier se place à une extrémité du front le tas à droite, il plonge la pelle à sa droite et la vide à sa gauche sur l'espace vide de 2 mètres qui existe en avant du tas, soit qu'il en conserve l'épaisseur, soit qu'il étale les grains. S'il doit pelleté, il projette en même temps en l'air les grains. L'ouvrier avance droit devant lui ; arrivé à

l'extrémité du front, il fait demi-tour et prend le grain à sa gauche pour le déposer à sa droite, et ainsi de suite.

En réalité, sauf le cas de couches très minces, on ne déplace pas le grain d'un seul coup de pelle dans toute son épaisseur. On recoupe la couche, ce qui produit une sorte de malaxage de la masse.

Si la couche n'est pas très épaisse, on coupe en deux tranches, on prélève d'abord les  $\frac{2}{3}$  de l'épaisseur, qu'on dépose sur le nouvel emplacement, puis le  $\frac{1}{3}$  inférieur que l'on place sur la couche supérieure déjà remplacée.

Si la couche est plus épaisse, on recoupe en trois tranches, et pour effectuer un mélange plus parfait on replace les tranches dans l'ordre suivant : le  $\frac{1}{3}$  supérieur est placé sur la nouvelle ligne ; le  $\frac{1}{3}$  moyen est placé sur la ligne précédente ; le  $\frac{1}{3}$  inférieur est placé sur le  $\frac{1}{3}$  supérieur dans la nouvelle ligne.

Dans toutes les opérations, on doit éviter de frapper les murs avec les grains et d'en laisser sur le sol mis à découvert, ce sont des causes de contamination.

Dans le cas du malt feutré, on retourne sans recouper ; on a soin alors de remuer avec la pelle un petit carré de la couche, avant de le transporter.

Il peut arriver qu'on ait trop abaissé un tas et qu'on soit obligé de le rehausser ; pour le faire à l'aide de la pelle, on relève le grain de la périphérie et on le rejette sur le centre ; on fait le tour du tas plusieurs fois si cela est nécessaire.

L'étude des différents procédés de maltage doit embrasser successivement tous les grains décrits au début de ce cours.

Nous commencerons par l'orge.

**Maltage de l'orge.** — Pour plus de clarté, il convient de distinguer entre les opérations de la brasserie et celles de la distillerie.

**Maltage en vue de la brasserie.** — Il y a deux systèmes, le maltage à sueur froide, et le maltage à sueur chaude ; étant donné le rôle probable de la transpiration, cela veut dire maltage lent et maltage rapide.

La sueur froide se constate en passant le revers de la main à la surface des couches ; on la retire humide. On la reconnaît aussi un peu plus tard à la sorte de rosée qui se forme.

La sueur chaude se reconnaît à la vapeur qui se dégage des tas.

**Maltage à sueur froide. Bière usuelle.** — Pour cette sorte de maltage, le germoir doit être à 8-10°. L'orge trempée quarante à soixante-dix heures est placée en couche de 30 centimètres et plus, si la température est très froide. On la retourne matin et soir en deux coups de pelle.

Dès que l'orge pique, on retourne toutes les cinq ou huit heures et on étale les couches de manière à maintenir la température au-dessous de 17-18° et à empêcher les radicelles de pousser trop vite, ce qui pourrait causer ultérieurement leur altération.

La sueur, qui se produit au moment où les grains piquent ne doit pas non plus à ce moment être trop abondante.

Mais si, lorsque les radicelles ont une demi-longueur de grain, la température étant restée douze ou quinze heures à 16-17°, la sueur n'a pas eu lieu, on arrose avec 1 litre d'eau par hectolitre d'orge, en amenant les couches à 12 centimètres d'épaisseur.

On laisse alors reposer douze heures, au bout desquelles la température doit être de 18-19°. S'il y a alors sueur on pellette. Si la transpiration ne s'est pas produite on attend encore quelques heures. Si la sueur est encore défailante, on arrose de nouveau et on aère en pelletant

haut et en ouvrant les fenêtres. La sueur ne tarde pas alors à se produire.

On laisse marcher l'opération, en maintenant la température au-dessous de 18°, ce qui conduit, suivant les cas à abaisser l'épaisseur des couches à 5 ou 6 centimètres.

On arrête lorsque les radicelles ont la longueur du grain et que la plumule a une longueur des deux tiers.

La durée est de huit-neuf jours.

Quelquefois on fait germer en laissant monter la température à 20-22° avec des radicelles de 1 à 1,5 longueur et une plumule de deux tiers à 1 longueur.

**Bières blondes allemandes.** — La méthode de maltage pour la bière de Vienne ne diffère pas beaucoup de la méthode précédente.

On trempe cinquante-cinq à quatre-vingt-cinq heures.

Dès le début on ne fait que des couches de 5-6 centimètres et on les remonte à mesure que le travail avance; on pellette vingt-huit fois en neuf jours (Petit). La température ne dépasse pas 17°,5.

Le maltage pour la bière Pilsen (bière peu colorée et riche en sucre) est conforme au type usuel. On trempe soixante-douze à quatre-vingts heures, mais on ne dépasse jamais 17° de température.

**Maltage à sueur froide, type Munich.** — Lorsque le maltage a lieu pour obtenir une bière du type Munich, c'est-à-dire colorée et dextrineuse, la trempé est plus longue et on continue le maltage environ trente-six heures de plus sans dépasser 20-21°. La végétation devient nécessairement plus forte puisque la durée est prolongée et que le malt est plus fortement trempé (110 heures au lieu de 70). On pousse l'opération jusqu'à ce que les plumules aient la longueur du grain, sans montrer les feuilles à l'extérieur (hussards).

Les radicules ont alors une longueur comprise entre  $3/2$  et 2 longueurs, elles sont feutrées.

Avant de relever la couche, on la défeutre en la pelletant soit avec un râteau, soit avec un manche de pelle, et on l'étale le plus possible.

La durée est de dix à onze jours.

Certaines orges ne supportent pas la trempé prolongée nécessaire pour le type Munich ; on les trempé alors modérément soixante heures, et on arrose à chaque retournement fait avant que les radicules aient plus des trois quarts de la longueur ou vers la fin des opérations, mais jamais dans l'intervalle.

**Maltage à sueur froide, type anglais.** — Après une trempé de quarante-huit à soixante heures en changeant l'eau toutes les dix-huit heures, on forme des couches de 50 centimètres, qu'on maintient vingt à trente heures à une température inférieure à  $17^{\circ}$ . Le grain sue et forme rosée ; alors on étale en couches de 15-20 centimètres qu'on maintient à une température inférieure à  $15^{\circ}$  ; lorsque le grain pique, on étale en couches de 6 centimètres, on pellette toutes les six ou sept heures au râteau.

Si le grain se dessèche trop, on l'arrose de temps en temps sans employer plus de 8 litres d'eau par hectolitre pendant toute l'opération.

La maturité a lieu en dix jours en été et en douze ou treize jours en hiver ; la plumule égale trois quarts de longueur du grain.

L'opération a duré huit jours pleins.

*Exemple d'un maltage par sueur froide (Petit).*

Température du germoir 11°,5. — Saison d'hiver.

Poids de 1 000 grains, 46 gr. 15.

Trempe de 70 heures avec absorption de 48-52 p. 100 ;  
poids de 1 000 grains trempés, 68 gr. 4.

JOURS	HEURES (1)	HAUTEUR du tas.	TEMPÉRATURE du tas.		POIDS de 1 000 grains en grammes.	EAU absorbée.
			En bas.	Au milieu.		
1	7 1 pelletage.	43	11°,5	10°	71,36	
2	7 1 pelletage.	38	12°,5	14°,4	71,86	
3	19 1 pelletage.		13°,7	21°	69,7	
	7 1 pelletage.		14°,4	17°,5		
	9,30 13 1 pelletage.		15°,5	20°		
4	20,30 1 pelletage.	25	17°,5	23°,7	65,39	
	4,30 1 pelletage.	16	21°,2	26°,2		
	9,30 11 1 pelletage.	17	20°,7	23°,7		
5	18 1 pelletage.	13	22°,6	23°,7	62,13	
	5 1 pelletage.	14	17°,5	22°,6		
	10 18 1 pelletage.	12	19°,4	20°,6		
6	10 1 pelletage.	12	18°,7	18°,7	61,75	
	10 1 pelletage.	12	17°,5	17°,6		
7	10 1 pelletage.	13	17°	17°	60,60	
	10					
8	10				60,45	
9	10				59,30	

(1) Les heures sont exprimées de 1' à 24 heures, 1' étant minuit un, 12 étant midi ; 18 étant 6 heures du soir, 24 étant minuit.

*Exemple d'un malt bavarois (Stauffer).*

Poids de l'hectolitre d'orge, 67 kg. — Germoir à 6°. — Saison d'hiver.  
Durée de la trempé, 113 heures. — Egouttage de 23 heures,  
fini le premier jour à 9 heures.

JOURS	HEURES	HAUTEUR de la couche.	TEMPÉRATURE de la couche.	OBSERVATIONS	POUVOIR diastas. en minutes.
1	9	25	6°,25	Très humide.	
	18	on retourne.			
2	6	25	6°,25	Très humide.	
	18	22	7°,50		
3	6	18	7°,50	Comm. à piquer.	
	18	16	7°,50		
4	6	15	7°,50	Gr. pique.	
	18	15	7°,50		
5	6	13	10°	Pique très fort.	
	18	12	11°,25		
6	6	11	12°,50	Fortes radicelles.	58
	18	10	13°,25		
7	4	9	16°	Plumule 1/2 L. Radicelle 1/2 L.	35
	10,30	9	17°,25		
	19	9	16°		
8	8	9	17°,25	Plumule et radic. plus gr. que 1/2.	27
10	9	13	20°	Forte sueur. Léger feutrage.	16
11	9	on envoie à la touraille.		Plumule = L. Radicelle = 2/3 L.	

**Maltage à sueur chaude.** — Cette méthode plus rapide que l'autre économise de l'amidon, mais elle donne un malt moins désagrégé et moins riche en diastase.

La température du germoir est à 14-15°.

On forme des couches de 12 à 15 centimètres qu'on retourne trois fois par jour, sans en changer la hauteur



jusqu'au moment du piquage. La rosée qui se produit disparaît rapidement sous forme de vapeur visible. On élève alors les tas à 20-25 centimètres, on reste à cette hauteur un jour ou deux, la température étant maintenue inférieure à 30°, on élève encore les tas à 30-35° jusqu'à la fin de l'opération.

On a des radicelles de 1,5 longueur, feutrées, et une plumule d'une demi-longueur.

L'opération dure cinq jours.

*Cas anormaux.* — 1° Variétés d'orges récoltées sèches quoique non mûres (sécheresse de la saison).

Ce sont des variétés fréquentes en Hongrie et en Afrique.

Elles sont formées de grains blancs, plus vitreux, plus durs et plus longs qu'à l'ordinaire.

Ces grains s'échauffent plus au germe que les autres.

On en fait des couches de 7-8 centimètres, qu'on retourne deux fois par jour jusqu'à l'apparition des radicelles.

Si les grains germent trop vite, on ralentit la poussée par un arrosage au sel marin.

Lorsque les radicelles sont visibles, on continue comme pour un malt type Munich.

2° Orges de mauvaise qualité qu'on a incomplètement trempées (par précaution contre les moisissures).

On les travaille à froid en couches minces.

A partir du piquage, on fait trois retournements par jour, en maintenant la température en dessous de 16°.

En cas de manque de transpiration, on arrose.

3° Orges mouillées sur le champ.

On trempe comme nous avons dit en éliminant les grains germés, et en arrêtant lorsque le degré de trempage est obtenu par les grains les plus mouillés.

On fait des tas de 25-30 centimètres qu'on laisse s'aérer puis on travaille en malt bavarois.

Quand l'opération est terminée, on tire les grains mal germés à l'aide de trieurs qui ne sont pas autre chose que les sécheurs à malt vert déjà décrits.

On réunit les grains mal venus en couches de 10-12 centimètres, s'il y a germination sans trop d'échauffement, on laisse marcher l'opération. On fait un deuxième triage et le résidu est vendu pour le bétail.

S'il n'y a pas germination, ou si l'échauffement est trop fort, on arrête l'opération et on livre le tout à l'alimentation des animaux.

*Maltage en vue de la distillerie.* — Le malt de distillerie doit être riche en diastase.

Autrefois on employait un malt long, qui en réalité n'était qu'un malt de brasserie trop poussé ; puis on s'est servi d'un malt analogue à celui de brasserie ; enfin on utilise maintenant des malts longs, logiquement faits.

Nous parlerons d'abord du malt court et ensuite des malts longs.

**Malt court ou pelleté.** — Ce malt est très analogue à celui de brasserie ; la seule différence est que la température qu'on ne dépasse pas est 18-22°, au lieu de 17-18°.

Au sortir du trempoir, on fait des couches de 20-30 centimètres que l'on retourne après six ou huit heures pour les essorer.

On forme alors des couches de :

30 à 40 centimètres si la température du germoir est de 10° — 15°		
45 à 60	»	5° — 10°

On laisse les tas tranquilles environ douze ou quinze heures, jusqu'à ce que le grain pique ; en même temps, sur la surface des tas se produit la rosée.

. Pendant cette période, la température s'élève de 8 à 10° au-dessus de la température du germoir.

Si la rosée tarde à se produire, malgré une température de 20°, on attend encore quelque temps et si la température s'étant encore élevée, la rosée ne se présente pas, on asperge la surface, on retourne la couche en pelletant haut pour aérer, et en ouvrant les systèmes de ventilation du germoir.

Dès que l'orge pique, il faut empêcher la température de monter au delà de 20°, par crainte d'infection ; pour ce faire, on pellette et on abaisse les tas d'un quart ou d'un cinquième ; en réalité ce retournement est nécessaire toutes les six ou huit heures, pendant les premiers jours, puis toutes les douze-quinze heures ensuite.

Dans ces conditions, l'opération dure environ six ou huit jours : on a une radicelle de 1,5 longueur.

**Malts longs.** — Les malts longs ont eu autrefois la réputation d'être très actifs, il n'en est pas nécessairement ainsi. Il faut que le germe soit solidement constitué.

Dans les premiers temps de la distillerie on employait comme malt un malt long qui n'était en définitive qu'un malt de brasserie trop poussé. Il était peu actif et pauvre en amidon.

C'est le peu d'activité de ce malt qui a amené les distillateurs à employer le malt pelleté décrit plus haut qui n'est en somme qu'un malt de brasserie. Mais depuis on est revenu aux malts longs fabriqués d'après des principes plus scientifiques.

**Malt feutré.** — Le premier de ces malts longs, a été le malt feutré qui est un malt long par sueur chaude. Ce malt n'est pas d'une activité excessive, mais il a la propriété d'introduire dans les moûts très concentrés des prin-

cipes qui favorisent le développement rapide des levures.

Il a l'avantage d'exiger moins de main-d'œuvre et de blesser moins de grains.

Le germoir est à 15°-17°.

On y installe des couches de 15 centimètres qu'on remonte à 20, 25, 30 centimètres.

Ces couches de 30 centimètres sont pelletées toutes les six ou huit heures, jusqu'à ce que le grain paraisse sec ; la température est alors entre 20 et 25° et l'on voit de la vapeur au-dessus de la couche.

On abandonne le tas à lui-même jusqu'à ce que les grains piquent.

Puis on fait des couches de 10 centimètres qu'on laisse tranquilles jusqu'à ce que les grains soient feutrés. A ce moment la longueur de la radicule est de 3 ou 4 longueurs de grain.

Si l'opération languit, si la germination n'amène pas le feutrage de toute la masse, on arrose avec de l'eau tiède, et on retourne sans recouper.

**Malt long par sueur froide dit malt hongrois.** — Aujourd'hui on recommande en distillerie des malts longs germés très longtemps à basse température. L'opération dure dix-huit à vingt jours ; à cause de la prolongation du travail, on recommande de travailler des grains trempés à 4 ou 6° à la chaux ; considérée comme antiseptique, elle rend cependant la surveillance du travail minutieuse, car les grains trempés à la chaux tendent à s'échauffer plus vite à la germination. On part de couches de 8 à 10 centimètres, on maintient une température inférieure à 12°, ce qui force à abaisser les couches jusqu'à 5-6 centimètres et à ventiler.

A cause de la grande évaporation, on est conduit à arroser : 2 litres par 100 kilogrammes d'orge, à partir du deuxième jour, est la moyenne utile.

La plumule acquiert deux longueurs, la radicule trois longueurs de grain.

Il faut la plus grande propreté dans le germe ; on doit éviter absolument les grains écrasés sur le sol.

Dans le cas d'orges avariées, on devra les tremper au bisulfite comme il a été dit plus haut. Il est bon d'employer une méthode de trempé aérée de manière à ne pas exagérer la teneur en eau. Par compensation on arrose, dès que les couches sont sèches, avec 2 litres d'eau par hectolitre. On fait des couches de 8 à 10 centimètres en maintenant la température à 14° ; l'opération dure de treize à quatorze jours.

*Machines à carder.* — Les malts feutrés sont employés en vert ; même si on doit les sécher, on les carde soit à la main, ce qui est pénible, soit à l'aide d'une carde mécanique : laminoir en bois garni de pointes de 1 centimètre ; les deux cylindres sont écartés de 8 à 10 centimètres, ils sont mobiles en sens contraires à l'aide d'une manivelle ; leurs dimensions sont :  $D = 15-20$  centimètres,  $L = 40-50$  centimètres.

*Caractères d'une orge bien germée.* — Le caractère tiré de la longueur de la radicule n'est qu'un indice, car cette longueur dépend de la nature de l'orge et de la température du travail. Ce qu'il faut considérer en brasserie, c'est la désagrégation du grain. Si on regarde au microscope, on doit reconnaître que la plupart des cellules sont disloquées ; pris entre le pouce et l'index le grain donne un gruaux farineux et grossier.

En distillerie, la désagrégation est une marque de pouvoir diastasique ; elle n'est donc pas à dédaigner ; mais ce qui est important c'est un malt à embryon trapu, plutôt long que court.

*Résumé du travail de l'orge.* — 1 hectolitre d'orge

pesant 64 kilogrammes et contenant 7 kilogrammes d'eau a donné 1 hec. 475 pesant 98 kgr. 1 d'orge trempée contenant environ 40 à 44 kilogrammes d'eau ;

1 hectolitre d'orge a donné 2 hec. 187 pesant 98 kilogrammes de malt vert contenant environ 40 à 44 kilogrammes d'eau.

Donc 1 hectolitre de ce malt vert pèse  $\frac{98}{2,187} = 44$  kgr. 925.

On peut encore dire que :

100 kilogrammes de cette orge ont donné 153 kgr. 8 d'orge trempée et 153 kgr. 7 de malt vert.

Mais les variétés d'orges diffèrent entre elles et l'on admet qu'en moyenne 100 kilogrammes d'orge donnent 140 kilogrammes de malt vert, 90 kilogrammes de malt séché à l'air, 80 kilogrammes de malt sec.

Schutt indique les rendements suivants :

100 kg. d'orge contenant 86 kg. matière sèche en perdent :

A la trempée. . . . .	1,3 kg.
A la germination. . . . .	5,7 »
Restent 79 kg. contenant en moyenne :	
Matières azotées . . . . .	9,6 »
» grasses . . . . .	1,8 »
Matières saccharifiables. . . . .	56,4 »
Cellulose . . . . .	8 »
Cendres. . . . .	3,1 »
Total . . . . .	<u>79</u> kg.

Dans ces 79 kilogrammes sont compris 3 kilogrammes du germe.

Pendant le touraillage il y a encore une perte de 0 kgr. 5, restent 75 kgr. 5 de malt dégermé et sec.

Or, 79 kilogrammes de matière sèche dans un malt vert à 45 p. 100 d'eau représentent 143 kilogrammes de malt vert ; 79 kilogrammes de matière sèche dans un malt séché à l'air a 12 p. 100 d'eau représentent 89 kgr. 75 de malt séché à l'air non dégermé.

75 kgr. 5 de matière sèche dans un malt dégermé à 2 p. 100 d'eau représentent 79 kgr. 2 de malt sec à 2 p. 100 et dans un malt dégermé à 4 p. 100 d'eau, cela fait 79 kgr. 5.

*Composition d'un malt vert (Märker).*

Eau . . . . .	47,5	Matières extractives .	38,5
Matières azotées. . .	6,3	Cellulose . . . . .	4,3
» grasses . . . . .	2,5	Cendres. . . . .	1,7

**Maltage du seigle.** — Le malt de seigle est toujours employé en Allemagne concurremment avec le malt d'orge dans la fabrication des levains pour eaux-de-vie de grains. A part ce débouché, on ne l'emploie que lorsque le prix de revient est favorable.

Le germe doit être froid et spacieux. La germination dure environ cinq jours; le premier jour on fait des couches de 10 à 12 centimètres, le deuxième jour des couches de 8 à 10 centimètres; le troisième jour on garde la même épaisseur; le quatrième jour on prend 6 à 7 centimètres; enfin, le cinquième jour on arrive à 5 ou 6 centimètres.

On retourne quatre fois par jour, en général il faut arroser légèrement.

La longueur de la radicule est de 1,5 longueur de grain.

1 hectolitre de seigle pesant 71 kilogrammes et contenant 8 kilogrammes d'eau donne 1 hec. 625 de seigle trempé pesant 101 kgr. 33; il donne 2 hec. 812 de seigle malté pesant 100 kgr. 37.

Donc 1 hectolitre de malt vert de seigle pèse 36 kilogrammes; le pouvoir diastasique du seigle est les 0,93 de celui de l'orge.

On malte souvent le seigle et l'orge en mélange, cela peut se faire à condition de tremper séparément les deux grains. Il est évident que l'orge est insuffisamment ger-

mée, mais il y a l'avantage d'empêcher l'écrasement des plumules libres du seigle.

**Maltage du blé.** — Le germoir doit être très propre, bien ventilé et à 14-20° de température.

On fait des couches de 15 à 25 centimètres suivant la température, les grains piquent après vingt-quatre heures, pendant lesquelles on fait un seul pelletage, et on arrose si c'est nécessaire; on met en couches de 10 à 15 centimètres en faisant trois pelletages par jour; le deuxième jour avant de pelleter, on arrose. L'opération dure trois jours à 20°, quatre jours en dessous de cette température.

On fait quelquefois germer le blé plus lentement.

Après une trempe de quarante heures à 10° on envoie au germoir et l'on a la marche suivante :

JOURS	HEURES	
1	8	Au germoir.
	20	On retourne, température 14°.
2	6	» »
	18	» »
3	6	» température 15°, le grain pique.
	18	» »
4	3	» température 16°, plumule 1/4, radice 1/2.
	14	On retourne, température 18°.
	19	» température 18°,5
	23	» »
5	6	» température 18°, plumule entre 1/3 et 1/2, radice 1.
	14	On retourne, » on asperge.
6	6	» température 19°, plumule entre 1/2 et 3/4, radice 1 ou 3/4.
7	19	On retourne, température 19°,5, plumule 3/4, radice 1,5. Le malt est feutré, on l'étale.
8		Tourailage.



Il est évident que cette méthode doit mieux développer le pouvoir diastasique que l'autre. Mais il faut craindre les moisissures.

**Maltage de l'avoine.** — L'avoine est employée en Hongrie. Son pouvoir diastasique est faible, mais il fournit des moûts fermentant très activement.

Le germe est à température relativement élevée ; on fait des couches de 20 à 25 centimètres ; la germination est terminée en cinq jours.

Les moisissures sont peu à craindre à cause de la pellicule lisse.

**Maltage du maïs.** — Le malt de maïs est peu actif, car son pouvoir diastasique n'est que les  $\frac{3}{10}$  de celui de l'orge ; mais il est facile à fabriquer dans les pays chauds. En Hongrie, on l'utilise souvent sans autres matières farineuses.

Il faut partir de grains parfaitement nettoyés et triés. Le germe doit pouvoir être maintenu à 20-21°.

Il y a plusieurs systèmes de maltage du maïs.

*Première méthode.* — Le maïs trempé est mis en tas pointus qu'on laisse s'échauffer (il est bon de les couvrir de sacs pour empêcher l'évaporation). Après 16 heures, on étale en couches de 40 centimètres environ, puis après 36 heures on fait des couches de 30 centimètres qu'on laisse pendant 52 heures. La température est maintenue, pendant ce temps, à 20-24° ; le grain commence à suer. Il faut remarquer, à propos du travail du maïs, que la température ne tend pas à dépasser, d'une manière exagérée, les limites indiquées ; en général, il ne faut pas pelleter en projetant en l'air.

On étale en couches de 25 centimètres et par des pelletages on maintient la température entre 24-26° pendant 60 heures.

Enfin, on laisse l'opération s'achever en restant au-dessous de 30°.

Pendant toutes les opérations il faut arroser ; en hiver, on emploie de l'eau chaude.

Le travail dure 7 ou 8 jours. Les radicelles ont alors 3 longueurs de grain ; la plumule a environ 5 millimètres, elle a un goût de bois de réglisse, et est terminée par la gemmule jaune orange foncé.

*Deuxième méthode.* — Woolf a indiqué une méthode légèrement différente.

Le maïs est séché à 36° au séchoir à air, pendant 12 heures en couches de 12 centimètres, il est alors trempé seulement 36 heures à 10°, pour lui faire absorber 45 p. 100 de son poids d'eau. On ajoute à l'eau de trempe, par quintal, 50 grammes de sel, 50 grammes d'acide sulfureux, 20 grammes de phosphate d'ammoniaque. On met le grain trempé en couches de 25 centimètres, on recouvre de sacs ; après 24 heures on arrose avec de l'eau tiède s'il n'y a pas de rosée. On retourne toutes les 12 heures environ, c'est-à-dire chaque fois que la température monte de 2°.

Le malt de maïs est très difficile à faire en été ; il se couvre de moisissures. C'est pourquoi on a recommandé d'humecter les sacs qui servent à le recouvrir avec de l'acide fluorhydrique dilué. On doit toujours avant de l'employer le laver aux antiseptiques.

**Maltage du riz.** — Le maltage du riz se fait entre 25 et 30°.

**Maltage du lupin.** — Le maltage du lupin est conduit à 18-20° ; il n'y a pas à craindre la destruction de la diastase ; l'opération dure 3-4 jours.

**CONCLUSIONS.** — Les différents malts ont des pouvoirs diastasiques différents.

Moralsky et Glaser ont trouvé que les pouvoirs saccharifiants sont pour :

L'orge. . . . .	14,4	et s'il est 100	pour l'orge.
Le seigle . . . . .	13,4	il est 93,1	» le seigle.
Le blé . . . . .	15,5	» 107	» le blé.
L'avoine . . . . .	4,3	» 30	» l'avoine.
Le maïs. . . . .	4-4,3	» 28,9	» le maïs.

*Moisissures.* — Le malt est souvent recouvert de moisissures qui ont peut-être un effet nuisible sur la diastase, mais qui ont certainement le tort d'être des nids à microbes qui dans les mouts vivront aux dépens du sucre.

On a proposé pour combattre ces moisissures différents procédés.

Avenarius brûle du soufre sous le malt et pellette.

Märker lave, avant son emploi, le malt avec du bisulfite de soude (un litre par hectolitre d'eau) et il rince.

On a préconisé aussi le bisulfite de chaux, lorsqu'il n'a pas déjà été employé à la trempe ; on arrose les tas pendant le travail. Enfin l'acide fluorhydrique étendu rend des services pendant le travail du maïs, surtout en été.

#### TECHNIQUE DE LA GERMINATION PAR MALTAGE PNEUMATIQUE

La main-d'œuvre du maltage à la main exige une grande habileté et est fort coûteuse.

Pour la remplacer on a eu d'abord l'idée de retourneurs mécaniques, mais ils ne sauraient remplacer les ouvriers malteurs qui savent agir à propos ; les retourneurs n'ont pas, en définitive, été adoptés dans la pratique du maltage. Il n'en est pas de même des appareils de maltage pneumatique disposés non seulement pour retour-

ner les grains, mais pour les maintenir dans un courant d'air de température et d'humidité connues et réglées.

Ces appareils ont les avantages suivants :

1° Régularité du travail résultant de la constance de la température et de l'humidité ;

2° Travail continué pendant les périodes de fortes chaleurs ;

3° La surface occupée est moindre ;

4° Il y a économie de main-d'œuvre, et de matière première parce qu'il y a moins de grains abîmés.

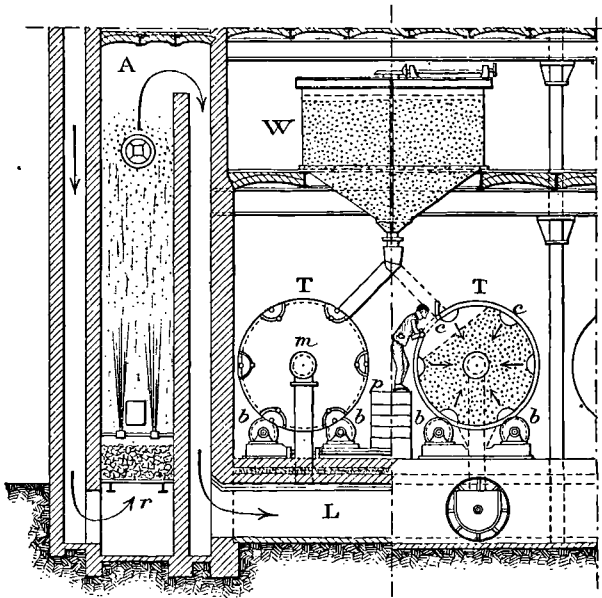


Fig. 32. — Système Galland.

Les premiers essais de maltage pneumatique datent de 1850 (Lacambre et Persac), mais ils n'ont pas abouti.

En 1868, le docteur Baud, de Contrexille, a repris à Tantonville les études qui ont été continuées en 1870-72 par Galland. Le système consistait en des cases à injection

d'air humide sans retournement. Saladin, qui travaillait alors avec Galland, eut l'idée d'ajouter un retourneur. Galland, adoptant cette manière de voir, créa alors les tambours rotatifs actuellement existants, tandis que Saladin continua à perfectionner le système des cases telles qu'elles fonctionnent concurremment.

**Système Galland.** — L'orge triée, nettoyée, et lavée aussi bien que possible est envoyée à un trempoir cylindro-conique à vidange automatique (fig. 32).

Ce trempoir alimente à tour de rôle deux des appareils de maltage, dont l'un est occupé et l'autre inoccupé. Ces appareils sont situés à l'étage en dessous de l'étage des trempoirs, ils sont accouplés par paires.

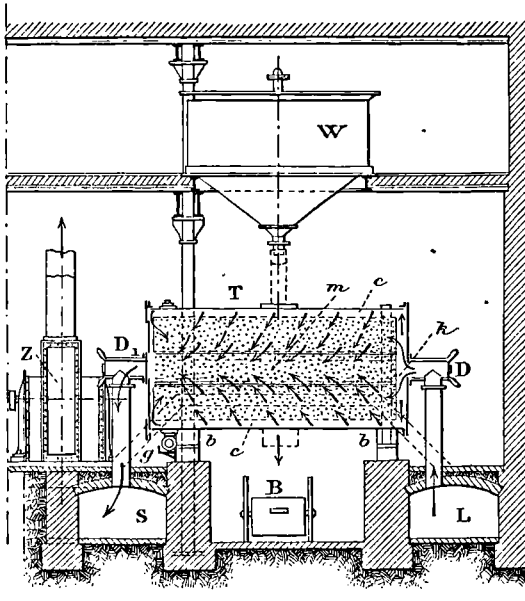


Fig. 33. — Coupe d'un tambour.

**Tambours.** — Ce sont des tambours (fig. 33) à axes horizontaux, à double paroi, la paroi externe est pleine ;

la paroi interne est constituée par deux bases perforées et une enveloppe cylindrique portant un certain nombre de cannelures demi-circulaires, et dirigées suivant des génératrices. La surface de ces cannelures est perforée.

Les tambours sont munis de trous d'homme de remplissage et d'observation ; les couvercles de ces trous d'hommes sont doubles de manière à fermer les deux enveloppes. Les tambours tournent autour de leur axe géométrique en roulant sur des galets ; le mouvement est communiqué par des crémaillères circulaires placées contre les deux bases. Ces crémaillères reçoivent le mouvement d'une roue dentée calée contre une roue hélicoïdale qui reçoit le mouvement d'une vis sans fin. Toutes les vis sans fin sont creuses et enfilées sur un arbre commun ; des embrayages à friction permettent à volonté de rendre adhérentes les vis et l'arbre ou de les rendre folles.

La vitesse de rotation des tambours est de 1 tour par 40 minutes.

Ce mode de mouvement évite les pressions qui se feraient sentir sur des axes de rotation ordinaire, dans des appareils aussi chargés (64 quintaux d'orge au minimum, ce qui fait avec l'eau 100 quintaux, plus le poids de l'appareil).

Suivant l'axe géométrique des tambours se trouve un tube creux, perforé ; transversalement il est muni d'une cloison qui intercepte la circulation directe. Cette cloison est placée du côté de l'arrivée d'air à hauteur de la base du tambour interne. Il résulte de cette disposition que l'air introduit dans le tube creux est chassé entre les deux parois du tambour ; pour sortir, il est obligé de passer par la paroi perforée, et par la partie perforée du tube creux qui se trouve à l'intérieur du tambour. L'air est donc évacué par le tube creux, comme il était entré, mais après avoir fait un détour par l'extérieur, puis par l'intérieur de l'enveloppe perforée du tambour.

Ce mode d'introduction d'air a un défaut : l'air entre dans le tambour intérieur à la fois par le haut et par le bas. Or, le tambour n'étant pas rempli d'orge l'air qui pénètre par le haut ne profite guère.

Dans la modification de Guérin (fig. 34), cet inconvénient est évité : entre les deux parois des tambours se trouve une série de cloisons longitudinales comprenant les cannelures dans leurs intervalles et par conséquent divisant l'espace annulaire en autant de cham-

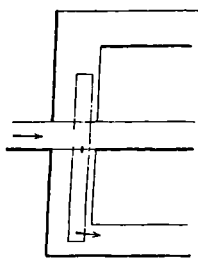


Fig. 34. — Modification de Guérin.

bres qu'il y a de cannelures sur le cylindre perforé. D'autre part l'air, au lieu de pénétrer entre les deux cylindres par une série de petits trous placés tout autour de l'arbre creux, pénètre par une pièce immobile malgré la rotation de l'arbre et percée de trous aux places correspondant aux intervalles des cloisons situées sur la partie du cylindre en contact avec l'orge, de sorte que tout l'air passe à travers les grains.

L'appareil a le défaut de ses qualités : à la fin de la germination tout le tambour est sensiblement plein, et le malt ne reçoit pas tout l'air qu'il pourrait recevoir.

À cause du foisonnement qui se fait au maltage en produisant une augmentation de 50 p. 100 du volume trempé, il ne faut pas remplir les tambours. On les remplit légèrement au-dessus de l'axe. Après le foisonnement ils sont presque pleins.

Le grain pendant la rotation prend une surface oblique qui oscille très lentement, ce qui fait que, malgré le pelletage produit, les grains ne s'abiment pas.

*Circulation de l'air.* — L'air provenant d'un dispositif spécial pénètre par un bout de l'arbre creux, circule entre les doubles parois, passe dans le cylindre interne, puis dans le tube creux, et sort par l'autre bout.

Il est bien évident qu'il faut que l'arbre creux soit relié d'une manière étanche au tube d'arrivée d'air et au tube de sortie.

L'air humide qui circule dans l'appareil est préparé de la manière suivante :

Il est poussé par un ventilateur dans une batterie de chambres ; il pénètre dans chaque chambre par le haut et sort par le bas. Il est conduit de la dernière aux tambours, par un gros tube ayant des branchements dirigés vers chaque tambour.

Chaque chambre qui a la forme d'une tour comporte un fond perforé, sur lequel est établie une petite couche de coke servant de filtre à air et que l'on peut renouveler, par-dessus une autre tôle perforée portant une forte couche de coke. Ce coke est mouillé soit par une pluie d'eau à 3-5 atmosphères venant du haut, soit par des jets d'eau noyés à la base du coke.

En été l'eau est de l'eau de puits. En hiver on la réchauffe.

On règle l'arrivée d'eau suivant le volume et la température de l'air de manière à amener celui-ci à être à 11°-13°.

On ne cherche pas tant à avoir pour l'air une température déterminée que de produire avec lui un bon travail. Pour régler la température de l'air, on procède de la manière suivante.

L'air, avant d'entrer dans un tambour, passe dans une chambre à thermomètre et de même à la sortie ; c'est par la comparaison des deux thermomètres qu'on se fait une idée de la vitesse de germination. Si celle-ci est trop rapide, l'air sort avec un écart trop grand de température ; on rend l'air admis plus froid. Et inversement.

Un autre bon moyen de réglage est de prendre la température des couches ; rien n'est plus facile étant donnée la petite vitesse de rotation du tambour, on ouvre une des portes du haut, et on plonge un thermomètre dans l'orge.



Un piédestal spécial placé entre les deux tambours couplés permet de faire facilement la manœuvre.

Les quantités d'air injectées sont très variables avec la température (Petit).

*Pour 100 kg. de malt. — L'air étant à 98 p. 100 de saturation.*

L'AIR entrant à la température.	L'AIR sortant à la température.	VOLUME TOTAL d'air.	EAU enlevée.
Degrés.	Degrés.	Mètres cubes.	Kilogrammes.
7,5	15	5,300	26,5
10	15	7,700	27,2
12,5	15	14,900	28
10	17,5	4,900	28
12,5	17,5	7,100	28,8
15	17,5	13,200	29,5
12,5	20	4,500	29,5
15	20	6,500	30,5
17,5	20	12,700	31

On voit que la quantité d'eau augmente lorsque la température initiale et la température finale augmentent.

*Vidange.* — L'opération dure sept à neuf jours ; quand elle est terminée, on arrête la circulation d'air, on ouvre la porte du haut ; on laisse tourner le tambour de 180° et on l'arrête ; le malt est recueilli dans des wagonnets.

Après vidange, on brosse l'intérieur, on écouvillonne les cannelures à l'aide de brosses passées par des trous d'homme percés dans les bases ; on rince à l'eau pure.

Ordinairement, on a cinq tambours que l'on charge tous les deux jours, il suffit de deux trempoirs pour une trempe de soixante-dix heures. Pour une trempe de cent vingt heures, il faudrait trois trempoirs.

Dans les grandes usines on a dix tambours.

**Avantages.** — L'appareil est bon à condition d'être surveillé : *il n'est pas automatique.*

On gagne environ un cinquième de place.

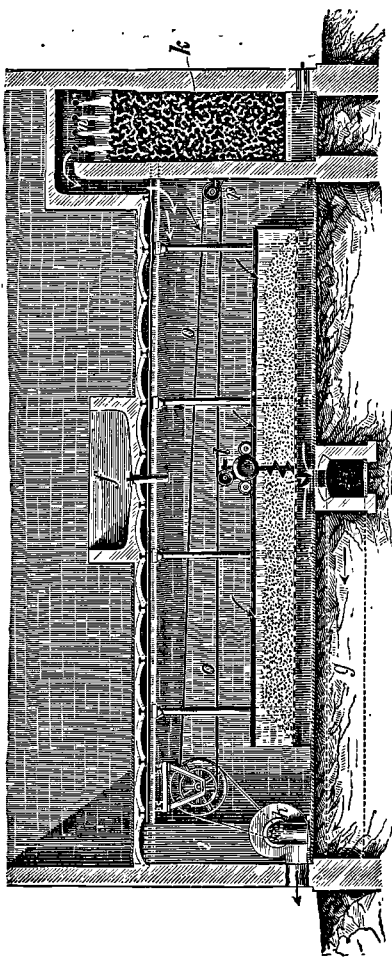


Fig. 35. — Système Saladin.

Le capital engagé serait inférieur de 30 p. 100.

Un seul homme peut surveiller la batterie ; il suffit de lui adjoindre deux ou trois aides au moment des remplissages et des vidanges.

On peut travailler trois cent quarante jours par an, au lieu de deux cent soixante-dix.

La température étant plus basse, la perte d'amidon est moindre.

On peut sécher le malt à même les tambours, mais il en faut un de plus qui est ordinairement plus grand. On y envoie alors de l'air chauffé par son passage dans des cylindres chauffés à la vapeur. On peut ainsi sécher jus-

qu'à 10 p. 100 d'eau. Pour achever le touraillage on peut se servir d'autres cylindres (plus petits que le cylindre

à air chaud) où passe de l'air venant d'une touraille à coke.

Le minimum de la quantité d'orge qu'on peut travailler dans les tambours Galand est de 11 000 quintaux d'orge par an; dans ce cas on n'a que cinq tambours, ce qui fait 170 charges par an.

Chaque charge est de 64 quintaux d'orge représentant 147-148 hectolitres d'orge trempées.

Les tambours ont alors 225 hectolitres ( $D = 3$  m. 5,  $L = 3$  m. 6, mesures intérieures).



Fig. 35 bis. — Système Saladin.

**Système Saladin.** — Le système Saladin est formé par des cases rectangulaires; un retourneur mécanique y est adjoint.

Le grain subit une trempe de vingt-quatre heures ayant surtout pour but de ramollir les saletés; on l'envoie

alors dans une sorte de laveur à tambour où le frottement et un courant d'eau achèvent de le nettoyer.

Puis on termine la trempe à la manière ordinaire.

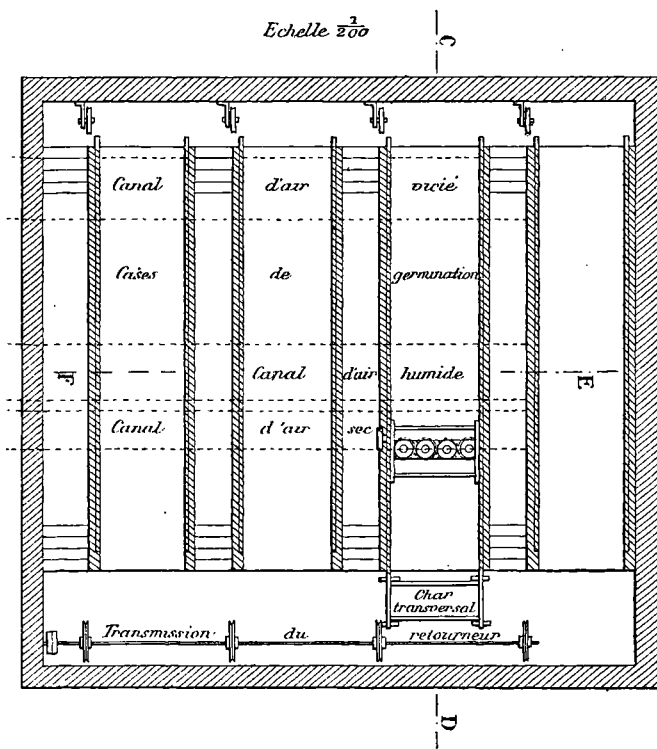


Fig. 36. — Plan des cases.

On peut d'ailleurs effectuer le lavage au trempoir à air comprimé.

**Cases** (1). — Les cases (fig. 35, 35 bis, 36, 37, 38 et 39)

(1) Les figures 36, 37, 38, 39 sont des reproductions de dessins originaux de M. Saladin.

se trouvent à l'étage en dessous des trempoirs ; on y met une couche d'orge de 60 centimètres environ.

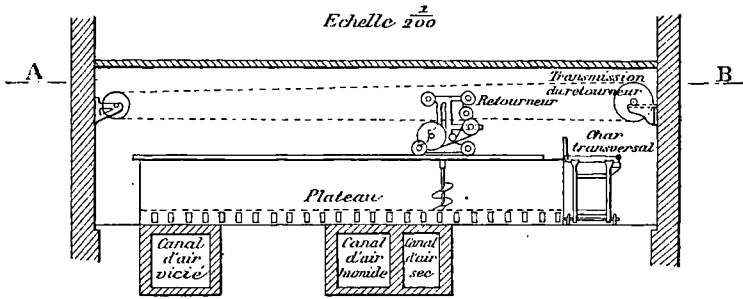


Fig. 37. — Coupe longitudinale.

Elles sont rectangulaires, par exemple elles ont de 10 à 15 mètres de longueur, 3 mètres de largeur, 1 m. 5 de profondeur (120 quintaux pour 10 mètres).

Elles sont formées :

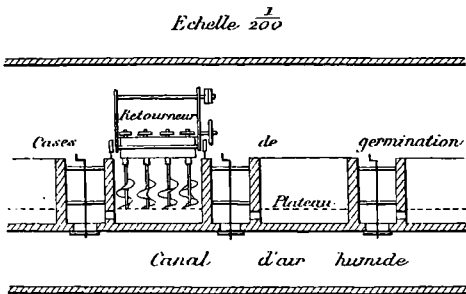


Fig. 38. — Coupe transversale.

1° De deux murs parallèles, de 0,25 d'épaisseur, en briques recouvertes de ciments ; ces murs constituent les parois dans le sens de la longueur.

2° De deux fronts, constitués par des plaques de tôle, ayant la forme d'un certain nombre de demi-cylindres verticaux accolés les uns à côté des autres, la concavité en dedans.

Cette disposition a pour but d'éviter les points morts quand on retourne le grain, car le retourneur est essentiellement constitué par des vis verticales (fig. 40).

3° D'un faux fond, formé d'une série de trappes per-

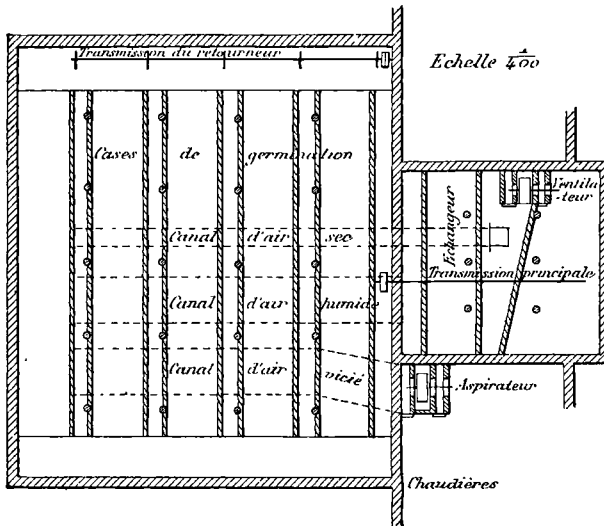


Fig. 39. — Plan d'ensemble.

forées à deux battants, qui s'ouvrent vers le haut. Cette disposition facilite la vidange.

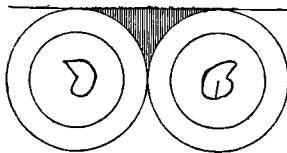


Fig. 40. — Vis du retourneur.

En effet, veut-on évacuer une case, on enlève le front d'avant, on approche un wagonnet dans lequel on fait tomber le malt qui se trouve sur la première trappe ; lorsque celle-ci est découverte, on l'ouvre, on approche le wagonnet de la deuxième trappe que l'on évacue à son tour, et ainsi de suite.

Le sol en dessous des cases est en pente, pour permettre l'écoulement de l'eau.

Les cases sont placées l'une à côté de l'autre, mais séparées par des passerelles de service.

**Retourneur.** — En général, un seul retourneur suffit ; on le fait passer d'une case à une autre à l'aide d'une plate-forme mobile que l'on peut amener contre le front arrière de chaque case. Cette plate-forme porte des rails pour faciliter le roulement du retourneur ; elle se déplace elle-même sur voie ferrée.

Le retourneur se compose :

1° D'un bâti qui avance automatiquement et qui recule quelquefois de même, il circule sur des rails placés sur les murs en maçonnerie ;

2° De vis d'Archimède verticales, en bronze tournant les unes à droite les autres à gauche. C'est le mouvement du bâti qui leur communique les mouvements de rotation. Ces vis peuvent d'ailleurs se remonter de manière à pouvoir dégager le retourneur de la masse du malt ;

3° D'une transmission de mouvement pour le bâti.

Ce bâti porte sur le côté une poulie qui vient passer à quelques millimètres en dessous d'une courroie. Un mouvement de levier appuie sur la courroie un étrier qui la tend et l'abaisse jusqu'au contact de la poulie du bâti, qui se met alors à tourner en sens contraire de la courroie.

Cette poulie commande les roues qui transportent le bâti et par suite les vis ; donc tout le système tourne en avançant dans une direction.

Pour rétrograder, le mécanisme est complété ; de l'autre côté du bâti, montée sur le même arbre se trouve une deuxième poulie analogue à la première, mais placée sous une courroie croisée ; que celle-ci appuie sur la poulie et on aura des mouvements de sens contraire à ceux produits par la première poulie.

Tout sera donc réglé si on arrive par un mécanisme à relever le levier tenseur d'une des courroies, en même temps qu'on abaisse celui de l'autre. Ce résultat est obtenu par un butoir porté par le bâti qui, par l'intermé-

diaire de leviers, agit sur les leviers tenseurs lorsque le bâti est à bout de course.

Il faut donc à chaque courroie un levier tenseur à chaque extrémité, et un butoir à chaque face du bâti.

Souvent la rétrogradation se fait à la main.

Quelquefois la traction a lieu, par câble; il est évident qu'alors la rétrogradation se fait à la main.

*Circulation de l'air.* — 1° Un ventilateur prend de l'air au dehors, le pousse dans un puits maçonné et par des galeries dans l'échangeur de températures.

2° Cet échangeur est placé en arrière des cases : c'est un tambour percé de petits trous qui tourne dans une bêche à moitié remplie d'eau; celle-ci forme une couche mince sur le tambour et dans les trous.

L'air est amené à l'intérieur du tambour, il ne peut sortir que par les trous, il frotte donc contre l'eau, s'y humidifie et en prend à peu près la température. Cette eau peut être à volonté refroidie ou réchauffée, car la bêche contient des serpentins où on peut faire circuler de l'eau glacée, ou de la vapeur.

Quelquefois l'échangeur est une tour à coke comme dans le système Galland, ou une tour garnie de chicanes rapprochées à 0°,5 de distance; ce système est moins coûteux et l'eau par évaporation ne finit pas par boucher les pores du coke, ou les trous du tambour;

3° En sortant de l'échangeur, l'air se rend par des conduits passant sous les passerelles dans un ou deux canaux transversaux passant sous le sol et percés de bouches de dégagement d'air envoyant celui-ci dans le grain.

Quelquefois ces canaux sont supprimés, on les remplace par des briques creuses dans les murs.

4° Un dernier canal est en relation avec un deuxième ventilateur et sert à l'expulsion de l'air vicié.

5° La manœuvre des vannes se fait de la passerelle.



6° Le réglage de la circulation d'air se fait par l'étude de l'air sortant. On enregistre sa température à l'aide d'un thermomètre enregistreur

*Modifications de l'appareil.* — Une modification utile est l'adjonction de petits jets d'eau le long des vis du retourneur.

Dans ces conditions la trempe peut être réduite à vingt-quatre heures, et on peut faire des couches plus élevées (70 centimètres).

D'où gain de quarante-huit heures et de place.

De même l'air n'a pas besoin d'une forte humidité ; on réduit le volume de l'échangeur et on installe un canal supplémentaire d'air sec.

Enfin, quelquefois, on place un canal à air chaud, en tôle. Cela permet de commencer le séchage sur place, mais il faut une case de plus.

*Avantages.* — Ordinairement, on installe 10 cases ; dans les distilleries qui font encore du malt court, 8 suffisent.

Les avantages sont les mêmes que dans le système Galland, il a sur lui l'avantage de faire gagner deux jours sur la trempe lorsqu'on adopte la dernière modification. Dans ce cas, il nécessite peut-être un peu plus de place que le Galland. Mais, lorsque la modification n'existe pas, là où le maltage ordinaire exige la place 100 et le maltage Galland la place 80, le système Saladin exige la place 90.

De même que dans le système Galland, la marche doit être surveillée.

*Comparaison des malts au germoir et des malts pneumatiques (système Saladin).* — Les expériences suivantes de Petit montrent les différences entre les produits obtenus.

	Poids 1 000 grains en grammes.	Eau absorbée.
Orge. . . . .	42,174	»
Orge, 24 heures de trempé.	51,684	25 p. 100.
» 48 »	55,404	34 »
» 72 »	55,877	40 »
» 96 »	58,434	42 »
» 120 »	60,091	46 »

L'orge passée au système a subi quatre-vingt-seize heures de trempé.

L'orge passée au germoir a subi cent vingt heures de trempé.

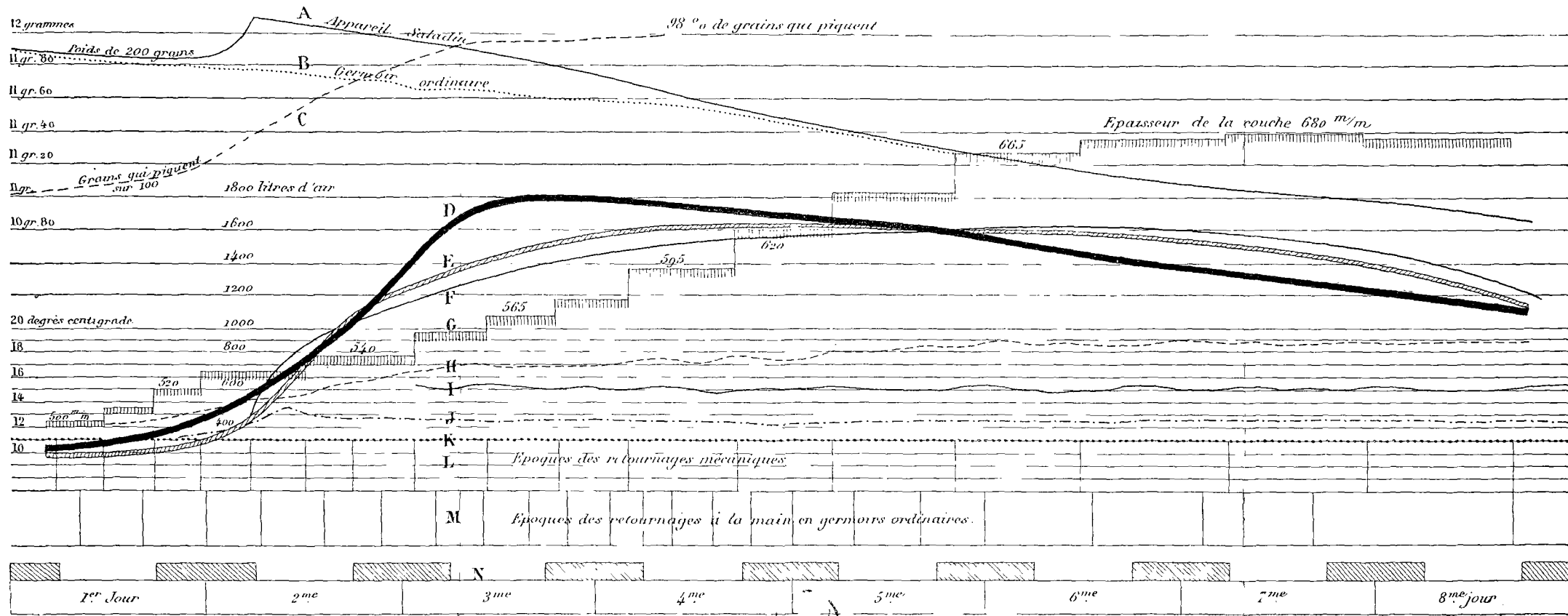
JOURS	SYSTÈME		GERMOIR	
	Eau absorbée p. 100.	Pouv. diastas. en minutes.	Eau absorbée p. 100.	Pouv. diastas. en minutes.
1	49	»	44	»
2	45,5	»	39	»
3	32	»	35	»
4	29	520	32	610
5	26	190	32	225
6	25	125	32	144
7	25	106	33	81
8	25	47	31	46
9	25	37,5	30	31

L'eau absorbée au système est un peu moindre, ce qui est un avantage au point de vue du séchage ; mais le pouvoir diastasique est un peu plus faible.

Le tracé ci-contre, fourni par M. Saladin, montre le résultat d'une comparaison entre le malt de case et le malt de germoir.

**Autres systèmes de maltage pneumatique.** — L'appareil Weinig ne diffère pas essentiellement du système Saladin, la seule particularité est que le malt est changé de case chaque jour.

COMPARAISON D'UN MALT OBTENU PAR LE SYSTÈME SALADIN ET D'UN MALT DE GERMOIR



Lévr. Maltage.



Ce changement est obtenu de la façon suivante :

Le fond de chaque case peut se soulever ; il supporte des roues placées sous sa face inférieure ; un système d'excentriques peut soulever, en dessous des roues, des bouts de rails qui viennent appuyer sur les roues et élever tout le système. Ces bouts de rails, une fois remontés, se placent dans le prolongement d'autres bouts de rails fixés transversalement entre les cases et formant avec les premiers une voie continue.

Une sorte de pont roulant peut circuler d'un bout à l'autre de la batterie au-dessus des fonds soulevés. Il sert d'instrument de traction pour le déplacement de ces fonds qui roulent sur la sorte de voie ferrée décrite plus haut.

Dans ce système, l'air est réglé une fois pour toutes dans chaque case ; ce serait très bien si l'orge était toujours la même et la température extérieure invariable ; comme il n'en est rien, le système est bien compliqué inutilement.

Le retourneur qu'on manœuvre ordinairement deux fois par jour est un bâti mobile qui porte un arbre horizontal tournant quand le bâti marche et muni de bras soutenant à l'extrémité des godets oscillants. Ces godets sont doubles, pour servir à l'aller et au retour ; un système empêche leur renversement complet et les maintient assez obliques pour servir de pelle par leur bord le plus bas (Voir la figure aux retourneurs de tourailles).

La roue de Schnell est un tambour rotatif divisé en douze cases. On peut injecter dans ces cases de l'eau, puis de l'eau et de l'air comprimé. On effectue dans l'appareil une trempe discontinue en envoyant de l'eau, par exemple une heure le premier jour, puis deux heures toutes les douze ou vingt-quatre heures. Cette eau s'égoutte et l'air agit. Quand le grain pique (soixante heures), on fait encore deux bains d'eau à vingt-quatre heures de

distance et douze heures après on insuffle de l'air comprimé à 22-25° : trempé et germination durerait six jours.

On achève en mettant en tas pendant douze-quinze heures.

L'expérience ne s'est pas encore prononcée.

L'appareil contient 50 kilogrammes d'orge par case.

**Système de maltage pneumatique incomplet.**— On emploie souvent les cases de germination d'une manière simplifiée (système Puvrez) :

1° On n'envoie que de l'air ordinaire ; même le ventilateur peut être supprimé et remplacé par une cheminée d'appel ;

2° On pellette à la main (ordinairement une fois par jour en jetant le malt par-dessus bords d'une case dans la suivante) ; une deuxième fois serait utile pour rendre le pelletage facile : on ne fait les couches que de 40 centimètres.

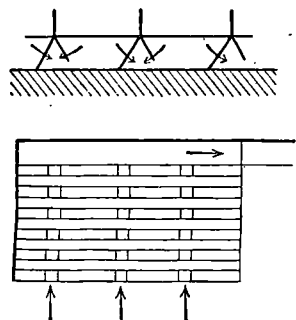


Fig. 41. — Dispositif Puvrez.

Puvrez a même proposé d'employer un germoir ordinaire ; mais il établit sur le sol (fig. 41) une sorte de drainage qui remplace la tôle perforée des cases. On installe ce système de la manière suivante : on forme des sortes de petits chevalets en chêne, constitués par deux planches formant l'A ; le bas de ces planches est perforé. On espace ces chevalets de 50-60 centimètres.

On installe sur ces chevalets un plancher de lattes écartées de 2 millimètres. Ces lattes sont en chêne paraffiné.

On établit sur le plancher ainsi produit des cloisons verticales représentant les murs des cases.

La partie postérieure des drains est reliée au tuyau d'appel d'une cheminée.

On fait des couches de 15-20 centimètres.

#### CONSERVATION ET SÉCHAGE DU MALT

Le séchage du malt est pratiqué en brasserie pour développer l'arome ; il est aussi un agent de conservation.

En distillerie, on emploie ordinairement le malt vert parce qu'à poids égal celui-ci a le même pouvoir diastatique que le malt sec. Or, un poids donné de malt vert provient d'un poids d'orge bien inférieur à celui qui donne le même poids de malt sec.

Outre l'économie de matière première que l'on fait ainsi, il y a l'économie de main-d'œuvre et l'économie de magasinage. En d'autres termes, il faut moins d'ouvriers et moins de locaux.

Cependant la distillerie utilise dans certains cas le malt sec.

Dans les pays chauds, on ne peut avoir en été de caves suffisamment fraîches ; on fait alors une provision de malt que l'on sèche pour le conserver.

Dans les fabriques de levure pressée, ou dans certaines usines où l'on travaille des moûts amylicés très denses, on introduit dans ces moûts du malt sec qui est plus riche en azote que son équivalent en malt vert. Cela fournit à la levure un aliment indispensable.

Enfin les levains destinés à des moûts très pauvres doivent également être fabriqués avec du malt sec.

Donc en distillerie on fera exceptionnellement du malt sec.

Nous étudierons d'abord l'ensemble des phénomènes chimiques qui se produisent pendant le séchage ; puis

nous passerons en revue les procédés de séchage utilisés dans les deux industries.

#### THÉORIE DU SÉCHAGE

Le séchage peut se faire à l'air, par évaporation naturelle, ou dans les tourailles ou séchoirs, qui sont des appareils d'évaporation chauffés.

Les effets produits par les différents procédés sont multiples.

**Effet de séchage.** — Il y a d'abord une évaporation ; les 45 p. 100 d'eau du malt vert sont ramenés à 12 p. 100 dans le malt séché à l'air et à 2 ou 5 p. 100 dans le malt touraillé.

L'eau qui existe dans le malt vert est probablement sous deux états, car du malt vert séché sur l'acide sulfurique retient toujours 7 à 8 p. 100 d'eau.

**Effet de combustion et de désagrégation.** — Lorsque l'on sèche le malt vert, les radicelles se fanent et la germination est arrêtée ; mais les combustions continuent ainsi que la désagrégation, car l'endosperme est encore humide et aéré. Même Fischer a montré que des endospermes séchés, mais remis à l'humidité, continuent leur désagrégation.

En ce qui concerne les combustions, Schutt estime à 1/2 p. 100 de la matière sèche, de l'orge c'est-à-dire à 0,43 p. 100 du poids de l'orge la matière détruite jusqu'à la fin du touraillage. Naturellement pendant le séchage à l'air la perte est moindre.

Tollens trouve dans les malts séchés ou touraillés un peu plus de pentosanes que dans l'orge. Donc les pentosanes ne concourent pas à la respiration. Peut-être même s'en forme-t-il aux dépens de l'amidon.



**Effet de transformation de l'amidon.** — La quantité d'amidon paraît diminuer au séchage, mais nous n'avons pas d'analyse.

L'amidon se transforme évidemment pendant le séchage, par suite d'une autosaccharification. Mais y a-t-il pour cela plus de dextrine et de maltose dans les malts séchés ou touraillés que dans le malt vert?

Pour la dextrine on n'a pas d'analyse éclaircissant la question.

On a des expériences de Stein comparant une orge, son malt séché à l'air, et son malt sec. Mais le malt vert n'y figure pas.

Expériences de Stein sur la teneur en dextrine :

100 d'orge contiennent. . . . .	6,5
100 de malt sec contiennent . . . . .	7,6
100 de malt touraillé contiennent . . . . .	8,2

C'est-à-dire que 100 d'orge présentent environ :

6,5 de dextrine dans le grain naturel.
$6,84 = 7,6 \times 0,9$ dans le malt séché à l'air.
$6,56 = 8,2 \times 0,8$ dans le malt touraillé.

Les malts séchés ont donc plus de dextrine que l'orge. Mais c'est tout ce que l'on sait. Pour la maltose (ou plutôt pour les sucres solubles dans l'alcool), on sait quelque chose de plus.

Voici des expériences de Stein :

100 d'orge contiennent 1,24 de matières solubles dans l'alcool.
100 de malt vert en contiennent 4,08.
100 de malt séché à l'air en contiennent 4,66.
100 de malt touraillé en contiennent 5.

Soit pour 100 d'orge environ :

	1,24 de mat. sol. alcool	dans l'orge.
$4,08 \times 1,43 = 5,95$	»	dans le malt vert.
$4,66 \times 0,9 = 4,15$	»	dans le malt séché à l'air.
$5 \times 0,8 = 4$	»	dans le malt touraillé.

Il y a donc diminution de la maltose depuis la fin de la germination jusqu'à la fin du séchage.

Est-ce à dire que la dextrine est dans le même cas ? Si cela était, c'est qu'à côté de l'autosaccharification du grain produisant de la dextrine et de la maltose, il y aurait une destruction plus grande de ces matières. Cela est possible dans une certaine mesure d'autant plus que l'effet diastasique baisse avec la température et qu'au contraire l'effet destructeur s'accroît.

Mais il faut remarquer que, si la maltose diminue, dans le malt sec, la saccharose croît (l'orge en contient, le malt vert n'en contient pas ou fort peu, le malt touraillé en contient jusqu'à 2 p. 100). Il pourrait se faire que cette saccharose fût un dérivé de la maltose, ce qui ferait baisser le titre de celle-ci, sans pour cela atteindre la dextrine.

Il est donc impossible, dans l'état actuel de la question, de se prononcer sur ce qui arrive exactement à la dextrine et à la maltose pendant le séchage.

**Affaiblissement de la diastase.** — La diastase s'affaiblit par la chaleur, aussi bien dans le malt qu'à l'état isolé.

Une conséquence ultérieure de cet affaiblissement est que l'extrait fourni par un malt dépend de la température et de la durée du touraillage.

Le malt vert donne plus d'extrait que les autres ; le malt touraillé à 50° en donne à peu près autant que le malt vert ; à 80°, si la durée a été prolongée, il en donne moins, mais cet extrait est relativement plus riche en dextrine ; le malt touraillé à 130° n'a pas conservé 45 p. 100 de son pouvoir diastasique.

Cette action de la température est rendue visible par les expériences suivantes de Brown et Morris, portant sur quatre malts touraillés à quatre températures de plus en plus élevées.

	1	2	3	4
Pouvoir diastasique en minutes. . .	47	45	34	17
Maltodextrine p. 100 . . . . .	4,25	7,9	14,9	22,4
Type (1). . . . .	1/0,5	1/1,5	1/2	1/2

(1) On appelle type d'une maltodextrine le rapport de la quantité de maltose qu'elle contient (et qui fermente) à la quantité de *maltose* que la dextrine qu'elle contient donnerait par la diastase ; le type est d'autant plus élevé qu'il y a plus de maltose et moins de dextrine dans la maltodextrine étudiée.

Une autre conséquence de l'effet d'un touraillage exagéré sur l'extrait à tirer d'un malt, c'est que la durée de saccharification est prolongée, ce qui fait, en définitive, qu'au brassage, en plus de temps, on a moins d'extrait.

Il faut remarquer, à propos des extraits, qu'ils subissent des variations indépendantes du mode de touraillage. Ils dépendent, de la nature de l'orge, ainsi ordinairement un taux élevé d'azote fait baisser l'extrait ; cependant une orge, à bas titre d'azote parce qu'elle a des grains petits et par suite relativement beaucoup de pellicules, ne donne pas beaucoup d'extrait.

L'extrait dépend de l'état de maturité ; à la maturité complète une orge fournit ordinairement plus de matières albuminoïdes et plus d'extrait.

Dans le malt moisi il y a à peu près autant d'extrait que dans le malt ordinaire (si on prend les grains qui ne sont pas vides) ; il y a plus de sucre.

**Augmentation de l'acidité au touraillage.** — Au touraillage il y a légère augmentation d'acidité (Beloubech, Prior).

Ainsi Belohoubeck a trouvé en acide lactique :

Orge, acidité . .	0,338	p. 100 du poids ;	pour 100 d'orge.	0,338
Malt vert acidité.	0,590	»	»	0,843
Malt sec	»	0,942	»	0,753

Donc, pour Belohoubeck, l'acidité augmente ; mais la quantité absolue d'acide diminue.

Prior pense qu'au fanage les acides fixes et les phosphates acides augmentent beaucoup.

Dans le touraillage à 62°, il y a peut-être légère augmentation de l'acidité, ce que l'auteur considère comme dû à des fermentations. Dans le touraillage à 100° il y a diminution de l'acidité.

D'ailleurs l'acidité dépend de la température et de l'humidité du malt vert.

Le malt moisi est trois fois plus acide que le malt sain.

L'acide s'accumule dans les radicelles. D'après Prior, le taux de l'acidité totale et des phosphates acides est double, celui des acides volatils triples, celui des acides fixes quadruple des taux correspondants de l'orge.

*Remarque.* — A propos de cette question de l'acidité du malt sec, on peut répéter ce qui a déjà été dit aux chapitres de la trempe et de la germination.

Mathews et Woolcoot ont publié sur la question un travail important que je résume.

1° Pour doser l'acide phosphorique, ils évaporent à sec l'extrait de malt et l'incinèrent avec de la chaux ; ils dissolvent les cendres à l'acide nitrique et ils dosent au molybdate en précipitant à 100° pendant cinq heures.

En même temps ils dosent l'acidité à l'acide rosolique et avec de la soude décinormale, et ils trouvent des résultats très divers variant de 21 à 8 centimètres cubes pour 100 grammes de malt ; mais il y a toujours corrélation entre l'acidité et la dose d'acide phosphorique.

C'est ce que Fernbach avait dit, mais en indiquant des acidités plus fortes, parce qu'il avait pour indicateur la phtaléine qui vire en présence des phosphates secondaires, ce que ne fait pas l'acide rosolique.

2° Ils ont déterminé l'acide phosphorique dans l'extrait aqueux, dans le moût, dans la totalité du malt ; l'extrait froid contient moins d'acide phosphorique que l'extrait chaud ; ce qui prouve que la réaction des acides organiques sur les phosphates neutres n'a lieu, au moins en partie qu'à l'extraction.

Il n'y a jamais corrélation entre les acides organiques et l'acide phosphorique total.

3° En ce qui concerne la chaux et la magnésie, à chaud on a moins de la première et plus de la deuxième. C'est sans doute par suite d'une précipitation spéciale de la chaux avec les matières albuminoïdes coagulées.

4° Les auteurs ont isolé les acides libres, ils ont épuisé les malts par l'eau chloroformée, comme Prior, ou par quatre fois son poids d'alcool absolu.

La première méthode donne 0 gr. 027 d'acidité (lactique) libre par 100 grammes de malt.

La deuxième en donne 0 gr. 0294 dont 0 gr. 024 en acides volatils. C'est donc bien conforme aux vues de Prior.

**Transformation des matières grasses.** — Nous avons vu qu'à la germination la matière grasse tend à disparaître.

Ainsi, d'après John, 20,7 ou 30,2 p. 100 de la totalité disparaissent suivant la rapidité de la germination.

Pour Wallerstein les 2 kgr. 81 de matières grasses d'une orge sont tombés, après une germination de neuf jours, à 1 kgr. 81, ce qui constitue une perte de 15 p. 100 environ.

Que se passe-t-il au séchage ?

Pendant le séchage à l'air, il est probable que la quan-

tité de matières grasses continue à décroître légèrement.

Mais nous n'avons pas d'expérience directe; nous savons seulement qu'une orge à 3 kgr. 55 de matières grasses a donné un malt séché à l'air au titre de 2,3 p. 100.

C'est-à-dire que 3 gr. 55 de graisse dans 100 d'orge sont devenus  $2,3 \times 0,90 = 2$  kgr. 07 dans 90 kilogrammes de malt séché à l'air. Il y a donc moins de matières grasses dans le malt séché à l'air que dans l'orge.

D'autre part, si on admet pour cette orge à la germination une perte même de 33 p. 100 sur les graisses primitives, cette orge germée devait encore contenir 2,4 de graisses.

Il est donc probable qu'il y a eu destruction de matières grasses à partir du malt vert jusqu'au malt séché à l'air.

Mais dans le malt touraillé correspondant on a trouvé plus de matière grasse que dans le malt séché à l'air.

Dans le malt touraillé, il y a 3,1 p. 100 de matières grasses, soit pour les 80 kilogrammes provenant de 100 kilogrammes d'orge 2 kgr. 48.

Par conséquent, après le premier séchage d'un malt, le touraillage reforme des matières grasses; cela se comprend, si on admet que certains produits de suroxydation des graisses sont eux-mêmes solubles dans l'éther et comptent à l'analyse comme graisses.

**Transformation des matières azotées.** — On a vu que, pendant la germination, la quantité d'azote primitive :

Soluble. . . . .	passé de	13	p. 100	à	35	p. 100
Amidée. . . . .	»	5	»	à	20,7	»
Albuminoïde totale . . . .	»	95	»	à	7,93	»
» soluble. . . . .	»	8,5	»	à	14,5	»
» insoluble. . . . .	»	86,9	»	à	64,8	»

du total de l'azote primitif, en supposant nulle la perte en azote causée par la trempé, ce qui n'est pas tout à fait exact.

Pendant le séchage à l'air, il est probable que les albuminoïdes totaux diminuent et que les albuminoïdes solubles augmentent.

C'est ce que tendent à prouver les expériences suivantes :

100 d'orge à 14 p. 100 d'eau	contenaient 10,88 d'albuminoïdes dont
	9,86 insolubles.
	0,99 solubles.
143 de malt vert à 45 p. 100 d'eau	contenaient 9,7 d'albuminoïdes dont
	7,59 insolubles.
	1,83 solubles.
90 de malt séché à l'air à 12 p. 100 d'eau	contenaient 7,78 d'albuminoïdes dont
	5,53 insolubles.
	2,25 solubles.

Stein a indiqué des résultats analogues, au point de vue des matières albuminoïdes solubles : dans l'orge 1,25 p. 100 d'albuminoïdes solubles, dans le malt séché à l'air 2,12 p. 100 de malt ou 1,89 p. 100 d'orge.

Donc, dans le passage du malt vert au malt séché à l'air, il est probable que les albuminoïdes totaux diminuent en valeur absolue, tandis que les albuminoïdes solubles augmentent. Ceux-ci sont en tout cas plus abondants que dans l'orge.

Que se passe-t-il au touraillage ? Nous avons des expériences toutes récentes de Schutte-Imoff, qui a montré que :

1° Dans un malt vert un dixième de l'azote est en albuminoïdes, un cinquième en peptones, le reste en amides (1);

2° Au touraillage les albuminoïdes diminuent, ainsi que les amides ; mais les peptones augmentent par un

---

(1) Il faut remarquer que Behrend a donné pour les albuminoïdes et les amides des proportions presque inverses.

touraillage à basse température, et décroissent par un fort touraillage.

Par conséquent les matières albuminoïdes diminuent par la germination, le séchage à l'eau, le touraillage ; les matières albuminoïdes solubles augmentent à la germination, puis encore au séchage à l'air, mais elles diminuent probablement au touraillage lorsque celui-ci est à température élevée, puisque alors les peptones et les albuminoïdes totaux diminuent.

Quant aux amides on sait qu'elles augmentent à la germination ; elles rediminuent au touraillage. On ne sait pas ce qui se passe au séchage à l'air.

**Formation des matières colorées.** — Dans le touraillage du malt il y a formation de matières colorées et aromatiques.

Vers 50° commencent certaines réactions entre les albuminoïdes, et particulièrement celles qui sont solubles et les hydrates de carbone. Mais ces réactions n'ont lieu que s'il y a encore de l'eau en présence puisque du malt séché lentement dans un courant gazeux ne se colore pas.

Il est probable qu'il y a transformation des albuminoïdes au contact des hydrates de carbone ; c'est ce que tendent à prouver les expériences suivantes.

1° Une solution d'albuminoïdes est coagulée par la chaleur, on filtre, on fait bouillir le résidu, il n'y a pas coloration ; on ajoute de la dextrine ou du sucre, la matière se colore en brun, et le mélange dégage l'odeur du pain frais, particulière au malt.

2° Une solution de dextrine ne brunit pas.

Ces matières brunes sont plus oxydées que les matières albuminoïdes proprement dites ; est-ce par suite d'une oxydation par l'air, ou d'une réduction des sucres donnant des produits humiques ?

Cette dernière hypothèse n'est guère admissible, car



on décolore la matière par l'acide sulfureux qui est un réducteur et non un oxydant comme il en faudrait un pour décolorer les produits de réduction des sucres.

Plus le malt est humide, plus basse est la température où il se colore ; c'est sans doute un effet de plus de dissolution des albuminoïdes.

A cause de cela, il faut sécher les malts de bière pâle, avant d'élever la température.

Le malt touraillé humide se colore en brun, avec production d'un goût de caramel et perte de diastase.

Pour les bières brunes, on emploie du malt ainsi coloré (1). Au point de vue du prix de revient, il vaudrait mieux travailler avec du malt pâle, et colorer ensuite par une faible proportion du malt caramélisé fortement : la forte perte éprouvée sur une petite quantité de matière serait moindre que la perte moyenne éprouvée sur l'ensemble du malt.

Le malt se colore à mesure que la température de touraillage monte.

Ainsi à :

54°	le malt d'orge	se colore	en jaune clair.
57°	»	»	en jaune succin.
59°	»	»	en jaune foncé.
62°	»	»	en brun clair.
67°	»	»	»
69°	»	»	en brun foncé.
72°	»	»	en brun taché de noir.
75°	»	»	en brun noir.
77°	»	»	en café brûlé.
80°	»	»	en noir.

C'est pour cela qu'il est bon d'étudier les malts au colorimètre.

**Formation des matières aromatiques.** — Ces pro-

(1) On peut colorer également la bière par une ébullition prolongée.

duits se développent surtout à 80°. Au delà on a des produits qui ont un goût amer.

Ces produits aromatiques proviennent sans doute des matières grasses, comme semblent le prouver les expériences suivantes :

- 1° On chauffe de l'extrait de malt, on produit de l'arome ;
- 2° On chauffe de l'extrait préalablement dégraissé à l'éther, il n'y a pas d'arome ;
- 3° On chauffe l'éther dans un courant de vapeur, on a de nouveau l'arome.

Il semble donc qu'il y a réaction entre la matière grasse et l'eau.

Mais, à côté des produits aromatiques produits aux dépens des matières grasses, il en est d'autres. Aussi Brand a montré la présence du furfurol, par suite, sans doute, de l'action des acides sur les sucres.

Le même auteur a tiré du caramel de malt un corps colorant en violet le perchlorure de fer et isolable par l'éther ; il l'a désigné sous le nom de maltol. Les deux caractères précédents peuvent le faire confondre avec l'acide salicylique introduit par fraude dans la bière, mais il ne colore pas en rouge le réactif de Millon comme le fait l'acide salicylique.

#### TECHNIQUE DU SÉCHAGE

Le séchage a pour but la conservation du malt et le développement de son arôme.

Le séchage peut s'effectuer dans le germoir lui-même ou dans une salle spéciale, ou dans des appareils de chauffage appelés séchoirs ou tourailles.

**Séchage au germoir.** — Si on doit conserver le malt vert deux ou trois jours au maximum, on peut l'étaler dans le germoir en couches très minces, que l'on pellette fréquemment.

On arrive alors à conserver le malt, mais souvent on ne lui évite pas les infections bactériennes ou les moisissures.

**Séchage dans une pièce spéciale.** — Le séchage dans une pièce spéciale a surtout pour but de conserver le malt vert; mais il sert souvent de préparation au touraillage.

Dans un endroit chaud et aéré par des ouvertures placées au niveau du sol, on fait des couches de 5 centimètres, on pellette cinq ou six fois par jour pour ventiler et aussi pour empêcher l'échauffement qui cause une perte de diastase.

Ce système peut être insuffisant, et souvent le malt se moisit.

Il exige beaucoup de place.

On peut dire que 100 kilogrammes d'orge à 14 p. 100 d'eau ayant fourni environ 140 à 145 kilogrammes de malt vert frais donneront 88 kgr. 8 de malt séché à l'air à 12 p. 100 d'eau et 92 kgr. 5 à 16 p. 100 d'eau.

Voici la composition moyenne de malts séchés à l'air (König) :

Eau . . . . .	16,10	p. 100 du malt.
Matières azotées . . . . .	11	»
» grasses . . . . .	1,80	»
» saccharifiables. . . . .	56,80	»
Cellulose (diff.). . . . .	11,70	»
Cendres . . . . .	2,40	»

**Fanage du malt.** — Lorsque le séchage à l'air est fait en vue d'une préparation au touraillage, il porte plus particulièrement le nom de fanage. La perte d'eau qui se produit alors dessèche les radicelles, arrête la germination, mais non le travail de désagrégation, car l'endosperme est encore humide et aéré. C'est ce qu'a montré Fischer

pour des grains dégermés laissés à l'humidité, ou remis à l'humidité après avoir été séchés.

Il résulte de cette continuation de la désagrégation qu'on pourra germer plus court, si on doit faner. Il y aura dès lors économie d'amidon non brûlé et des matières assimilées par le germe. Mais d'un autre côté le grain restera plus riche en azote, ce qui n'est pas favorable à la bière.

Un autre effet du fanage est que la dessiccation lente produit des grains plus compacts qui perdront moins par combustion pendant le magasinage.

Le touraillage devant enlever moins d'eau sera plus rapide, et risquera moins de fournir des malts colorés.

Le malt fané ne contenant que de 10 à 12 p. 100 d'eau n'est pas propre à la fabrication du malt bavarois. Celui-ci se colore par suite de la formation, vers 35 ou 40°, de sucres aux dépens de l'amidon et de l'eau en quantité suffisante (15 p. 100 par exemple); cet effet ne peut avoir lieu avec les malts fanés.

Le fanage a l'inconvénient d'exiger beaucoup de place (4 m. 50 par 100 kilogrammes d'orge), de sorte que l'on préfère prolonger la germination et se servir d'une bonne touraille.

Le local où s'effectue le fanage doit dominer la touraille; si les grains sont bien sains on n'a guère à craindre les moisissures.

**Séchage par la chaleur.** — On ne doit pas autant que possible dépasser 65°; à 70° la moitié du pouvoir diastase est détruite. Lorsque l'on dépasse cette température, c'est pour développer la couleur.

On chauffe lentement de manière à ne pas avoir une grande quantité d'eau chaude en présence de l'amidon, ce qui arriverait si on chauffait brusquement. Cet excès d'eau chaude forme un empois qui donne au malt un aspect

vitreux et une certaine résistance à la saccharification.

On commence à sécher à 35 ou 45° et on monte graduellement à 55° ou 65° ; on ne monte qu'à 70° que pour des orges avariées que l'on désire stériliser. Si l'on dépasse 70°, c'est en vue de la production de la couleur. Le mieux est de commencer la dessiccation à l'air.

*Séchoirs de distillerie.* — En distillerie pour sécher par la chaleur on emploie de petits séchoirs, lorsque les quantités sont minimales, ou de véritables tourailles, comme en brasserie si les quantités sont considérables.

*Séchoir allemand.* — Les grains sont installés sur une toile métallique placée au-dessus d'une chambre en

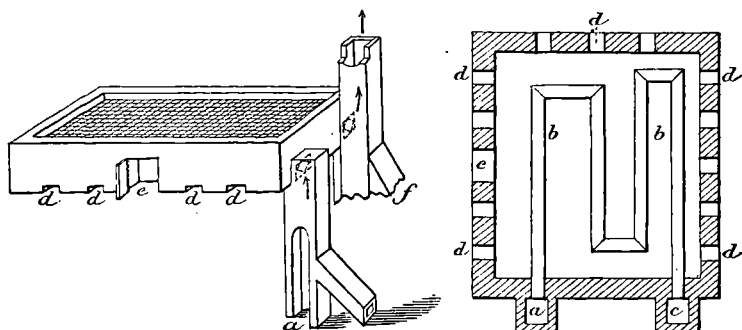


Fig. 42 et 43. — Séchoir allemand.

maçonnerie où circule un tube en jeu d'orgue chauffé par de l'air chaud (fig. 42 et 43).

Autour des parois de la chambre, il y a des ouvertures munies de trappes pour l'introduction de l'air froid destiné à régler la température de la chambre. Il y a également des portes de vidange pour les tourillons détachés.

Le chauffage de l'air peut se faire à feu perdu au générateur ou à l'aide d'un foyer spécial.

La figure 44 le représente : B est le foyer, A sa cheminée.

Sur B se trouve un réservoir d'air C, où l'on peut laisser entrer l'air par un registre.

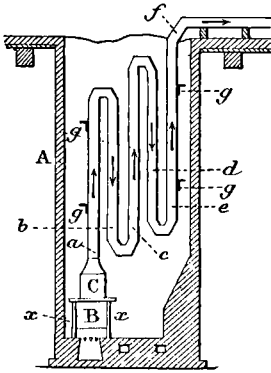


Fig. 44. — Foyer de chauffage.

*abcdefg* est le tube d'air chaud qui, avant de se rendre au séchoir, forme un jeu d'orgue dans la cheminée.

#### Séchoir à tubes verticaux. —

La figure 45 représente un autre genre de séchoir :

Le foyer est *c*, les gaz de ce foyer vont passer dans un tubulaire *g* avant de se rendre à la cheminée.

Ce tubulaire chauffe une chambre au-dessus de laquelle se trouve un tamis *l* portant le malt vert.

*m* sont des ouvertures pour le ramonage.

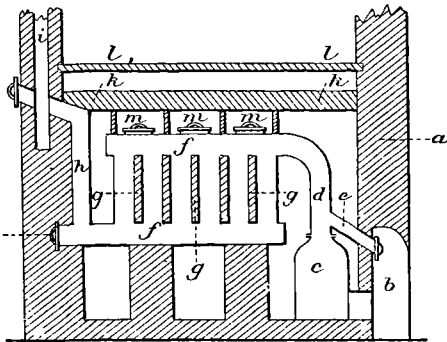


Fig. 45. — Séchoir à tubes verticaux.

**Tourailles.** — Les tourailles sont des constructions où le malt étalé sur des plateaux subit l'action de gaz ou d'air chauds.

Sous ce rapport elles ne diffèrent pas des séchoirs ; mais elles en diffèrent : 1° par la grandeur qui est plus considérable ; 2° par la température atteinte qui est supérieure, car dans la touraille on cherche, non seulement à sécher, mais à développer l'arome et la couleur.

Les gaz ou l'air chauds sont produits sur un foyer que comporte presque toujours la touraille.

Dans quelques essais, cependant, on a cherché à chauffer l'air à la vapeur.

Le tout est entouré de murailles et d'une toiture en forme de voûte, suffisamment épaisses pour empêcher les déperditions de chaleur.

La voûte est percée d'un trou surmonté d'une cheminée pour l'évacuation de la vapeur d'eau.

La touraille ne doit pas être trop basse, sous peine de ne pas produire de tirage ; mais d'autre part si elle est trop élevée, surtout lorsqu'il y a plusieurs plateaux, les gaz arrivent froids à la cheminée et il n'y a pas non plus de tirage. Dans ce cas, un autre inconvénient peut être la condensation de l'eau retombant sur le malt.

Le mieux est de faire une touraille assez basse, mais d'y adjoindre un ventilateur ou une cheminée de tirage, de hauteur suffisante.

Le tirage de cette cheminée est dû en totalité ou en partie aux gaz chauds provenant de la touraille ; il est souvent provoqué en partie par les gaz de la combustion du foyer qui, alors, ne passent pas dans la touraille, laquelle ne reçoit que de l'air chauffé sur le foyer. Le tirage peut être également activé par les gaz d'un foyer auxiliaire.

Enfin on a proposé de jumeller deux tourailles et d'envoyer, dans la cheminée auxiliaire de l'une d'elles, les gaz du foyer de l'autre. Cette disposition n'a sa raison d'être qu'avec des tourailles à un plateau dont la température des foyers est variable du commencement à la fin des opérations, car ce n'est que le gaz de la touraille la

plus chaude qui peut ventiler la touraille la plus froide.

Avec les tourailles à plateaux multiples, où la température du foyer est constante, la disposition est inapplicable, au moins pour deux tourailles travaillant aux mêmes températures.

Ces deux tourailles jumellées sont mises en route à des moments différents, de telle sorte que l'une est à la période de séchage, tandis que l'autre est à la période de touraillage. La touraille la plus chaude envoie des gaz plus chauds dans la cheminée auxiliaire de l'autre, ce qui fait appel d'air dans la touraille la plus froide, c'est-à-dire dans celle qui donne le plus de vapeur d'eau. Souvent il n'y a qu'une cheminée auxiliaire pour les deux tourailles.

Dans le cas d'une cheminée d'appel supplémentaire on peut, s'il n'y a qu'un plateau, placer la chambre de chaleur au-dessus du plateau : cela peut être plus commode pour le chargement. Seulement il faut remarquer que malgré la cheminée d'appel il ne peut y avoir évaporation que s'il y a courant d'air, et il n'y a courant d'air que s'il y a entrée d'air ; il faut donc que le haut de la touraille laisse entrer de l'air froid ; c'est-à-dire que celle-ci doit être ouverte juste au-dessus des tubes chauds. C'est peu économique.

Les tourailles à courant descendant se prêtent très bien à l'accouplement sur une seule cheminée auxiliaire sans foyer.

En réalité, l'usage des cheminées auxiliaires est peu répandu et en général on fait le tirage en mettant une cheminée élevée au-dessus de la touraille et en y envoyant la cheminée du foyer faire appel d'air ; on emploie aussi des ventilateurs.

*Plateaux.* — Les plateaux de touraille sont :

1<sup>o</sup> En terre cuite (certaines tourailles anglaises), lente à chauffer, mais conservant bien la chaleur ;



2° En tôle perforée, les fentes longitudinales meilleures que les trous ronds. La somme des trous ne représente que le  $\frac{1}{8}$  de la surface totale, ce qui est peu ;

3° En claie ;

4° En grillage (toile métallique).

De ces trois derniers systèmes, la claie est préférable parce qu'elle offre plus de passage aux gaz chauds que la tôle perforée et qu'elle est plus solide que le grillage.

5° En fonte qui, plus résistante, peut avoir une surface de trous égale au  $\frac{1}{5}$  de la surface totale.

On ne donne guère aux plateaux plus de 75 mètres carrés, rarement on atteint 100 mètres carrés. Comme surface de plateaux il faut dans les tourailles, à plusieurs plateaux, compter sur 2 mètres carrés par 100 kilogrammes de malt fabriqué et par vingt-quatre heures de séjour sur le plateau. On peut d'ailleurs calculer exactement la surface en se rappelant que 100 kilogrammes de malt sec proviennent de 400 litres de malt vert, et que l'on fait des couches de 12 centimètres pour le Pilsen avec durée de quinze heures ;

De 15 centimètres pour le Viennois avec durée de dix-huit heures ;

De 24 centimètres pour le Munich avec durée de vingt-quatre heures ;

De 5 centimètres pour l'Anglais avec durée de douze heures, etc.

Pour utiliser le plus possible la chaleur, on superpose souvent plusieurs plateaux. Sur les plateaux supérieurs s'effectue à une température plus faible un premier séchage ; il en résulte que le grain restera moins longtemps sur le plateau inférieur, d'où économie de temps et de chaleur et moins de risque de brunir le malt, qui est d'ailleurs moins aqueux.

Dans ces sortes de tourailles, les plateaux supérieurs

sont munis de-trappes par lesquelles on fait descendre le grain d'étage en étage.

Les systèmes à plateaux multiples exigent beaucoup de main-d'œuvre, et le travail est difficile à régler : c'est pourquoi, malgré l'économie de combustible, pour les malts à arôme très fin, un certain nombre de praticiens préfèrent-ils les tourailles à plateau unique, et le nombre de ces praticiens croît chaque jour.

On construit quelquefois des tourailles à plateaux consécutifs et non superposés ; cela permet de régler une fois pour toutes la température de chaque plateau qui est obtenue par un réglage spécial à chacun d'eux. C'est un des meilleurs systèmes, mais il est plus coûteux de construction et de frais de chauffage.

On a proposé des plateaux rotatifs. Il y a peut-être meilleure répartition de la chaleur, mais le système est nécessairement compliqué.

*Maçonnerie.* — La touraille constitue ordinairement une sorte de tour en maçonnerie épaisse pour empêcher la déperdition de chaleur.

Cette tour a en général une section à angles droits. La forme circulaire est défavorable aux retournements à la pelle et on l'adopte rarement, quoique plus favorable à une bonne distribution de la chaleur.

Quand la touraille n'est pas très grande, on peut la faire carrée, mais si elle est un peu spacieuse on la fait rectangulaire, ce qui diminue la portée des solives des plateaux.

La touraille est surmontée d'une voûte en maçonnerie épaisse percée d'une ouverture communiquant avec la cheminée pour le dégagement des gaz et de la vapeur.

Il faut que la section de la cheminée soit suffisante pour ne pas laisser accumuler la vapeur dans l'appareil, ce qui produit le malt vitreux difficile à travailler.

Sur une des faces de la touraille est appuyé un escalier avec paliers de service à hauteur des différents étages (plateaux, chambre de chaleur, etc.). Des portes permettent de passer de ces paliers à la touraille.

Ordinairement sur une autre face est appuyé un monte-charge qui permet d'élever le malt vert jusqu'à hauteur du plateau de chargement. Dans certaines petites installations, ce monte-charge n'existe pas, on monte les grains par l'escalier, on en répand, on en écrase et c'est une cause de contamination.

Ce monte-charge atteint le plus souvent le sommet de la touraille parce que le plateau qui reçoit le malt vert est ordinairement à la partie supérieure.

Cette disposition, qui est obligatoire lorsqu'il y a plusieurs plateaux superposés, ne l'est pas nécessairement lorsqu'il n'y en a qu'un seul. Il y a, nous le savons, des tourailles à courant de gaz descendants où le plateau est à la partie inférieure.

Les tourailles à deux plateaux juxtaposés ont nécessairement une forme plus longue et moins haute que les tourailles à deux plateaux superposés.

*Modes de chauffage.* — Tantôt le chauffage est obtenu en plaçant à la partie inférieure un poêle dont les gaz s'échappent à travers la touraille même. C'est le système de chauffage par la fumée.

D'autres fois on utilise le foyer à échauffer de l'air qui circule dans la touraille. C'est le système de chauffage par l'air.

**Tourailles à fumée.** — Une touraille à fumée se compose d'un poêle envoyant les gaz de la combustion sous le ou les plateaux (fig. 46).

Le premier plateau est assez éloigné du poêle pour un bon tirage.

On s'arrange pour pouvoir régler la température de la

touraille par une introduction directe d'air froid. A cet effet un canal d'air froid circule dans un des murs de la touraille et débouche à l'intérieur, il est fermé par un registre réglable de l'extérieur.

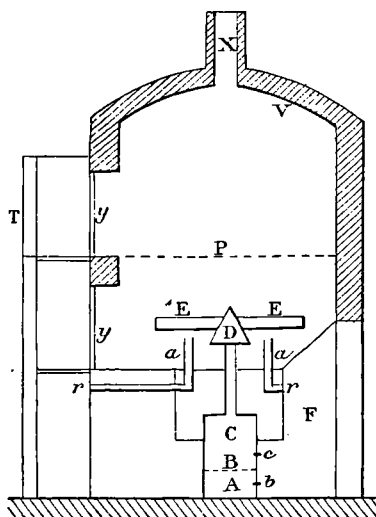


Fig. 46. — Touraille à fumée.

Le combustible est le bois sec, le coke, de four autant que possible, un mélange de 50 à 60 p. 100 de coke de four et d'anthracite.

La houille est repoussée à cause de l'odeur sulfureuse qu'elle communique au malt.

Si l'appareil est à un seul plateau on y installe le malt en couche de 5 centimètres pendant

une, deux, trois heures; on alimente le poêle, en laissant l'air grand ouvert. Ce n'est que lorsque le malt est bien sec qu'on chauffe plus.

Si l'appareil est à deux plateaux, on fait des couches de 17-20 centimètres et on règle l'air de manière à chauffer au degré voulu le plateau inférieur.

Les tourailles à fumée donnent une odeur au malt. C'est recherché dans des cas spéciaux, comme par exemple pour le malt à Whisky, mais dans les autres cas c'est un inconvénient qui a fait délaissier les tourailles à fumée pour les tourailles à air.

Comme tourailles à fumée, on peut citer :

1° *La touraille usitée en Angleterre.*

C'est une touraille à plateau de terre, très espacé du foyer. Elle est chauffée au mélange de coke et d'anthracite;

2° *La touraille des petites usines flamandes*

C'est une touraille en forme de tronc de cône dont la petite base serait la grille du foyer, et l'autre base le plateau (la somme des trous représente 30 p. 100 de la surface). La grille est de trop petite surface pour une bonne combustion ; souvent il n'y a pas de porte au foyer, ce qui est une cause de déperdition de chaleur ; le réglage de l'air se fait seulement par le cendrier.

Le tout est surmonté d'une voûte surbaissée et de maçonnerie trop faible.

La cheminée est souvent trop étroite, ce qui empêche le dégagement de la vapeur et produit du malt vitreux.

3° *Dans les systèmes plus perfectionnés* le poêle est surmonté d'une voûte où s'achève la combustion et d'où partent une série de bouts de tuyaux disposés en étoile autour de la voûte pour la répartition des gaz dans toutes les directions.

**Tourailles à air.** — A cause des inconvénients signalés pour les tourailles à fumée, on préfère les tourailles à air.

Il y a deux sortes de tourailles à air : les tourailles véritables, formées de plateaux traversés par de l'air chaud, et les tourailles tambours, dérivés du système Galland où passe de l'air chauffé à la vapeur.

*Tourailles à air véritables.* — Comme tourailles à air, il n'y a guère que des tourailles à deux ou plus de deux plateaux.

Les gaz du foyer ne s'échappent pas directement dans la touraille. Ils passent d'abord dans une série de tubes placés dans une chambre comprise entre un plancher situé au-dessus du poêle et le premier plateau, et dont l'atmosphère s'échauffe au contact des tubes chauds. Cette chambre s'appelle chambre de chaleur ; les tourillons qui se détachent s'y accumulent.

Les gaz sortant des tubes de la chambre de chaleur passent dans une cheminée qui, pour ne pas toucher le

malt et ne pas gêner le retournement est noyée dans la maçonnerie.

Cette cheminée débouche au centre de la cheminée d'évaporation de la touraille qui se trouve comme dans les tourailles à fumée au-dessus de la voûte et qui est suffisamment élevée.

Il faut bien remarquer que les deux cheminées ne sont pas confondues. Cela empêcherait l'évaporation de la vapeur de touraille.

On a proposé l'addition d'un foyer annexe dont la cheminée vient également déboucher au centre de la cheminée de la touraille (Puvrez), mais c'est peu employé.

Ordinairement, l'installation des plateaux dans les tourailles à air est la même que dans les tourailles à fumée.

Ce qui distingue les différentes tourailles à air, c'est la disposition des tubes. Ces tubes n'ont qu'une propriété commune : le grand nombre de circonvolutions qu'ils font dans la chambre de chaleur.

On peut distinguer les systèmes :

A tubes couchés ;

A tubes verticaux ;

A calorifère ;

Mixtes tenant des systèmes à tubes et à calorifère.

Dans les deux premiers systèmes qui ne diffèrent entre eux que par la direction des tubes, le réglage de la température est obtenu en introduisant dans la chambre de chaleur de l'air froid.

Dans le troisième système, le réglage se fait en mélangeant directement aux gaz chauds de l'air froid, ou bien en ne se servant que d'air circulant dans les tubes plus ou moins vite.

*Tourailles à tubes couchés.* — Dans ces tourailles le poêle est formé de plaques de fer emmurées de briques (fig. 47).

Le tuyau s'élève d'abord vertical ; puis quand il est au-dessus du plancher de la chambre de chaleur il décrit une sorte d'hélice carrée dont l'inclinaison favorise le tirage ; cette inclinaison est telle qu'au bas de l'hélice la distance

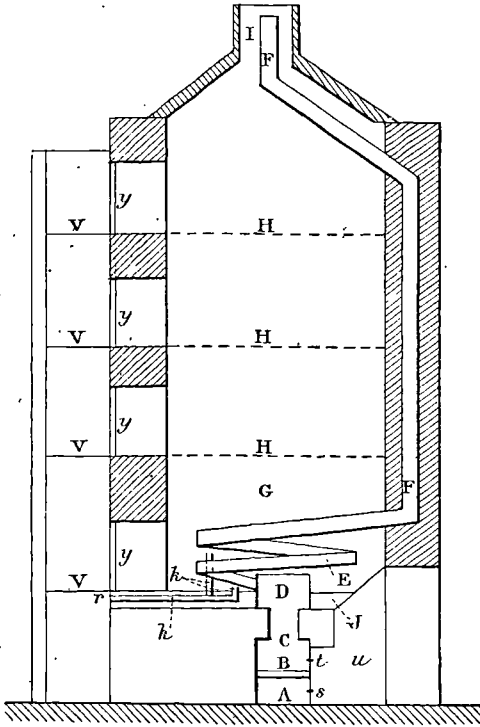


Fig. 47. — Touraille à tubes couchés.

mesurée entre le point culminant du tuyau et le plateau est de 1 m. 50 et qu'en haut de l'hélice elle n'est que de 0 m. 10.

Cette forme en hélice est favorable au développement de la longueur du tuyau et à sa répartition vers toutes les faces de la touraille.

Après avoir parcouru cette hélice, les gaz s'engagent

dans la cheminée, noyée dans la muraille jusqu'auprès de la voûte; à une certaine hauteur elle rentre, en effet, dans la touraille pour gagner la direction de l'axe et s'engager au centre de la cheminée d'appel.

Les tuyaux dans la partie utile, c'est-à-dire celle de la chambre de chaleur doivent être aussi conducteurs que possible.

Le fer peut être employé, si on chauffe au bois ou au coke d'usine à gaz.

La terre convient lorsqu'on chauffe au lignite ou au coke sulfureux.

Quelquefois on met des tuyaux de terre à la partie la plus chaude, et des tuyaux de fer à la suite.

Les tuyaux de fer sont recouverts soit de chaux, soit de briques cimentées à la chaux; cela a pour but d'empêcher, en cas de surchauffe, les germes, tombant à travers le plateau dans la chambre de chaleur, de se brûler au contact des surfaces rougies, ce qui donnerait au malt un mauvais arôme.



Fig. 48. — Extrémité des tuyaux de chauffe.

Pour la même raison, les tuyaux ont toujours une forme aiguë par en haut (fig. 48).

Il y en a de triangulaires, de pentagonaux; il y en a en forme de secteur circulaire. Cette dernière forme est la plus habituelle pour les tuyaux de fer.

La hauteur de ces tuyaux est de 1 m. 25 au moins, la largeur de 0 m. 5 à 1 mètre.

Quand on brûle du bois, il se produit beaucoup de suie; avec le coke on en a moins.

Dans tous les cas il faut pouvoir nettoyer les tuyaux.

A cet effet des carnaux sont percés sur les quatre faces de la touraille à différentes hauteurs, de manière que l'on puisse écouvillonner chacune des portions droites de l'hélice que constitue le tuyau.



La chambre de chaleur a une hauteur égale à 1 m 50, plus la hauteur d'un tuyau, cela fait au moins 2 m. 75. Elle est munie d'une porte qui permet de ramasser les touraillons.

*Réglage de la température.* — Il est obtenu, ainsi que nous l'avons dit, par l'introduction d'air froid dans la chambre de chaleur.

Des conduites d'air froid venant des murs circulent dans le plancher de la chambre de chaleur; leurs ouvertures extérieures sont au-dessous de l'ouverture du poêle, pour puiser de l'air aussi frais que possible. Ces ouvertures sont réglables par des registres.

A l'intérieur de la touraille ces conduites d'air se subdivisent et envoient des branchements plus petits déboucher sous les tubes chauds. On met plusieurs de ces branchements sous les tubes les plus chauds, on n'en met qu'un sous les autres.

Le système de refroidissement est, on le voit, très sommaire; mais, étant donnée la lenteur du travail, il est suffisant.

*Tourailles à tubes verticaux.* — Les systèmes précédents sont compliqués; on leur préfère les systèmes à tubes verticaux, essentiellement constitués par un tubulaire dont les tubes sont parcourus par la fumée qui chauffe l'air extérieur aux tubes.

La chambre de chaleur qui contient le tubulaire a 4 mètres de hauteur; quelquefois les tubes verticaux sont suivis de tubes couchés.

Une variété est le tubulaire chauffé à la vapeur. On n'est pas fixé sur les résultats obtenus.

*Tourailles à calorifère.* — Les systèmes à calorifère sont ceux où l'on peut introduire de l'air froid dans les tubes chauds. Un système assez simple est le système

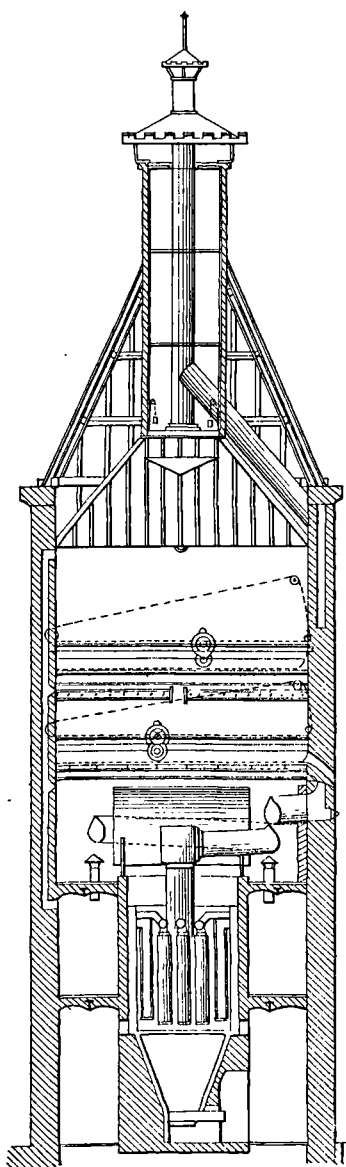


Fig. 49. — Système Bourdon.

Bourdon (fig. 49). Il est formé d'un foyer à chambre de combustion assez grande.

Les gaz du foyer s'élèvent dans un cylindre de tôle et sortent à la partie supérieure par un tuyau qui pénètre dans la chambre de chaleur et va se perdre dans la maçonnerie pour gagner le haut de la touraille.

Dans ce cylindre sont pour ainsi dire baignés des tubes à circulation d'air (fig. 50).

Ces tubes sont formés de tubes en acier verticaux, fermés par le bas, montés sur une plaque tubulaire qui n'est autre chose que le centre du sol de la chambre de chaleur.

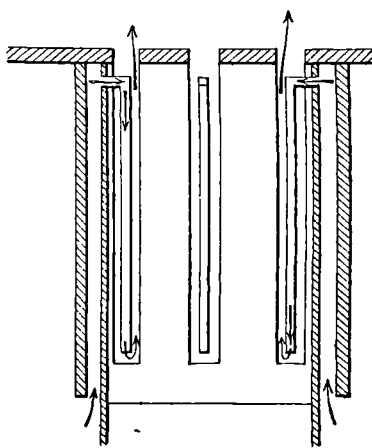


Fig. 50. — Tubes à circulation d'air.

Dans ces tubes en acier pénètrent des tubes en tôle galvanisée qui amènent l'air. Ces tubes de tôle avant d'entrer dans les tubes d'acier verticaux sont horizontaux et branchés sur la paroi en tôle cylindrique qui constitue la cuve où baignent les tubes.

Or, autour de cette cuve se trouve une enveloppe cylindrique en terre qui est jointive avec le cylindre de tôle par le bord supérieur, mais qui laisse un espace annulaire vide tout autour de ce cylindre. Quant au bord inférieur du cylindre de terre, il laisse entre lui et celui du cylindre de tôle, des ouvertures à registres. Il en résulte que l'air qui va circuler dans les tubes d'acier y pénètre après avoir passé d'abord entre l'enveloppe de terre et la tôle cylindrique, puis ensuite dans les tubes intérieurs. Enfin il passe dans les tubes extérieurs et dans la chambre de chaleur.

Il y a là une bonne condition de chauffage.

Suivant qu'on ouvrira plus ou moins les registres, on aura une température de l'air plus ou moins élevée.

Au-dessus de la plaque tubulaire se trouve un grand cône rejetant les touraillons sur les côtés pour éviter leur chute dans les tubes.

*Tourailles mixtes.* — Dans ces tourailles, le réglage s'obtient en introduisant à la fois de l'air dans les tubes et dans la chambre de chaleur.

Le type le plus connu est la touraille dite à cylindre à cause de la forme du poêle.

Ce poêle cylindrique est entouré d'un massif de maçonnerie qui se prolonge dans la chambre de chaleur, par une partie où se trouvent de nombreuses ouvertures pour la sortie de l'air chaud (fig. 51).

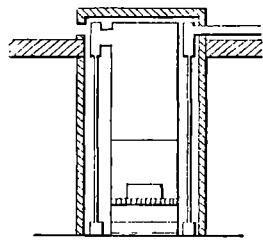


Fig. 51.  
Touraille à cylindre.

La face supérieure de ce massif est surmontée d'un toit conique, pour rejeter sur le côté les touraillons.

Le poêle est formé d'un foyer proprement dit, au-dessus duquel se trouve un vaste cylindre où s'achève la combustion.

Ce cylindre a sa partie supérieure maçonnée dans le plancher de la chambre de chaleur.

Autour de cette base supérieure également maçonnée dans le plancher se trouve une couronne à section carrée, dans laquelle deux cloisons verticales diamétralement opposées divisent le volume de l'anneau en deux parties : l'une de ces parties communique par un tuyau avec le haut du cylindre, l'autre communique avec la cheminée.

La partie inférieure du poêle est entourée d'une couronne analogue, mais sans cloisons.

Les couronnes sont reliées par dix-huit tubes verticaux qui se trouvent en réalité entre le poêle et le manteau de maçonnerie ; neuf de ces tubes sont greffés sur la couronne supérieure du côté de sa communication avec le cylindre, les neuf autres sont du côté de la cheminée.

Il résulte de cette disposition que les gaz du foyer passent du cylindre dans la demi-couronne qui communique avec lui, descendent par neuf tubes et remontent par les neuf autres dans la deuxième demi-couronne avant d'aller à la cheminée.

Dans leur parcours ils échauffent l'air compris entre le poêle et le manteau.

On peut introduire de l'air froid dans la couronne supérieure, et c'est en cela que le système tient du calorifère ; on peut en introduire dans le manteau, ce qui est analogue aux systèmes à tubes.

Le système ne doit pas être d'un bon rendement étant donné l'isolement de la partie chaude par rapport à la chambre de chaleur.

Dans tous les appareils à calorifère, il faut être bien

maître de l'air froid injecté dans les tubes ; donc de bons registres sont indispensables. De plus, il faut être sûr que l'air est bien froid, ce qui exige que les portes du poêle soient jointives.

Il est bon de mettre au cendrier des portes à trappes.

*Tourailles à air-tambours.* — Comme annexe du maltage en tambours, on a essayé d'employer des tambours rotatifs pour le séchage du malt : une première série de tambours plus grands que les tambours germoirs reçoivent de l'air chauffé à la vapeur, le touraillage s'achève dans des tambours plus petits, chauffés par l'air d'une touraille à coke.

Les résultats n'ont pas donné ce qu'ils avaient promis.

*Thermomètres.* — Le touraillage exige la connaissance exacte des températures auxquelles on porte le malt.

On place souvent des thermomètres dans l'atmosphère des tourailles, par exemple on en suspend sous le deuxième plateau.

Or, il y a une différence très grande entre la température du malt et celle de l'air placé au-dessus.

Ainsi, en comparant heure par heure les températures, Petit a trouvé dans une opération :

	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.
Air. . . .	28	32	32	35	39	45	50	60	65	70	70	70
Malt. . .	47	50	56	65	67	70	72	80	94	100	100	100
Différence	19	18	24	30	28	25	22	20	29	30	30	30

Les écarts paraissent moindre la nuit que le jour.

D'après cela, il faut régler les températures à l'aide de thermomètres plongés dans la couche.

Le thermomètre ne doit pas toucher le plateau qui peut être plus froid que la couche. On fait des supports à tré-

piéd qui permettent de suspendre les thermomètres à bonne hauteur au-dessus du plateau, tout en les noyant dans la couche.

On emploie quelquefois des thermomètres enregistreurs qui par des communications électriques indiquent sur un tambour rotatif, le niveau du mercure.

*Retourneurs.* — Comme nous le verrons plus loin, on doit retourner souvent les couches de malt que l'on tourne : c'est un travail désagréable qui exige plusieurs hommes et qui par conséquent est coûteux.

D'où l'idée des retourneurs mécaniques.

*Appareil Schlemmer.* — L'appareil Schlemmer est constitué de la manière suivante :

Deux crémaillères parallèles placées sur le plateau contre la paroi engrenent avec deux roues dentées reliées par un essieu animé d'un mouvement de translation perpendiculaire à sa longueur.

Les deux roues dentées tournent donc en avançant, elles engrenent à leur tour avec deux roues qui sont montées sur l'axe du remueur et le font tourner. Cet axe porte les agitateurs formés de fourches greffées perpendiculairement à l'axe et dont les deux dents sont fendues suivant des plans qui, prolongés, passeraient par l'axe de rotation.

Dans les fentes de chaque fourche est serrée une sorte de petite pelle plate.

Pour le plateau du haut les pelles sont en tôle, pour le plateau du bas elles sont en tuyaux de plume fendus, qui polissent le malt déjà sec sans l'altérer.

Le mouvement de translation qui doit être fort lent est produit par deux chaînes sans fin qui tournent en tirant l'essieu par les deux extrémités.

Ces chaînes sont actionnées chacune par un treuil moteur.

Mais il faut pouvoir produire l'alternance du sens du mouvement pour obtenir les allées et venues du remueur. A cet effet sur l'arbre du treuil et extérieurement à la touraille se trouvent montées trois poulies voisines : celle du milieu est calée sur l'axe ; les deux autres sont folles.

Deux courroies, une directe et une croisée sont reliées à un système commun d'embrayage qui maintient les deux courroies sur deux des trois poulies dont une est toujours folle.

Seulement pour une position du système d'embrayage, c'est la courroie directe qui repose sur la poulie fixe, et, dans l'autre position, c'est le contraire.

Tout le mécanisme est donc actionné par le système d'embrayage. Celui-ci obéit à des leviers mis en marche lorsque le remueur arrive au fond ou en avant de la touraille.

Il y a donc changement de sens du mouvement lorsque

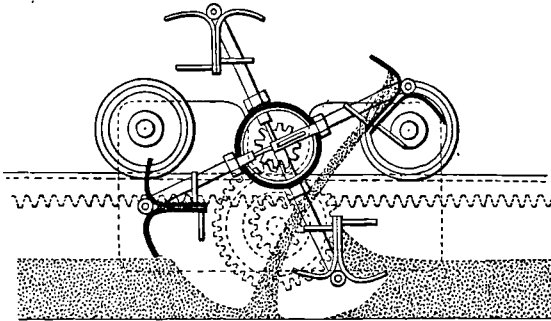


Fig. 52. — Mécanisme d'un remueur.

le remueur est à bout de course soit en avant, soit en arrière.

J'ai cité cet appareil pour donner une idée de la mise en mouvement des remueurs ; mais le résultat n'a pas été aussi bon qu'on l'espérait.

Il n'y a presque pas retournement, il y a surtout déplacement parallèle des lignes de grains.

On a, dans les remueurs plus récents, substitué à la pelle plate une pelle courbe, qui enlève avec elle une certaine quantité de grains qu'elle laisse ensuite retomber.

Ces pelles doivent être doubles pour agir dans les deux sens. Celles destinées au plateau supérieur sont plus courtes.

La figure 52 montre le mode d'action de ces pelles.

Les retourneurs ne sont pas d'un emploi général. Ils sont coûteux, écrasent du malt dans leurs nombreux engrenages, et ne fonctionnent bien que s'ils pelletent.

*Tourailles mécaniques.* — Dans le but d'éviter le travail des ouvriers, on a aussi proposé l'emploi de tourailles mécaniques. Ces appareils appartiennent à trois types principaux :

Les tourailles à mouvement continu ;

Les tourailles à jalousies ;

Les tourailles à rigoles pivotantes.

Parmi les premières, je citerai les *systèmes à toile sans fin*.

Les plateaux y sont représentés par une série de toiles sans fin obliques, parallèles, et se touchant.

Le grain arrive sur la toile sans fin de gauche, remonte jusqu'au point le plus haut, tombe sur la toile suivante, et ainsi de suite jusqu'à l'autre bord du plateau.

Là elle tombe sur une deuxième série de toiles inclinées de sens contraire et représentant le deuxième plateau.

Le malt ne sèche pas bien dans ces appareils qui manquent de méthodicit .

Une autre touraille continue est la *touraille Kaaden et Wittig*.



C'est une touraille à cylindre, contenant de douze à dix-huit plateaux.

A partir du haut, les plateaux impairs ont une ouverture au centre ; les plateaux pairs ont des ouvertures à la périphérie.

Au centre des plateaux, tourne lentement un arbre portant des agitateurs raclant la surface des plateaux, et faisant tomber les grains par les ouvertures, de sorte que ceux-ci descendent de plateau en plateau, mais non verticalement, en se rapprochant tantôt du centre tantôt de la périphérie.

Ce système exige une chaleur parfaitement régulière.

Les *systèmes à jalousies* sont constitués par une série de plateaux à évacuation non automatique, mais très rapide. De temps en temps, on vide successivement les plateaux en commençant par le bas.

La caractéristique du système est le mode de construction des plateaux. Ils sont formés d'une série de lames perforées, étroites, pivotant autour de leur grand axe. Si les lames sont placées horizontalement, elles sont jointives et constituent le plateau ; fait-on tourner les lames de 40-60°, que le grain tombe et est reçu sur le plateau inférieur.

Un système de petites manivelles commandées par une tringle commune munie des glissières circulaires convenables permet de tourner en même temps toutes les lames.

Il y a six, neuf, seize plateaux suivant les systèmes.

En général, avec ces systèmes, il y a économie des deux cinquièmes du temps, et d'un cinquième de la main-d'œuvre ; seulement le retournement n'est pas bon, les grains placés sur l'axe des lames ne bougent pas. — De plus, à cause de la nécessité de fixer l'axe sur les lames et de ne pas perforer leurs bords, la surface totale des trous est assez faible. Aussi préfère-t-on les lames en toile métallique.

Pour éviter l'inconvénient de la ligne neutre des lames on a proposé des systèmes où les lames sont remplacées par des rigoles en toile métallique exécutant un demi-tour complet autour de l'un de leurs bords. — Il y a sept à douze de ces rigoles par plateau.

Ordinairement l'appareil en comporte seize.

*Pratique du touraillage.* — Les plus anciennes tourailles étaient à un plateau ; puis on a créé les tourailles à deux plateaux, par raison d'économie.

Seulement, on s'est aperçu que l'eau du malt du premier plateau (8 p. 100 environ) tend à se condenser sur le malt vert, de sorte qu'il faut ou augmenter la quantité d'air injecté dans l'appareil, ce qui abaisse la température du plateau inférieur, ou augmenter la température de la touraille, ce qui est nuisible au malt presque sec du plateau inférieur.

D'où une réaction contre les plateaux doubles et retour aux plateaux uniques.

Le mieux serait d'adopter le système dont nous avons dit un mot, celui des plateaux juxtaposés dans deux tourailles à températures différentes, mais bien réglées.

Quoi qu'il en soit, on emploie généralement les tourailles à deux plateaux et plus rarement les tourailles à un seul plateau.

Dans la pratique du touraillage il y a des règles dont on ne doit jamais s'écarter :

1° Connaître toujours exactement les températures des couches ;

2° Sécher lentement. S'il n'y a qu'un plateau, on commence à 30-32°, on monte successivement à 40-50°, etc. ; s'il y a deux plateaux, on peut commencer pour le plateau du bas à 40° ;

3° On doit évaporer l'eau lentement. Pour cela on fait des couches minces qu'on retourne souvent, par exemple

toutes les heures sur le plateau du haut, toutes les deux heures sur le plateau du bas ;

4° Lorsque la touraille est à plusieurs plateaux, on doit laisser refroidir les plateaux inférieurs après vidange, avant de les remplir à nouveau.

Passons en revue les principaux types de malts.

**Malts type Pilsen et type usuel.** — Ce sont des malts germés l'un au-dessus de 17°, l'autre au-dessous de 20°.

Le malt est, autant que possible, préalablement séché sur sole aérée.

On l'établit en couches de 12-15 centimètres carrés sur le plateau supérieur. On maintient la température à 31-33° (quelques malteurs vont à 38°); on laisse les registres grands ouverts sauf pendant les trois dernières heures et on évapore jusqu'à 8 p. 100 d'eau en retournant toutes les heures ; le malt reste quinze heures sur le plateau supérieur. On le fait tomber sur le plateau inférieur, où en pelletant toutes les deux heures, on monte à 50-62°,5 en douze-treize heures ; on reste à cette température deux heures ; le malt demeure donc sur le plateau inférieur environ quinze heures ; le pouvoir diastasique est 26'-28'. Sa couleur 0,2 (1).

**Malt type viennois ou type à bière dorée.** — C'est un malt un peu plus trempé que le précédent.

On le sèche en couches de 15-18 centimètres à 33-38° en retournant seulement toutes les trois heures, on laisse le malt vingt heures sur le plateau supérieur, puis on l'envoie sur le plateau inférieur ; on monte à 75° ; on retourne au début toutes les heures, puis à la fin toutes les deux heures. Pour terminer, on se maintient deux

---

(1) Les pouvoirs saccharifiant et colorant sont mesurés par les méthodes Lintner-Stauffer qui ne sont plus officielles.

heures à 85°; on laisse le malt vingt heures sur le deuxième plateau. Le pouvoir diastasique est de 35'-38'; la couleur est 0,4-0,6.

**Malt de Munich.** — On établit sur le plateau supérieur des couches de 24 centimètres et on chauffe à 38° en courant d'air moins vif que pour la méthode précédente et en pelletant une fois toutes les trois heures; après environ vingt-quatre heures, lorsqu'il n'y a plus que 15 p. 100 d'eau, on fait tomber sur le plateau inférieur, on monte à 75° en pelletant toutes les heures, et en restant douze heures à cette température. Puis on monte à 87°, 5-100° où on reste deux heures (un seul pelletage).

*Exemple du touraillage d'un malt bavarois.*

DATE		TEMPÉRATURE	EAU	POUVOIR diastasique	TEINTE
	Heures.	Degrés.	P. 100.	Minutes.	
1 <sup>er</sup> jour .	6	16	44,8	15	
	9	18	44,6	16	
	11	25	44,4	17,5	
	13	25	38,9	19	
	15	38	30,8	20,5	
	17	39	24,4	21,5	
	19	44	16	22,5	0,15
	21	48	13,6	23,5	0,2
	23	50	10,3	24,5	
2 <sup>e</sup> jour .	1	56	8,8	25,5	
	3	60	6,9	26,5	
	5	64	5,5	28	
	7	70	4,2	29,5	0,75
	9	80	3,7	35,5	0,9
	11	85	3,4	38	1,1
	14	85	3,2	44	1,4

Pendant ce temps, les registres du plateau supérieur sont grands ouverts jusqu'aux deux tiers de l'opération, puis on les ferme peu à peu ; à la fin de l'opération, ils ne sont plus ouverts qu'au quart.

Les registres du plateau inférieur sont grands ouverts jusqu'au quart de l'opération ; aux deux tiers de l'opération, ils sont à demi fermés ; au dernier tiers du travail ils sont complètement fermés.

L'opération dure trente-six à quarante-huit heures.

Le pouvoir diastasiqne du malt de Munich est de 42'-55'.

La couleur est 1,1-1,5.

Pour les bières moelleuses il faut une saccharification inférieure à 40'.

**Malt anglais.** — Le malt travaillé comme il a été dit est préalablement fané par des pelletages en couches de 3, 4 centimètres, en évitant une température supérieure à 20°.

Ce séchage dure huit, dix heures.

On envoie alors à la touraille, qui est une touraille à fumée à un seul plateau.

L'opération dure trois, quatre jours.

On monte aussi vite que possible à 50° (température du malt et non de l'air).

On y reste environ douze heures. On monte à 60° en douze heures, à 65°, puis à 70°, puis à 80°, puis à 85°, enfin à 95°, chaque échelon étant franchi également en douze heures.

Tant qu'on n'est pas à 70°, on remue 2 fois par jour ; au delà, on remue 3 et 4 fois.

Si l'on n'a pas fané préalablement le malt, il est recommandé de ne pas le retourner tant qu'il n'est pas sec ; il est plus tendre et moins acide.

Le rendement est de 68-73 p. 100 du poids de l'orge.

**Malt belge (pour lambic).** — On le maintient sur le

plateau supérieur vingt-quatre heures à 38°, puis sur le plateau inférieur dix heures à 60°, et enfin vingt-quatre heures en montant jusqu'à 100-110°.

**Malts de distillerie.** — Pour les malts de distillerie, qui n'ont pas besoin d'arome, mais qui doivent être aussi diastasiques que possible, on commencera le séchage à 32-33° et on montera à 55°.

Aller plus haut est inutile, sauf pour les malts d'orge avariée.

*Première remarque.* — Ces règles de touraillage conduisent à de bonnes bières des types considérés ; mais il faut remarquer que la nature d'un moût dépend non seulement du malt, mais du système de brassage.

Ainsi en brassant à température élevée, ou pendant une courte durée, on a une bière riche en dextrine et de petite atténuation. C'est un peu le même effet que celui du maltage bavarois.

En général comme la méthode de brassage est stable, on doit y adapter le maltage approprié, mais on pourrait se proposer le problème inverse : avec un malt déterminé, faire par brassage une bière d'un type déterminé.

*Deuxième remarque.* — L'arome ne dépend pas de la couleur. Ainsi le malt Pilsen est fort aromatique quoique pâle. On peut aussi obtenir des malts pâles sans arome : il suffit de tourailler moins haut ; mais alors on s'expose à laisser trop de diastase et à avoir des bières ne se clarifiant pas et pauvres en dextrine ; on obvie à cet inconvénient en germant plus court, ce qui diminue la désagrégation.

On évite ce nouvel inconvénient en faisant bouillir moins longtemps la bière et en employant le fanage préalable, qui permet de germer un peu court, tout en

désagrégeant, et de tourailler un peu haut sans colorer le malt.

**Malt chocolat.** — Le malt humide torréfié se colore par suite de la production de caramel.

On peut dire que 50 kilogrammes de malt ordinaire correspondent à 37-41 kilogrammes de malt torréfié dont 1 hectolitre pèse de 38 à 43 kilogrammes.

Il contient :

4,3 p. 100 de saccharose ;

19 p. 100 de sucres réducteurs ;

76,7 p. 100 de dextrine, etc.

Il y a plusieurs qualités :

1° Le *malt brun ou soufflé* s'obtient ainsi :

On prend du malt à demi touraillé et on le porte dans une deuxième touraille chauffée à grand feu de bois de chêne ou de hêtre ; on l'y installe en couches de 3-4 centimètres ; on arrose, on active le feu en retournant très vite.

L'opération dure une heure et demie.

2° Le *malt torréfié* s'obtient par la torréfaction du malt vert ou sec après une macération de quatre ou six heures à 70°.

L'opération se fait dans des cylindres rotatifs en tôle analogues aux brûloirs à café ou chauffés à 100-120° par la vapeur (fig. 53).

Après une heure on refroidit et on recommence à torréfier.

3° *Malt cristallisé.* — On prend du malt vert de six jours de germination, on le brûle dans un brûloir cylindrique en toile métallique, de sorte que la combustion est plus active que dans la méthode précédente.

**Tourailage des autres malts.** — 1° *Blé.* On le sèche à 25°-30°, pendant huit, dix heures ; on chauffe ensuite sept heures environ en montant à 60°, puis on se tient

deux heures à cette température en finissant par  $62^{\circ}$  (ne pas dépasser  $65$ ).

Le pouvoir diastasique est de  $28'$ , le pouvoir colorant est de  $0,12-0,2$ .

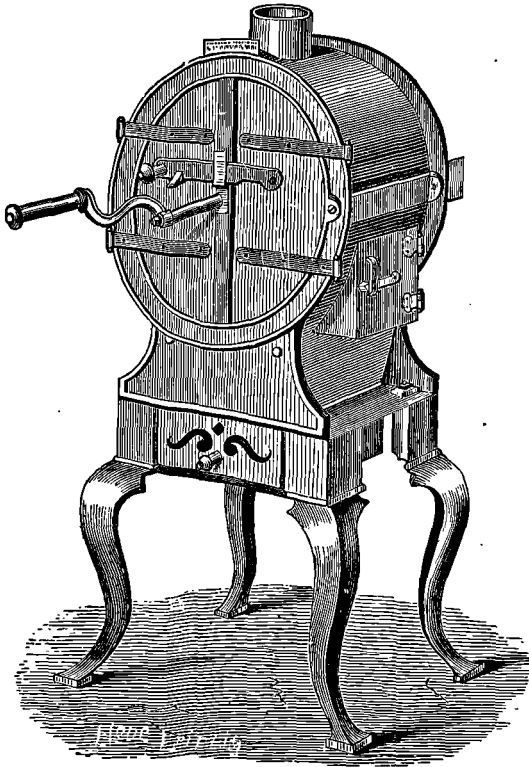


Fig. 53. — Torréfacteur.

Le malt de blé ne doit pas être utilisé de suite ; il faut attendre huit jours au moins.

2° *Seigle*. A peu près comme le précédent. On fait souvent le malt caramel avec lui.

3° *Maïs*. On maintient environ vingt-quatre heures à  $35^{\circ}$  et vingt-quatre heures à  $50^{\circ}$ .



**Dégermeuses.** — En général on cherche à détacher complètement les germes du malt sec de brasserie, dans un but de conservation du malt ; en effet, les germes s'infectent facilement.

Mais, dans un local bien entretenu, très sec, il n'y a pas d'utilité de faire le dégermage. Autrefois on dégermait en foulant aux pieds ; aujourd'hui on emploie des machines, dont la plupart sont formées d'un cylindre, ou d'une rigole entourée d'un cylindre, dans lesquels défile le malt et tourne un axe portant soit des dents d'acier, soit des palettes, soit une hélice.

Le battage produit par l'arbre sur le malt et la projection de celui-ci sur le cylindre amènent la séparation des germes.

Souvent le système est disposé de manière que le germe passe à travers le cylindre ou la rigole. D'autres fois malt et germe sont envoyés dans un blutoir où la séparation s'effectue. C'est la meilleure disposition à condition que le malt ne reste pas longtemps soumis au battage et ait une autre issue que l'extrémité du cylindre, si celui-ci est un peu long.

Donc les bons systèmes doivent laisser passer hors du cylindre malt et germes, et les envoyer à un blutoir.

Une disposition différente est celle de la Germania : c'est un cylindre vertical contenant quatre petites paires de meules coniques montées sur un même axe. Elles constituent un système de chicanes qui frottent les grains et en séparent les germes. Le tout doit passer au blutoir.

**Machines à polir.** — Dans le but d'éviter le plus possible les poussières dans la bière (1), on a proposé

---

(1) Un des plus grands reproches que l'on fait aux polisseuses, c'est  
LÉVY. Maltage.

de les détacher du malt ; c'est ce que l'on appelle polir. Cette pratique coûte jusqu'à 1 p. 100 du poids du malt et n'offre pas grand intérêt puisque la bière est bouillie.

Certaines de ces machines ne diffèrent guère des dégermeuses ; le mouvement est moins violent, mais la trituration y est prolongée.

Ainsi dans une de ces machines on rencontre le cylindre, l'arbre à bras, mais en plus sur le cylindre se trouvent des bras en chicanes portant des sortes de pelles destinées à ralentir le mouvement du grain produit par l'arbre.

Dans la plupart des polisseuses de malt la brosse joue un grand rôle : tantôt le grain tombe entre une brosse et un manteau de toile métallique, tantôt il passe entre une meule d'acier et une meule-brosse ; d'autres fois il est roulé dans une sorte de brosse creuse par un rouleau en bois.

Les ventilateurs servent ordinairement à éliminer les poussières.

Les polisseuses sont rarement utilisées.

**CONCLUSION. Résultats du touraillage de l'orge. Comparaison du malt sec et de l'orge.** — Nous avons déjà indiqué les nombres de Schütt :

100 kilogrammes d'orge à 86 p. 100 de matière sèche en perdent 1 kgr. 3 à la trempe.

5 kgr. 7 à la germination (si elle dure neuf jours).

Et des 79 kilogrammes restant 3 kilogrammes passent dans le germe et 0 kgr. 5 sont brûlés au touraillage.

Ce qui fait qu'on obtient, en définitive :

75 kgr. 5 de matière sèche dans 79 kgr. 2 de malt à 2 p. 100 d'eau ;

---

de charger de poussières l'air des brasseries et d'envoyer celles-ci d'une manière indirecte dans les moutés.

3 kilogrammes de matière sèche dans 3 kgr. 2 de germes à 8 p. 100 d'eau.

Il faut remarquer que dans une germination plus rapide la perte en amidon est plus faible. De même si la longueur du germe est moindre la perte est plus petite. Enfin la variété d'orge influence la perte par le germe. La plupart des auteurs admettent que le germe séché varie de 1,8 à 3,5 p. 100 du poids de l'orge. Les malts long-germés, comme les malts bavarois, donnent jusqu'à 5 kilogrammes.

Les tourillons contiennent de 8 à 10 p. 100 d'eau, de 18 à 34 p. 100 de matières albuminoïdes, environ 5 p. 100 d'amides, 2,5 p. 100 de matières grasses, de 50 à 65 p. 100 d'amidon et de cellulose, de 6 à 8 p. 100 de cendres. On trouve des acides malique, formique, succinique, citrique, acétique, lactique, oxalique, propionique, de l'asparagine, des corps gras, de la lécithine, de la cholestérine, des gommes, des cires, des résines, une matière amère, une matière verte, de l'acide phosphorique, de la potasse, etc.

*Analyses d'orges et de malts d'orge (Lindet).*

En p. 100 de matière sèche de l'orge.

	O. CH. FRANÇAISE		O. CH. HONGROISE	
	Orge.	Malt.	Orge.	Malt.
Matières azotées . . . . .	11,62	10,89	11,40	9,78
» grasses . . . . .	1,97	1,26	1,62	1,21
» saccharifiables . . . . .	73,18	63,63	74,42	62,83
Cellulose . . . . .	10,42	10,57	9,70	9,37
Cendres . . . . .	2,81	2,39	2,86	2,11
Total . . . . .	100	88,74	100	84,30

	ESCOURGEON		O. AFRIQUE	
	Orge.	Malt.	Orge.	Malt.
Matières azotées . . . . .	11,46	9,77	11,84	10,75
» grasses . . . . .	2,58	1,45	1,62	1,34
» saccharifiables . . . . .	71,18	60,63	70,63	64,03
Cellulose . . . . .	11,70	11,83	13,18	12,90
Cendres . . . . .	3,18	2,65	2,73	2,16
Total . . . . .	100	86,33	100	81,18

*Analyses d'orge et de malt d'orge (Schneider).*

En p. 100 de matière sèche de l'orge.

	ORGE	MALT
Matières azotées solubles . . . . .	1,11	2,36
» » insolubles . . . . .	10,84	9,11
» grasses . . . . .	2,93	1,87
Amidon . . . . .	66,32	61,91
Dextrine . . . . .	6,31	7,22
Sucre . . . . .	»	0,49
Cellulose . . . . .	9,54	6,24
Cendres . . . . .	2,95	2,61
Total . . . . .	100	91,76

*Analyse d'un malt sec dégermé.*

Eau . . . . .	7,5
Matières azotées . . . . .	9,4
» grasses . . . . .	2,3
Extractif . . . . .	69,8
Cellulose . . . . .	87
Cendres . . . . .	2,3

*Comparaison du poids de 1000 grains d'orge*

A 14 p. 100 d'eau et du poids de 1000 grains de malt d'orge.

Type Munich . . . . .	perte	13-13,5 p. 100
» Viennois . . . . .	»	12,5 »
» Pilsen . . . . .	»	11,5 »

*Quelques analyses de touraillons.*

## I. Märker.

	Humides.	Supposés secs.	
Eau . . . . .	10,1	»	
Matières albuminoïdes . . . . .	17,6	19,56	} 25,90
Amides . . . . .	5,7	6,34	
Matières grasses . . . . .	2,1	2,33	
Extractif . . . . .	43	47,77	
Cellulose . . . . .	14,3	16	
Cendres . . . . .	7,2	8,1	

## II. Lindet.

Pour 100 de matière sèche.

	O. Ch. fr.	O. Ch. hongr.	Escourgeon.	O. Afr.
Matières azotées . . . . .	29,3	33,6	25,7	30,2
» minérales . . . . .	6,8	6,22	7,8	6,3

## III. Stauffer.

	(a)		(b)	
	HUMIDES	SECS	HUMIDES	SECS
Eau . . . . .	11,46	»	5,26	»
Matières azotées . . . . .	27,61	31,19	22,75	24,01
» grasses . . . . .	1,77	1,98	1,97	2,08
» sacch. . . . .	40,11	45,28	47,53	50,17
Cellulose . . . . .	13,17	14,98	16,16	17,05
Cendres . . . . .	5,88	6,57	6,33	7,79

*Résultats du travail du seigle.* — Nous avons vu que 1 hectolitre de seigle pesant 71 kilogrammes et contenant 8 kilogrammes d'eau donne 1 hect. 625 de seigle trempé pesant 101 kgr. 33 et 2 hect. 812 de seigle malté

en vert, pesant 100 kgr. 32 : il donne également 57 kgr. 445 de malt sec dont 0 kgr. 558 de germes, soit 56 kgr. 875 de malt dégermé occupant le volume 1 hect. 09.

*Analyses de la matière sèche d'un seigle et de son malt sec.*  
(Schneider.)

	Seigle.	Malt.
Matières azotées solubles. . . . .	1,04	1,41
» » insolubles. 12,31	11,32	
» grasses. . . . .	2,41	1,91
Amidon. . . . .	67,49	64,19
Dextrine . . . . .	6,87	6,92
Sucre. . . . .	»	»
Cellulose . . . . .	7,15	6,94
Cendres . . . . .	2,73	2,31
Total. . . . .	100	94,60
	perte.	5,40 dont 2,11 aux germes.

*Résultats du travail des autres grains.* — 1 hectolitre de blé donne 2,8-2,9 hect. de malt vert pesant 110-112 kilogrammes.

Il donne 63-64 kilogrammes de malt sec.

*Analyses de la matière sèche d'un blé, d'une avoine et de leurs malts (Schneider).*

	BLÉ	MALT	AVOINE	MALT
Matières azotées. . . . .	1,21	1,73	1,02	1,51
» » insolubles. 12,14	11,21	13,47	11,12	
» grasses. . . . .	1,87	1,62	6,41	5,91
Amidon. . . . .	70,20	64,51	60,64	55,34
Dextrine. . . . .	5,32	5,72	4,78	4,91
Sucre. . . . .	»	0,41	»	0,30
Cellulose . . . . .	7,32	6,54	11,27	8,39
Cendres. . . . .	1,94	1,41	2,41	2,14
Total. . . . .	100	93,15	100	89,62

Pour le blé, il y a perte de 6,85 dont 2,94 dans le germe.  
Pour l'avoine il y a perte de 10,40 dont 3,71 dans le germe.

## CONSERVATION DU MALT SEC

**Théorie.** — L'accumulation du malt en grandes masses au sortir de la touraille produit un échauffement qui détruit de la diastase.

Mais, en réalité, pendant la conservation du malt, le pouvoir diastasique augmente légèrement. Dès lors, si on étudie du malt après deux ou trois jours d'ensilage en grande masse on trouve une diminution de diastase par rapport au malt sortant de la touraille, et si on fait la même étude cinq ou six semaines après, on retrouve le pouvoir diastasique primitif; ceci est vrai pour l'ensemble de la masse et non en p. 100, car le malt s'est remouillé.

Le pouvoir diastasique se maintient dans le malt refroidi en couches minces. De sorte qu'au point de vue du pouvoir diastasique on peut ou conserver le malt en couches minces et l'employer dès qu'il est froid, ou le conserver en silos (qu'on ne remplit d'ailleurs qu'après deux ou trois jours de repos) et ne l'employer que cinq ou six semaines après. Mais cela revient à accumuler pour longtemps de grandes provisions et en général on ne le fait pas.

Quant à la conservation en silos pendant un temps court, elle coûte de la diastase, ce qui rend les mouts plus dextrineux et est rarement recherché; mais en même temps l'arome se développe.

Outre l'altération du pouvoir diastasique, il se passe d'autres phénomènes pendant la conservation du malt.

Il y a reprise d'humidité: environ 5 p. 100.

L'extrait varie pendant la conservation, il augmente pour les malts touraillés haut et baisse pour les malts touraillés bas.

Le rendement en maltose du malt touraillé haut augmente et inversement pour le malt touraillé bas.

L'azote total et amidé augmente pour les malts touraillés haut et diminue pour les autres.

L'azote albuminoïde diminue pour tous les malts, mais moins pour les touraillés haut.

Quant à la peptone, il semble qu'il y ait augmentation pour les malts touraillés haut, et diminution pour les touraillés bas et très haut.

**Pratique.** — Autrefois on faisait des couches de 10 centimètres qu'on recouvrait de radicelles.

Celles-ci sont trop humides et il vaut mieux opérer comme suit.

On fait construire un plancher de 2,5-4 cm. d'épaisseur en planches assemblées par des languettes pour les empêcher de jouer.

On lambrisse les murs de la même manière.

On installe la couche de malt, et on la recouvre d'un plancher bien serré.

On peut, après un séjour de deux ou trois jours sur un aire en planche, envoyer aux silos ; mais d'après ce que nous avons dit, il vaut mieux attendre le complet équilibre du malt.

Les silos sont de grandes tours en bois ou en métal semblables à celles décrites pour les grains, ou de grands réservoirs en fer.

## MÉTHODES D'ANALYSE USITÉES EN MALTERIE

### MALT VERT

Nous parlerons en premier lieu du malt vert, puis ensuite du malt sec. Nous rappellerons d'abord que tout ce qui a été dit pour l'échantillonnage de l'orge s'applique à celui des malts.

Les essais portent sur les points suivants.



**Acidité.** — On traite 100 grammes de malt vert par 400 centimètres cubes d'eau, pendant deux heures. On titre l'acidité en présence du tournesol ou de l'acide rosolique avec de la soude normale ; on ne doit pas en utiliser plus de 7 centimètres cubes, ce qui correspond à 0 gr. 343 d'acide sulfurique ou à 0 gr. 630 d'acide lactique pour 100 grammes de malt.

*Remarque.* — Il ne faut pas employer la phtaléine comme indicateur, elle donne une acidité plus grande.

**Extrait.** — La connaissance de l'extrait offre peu d'intérêt en distillerie, il est rare qu'on l'étudie pour le malt vert ; on fait un extrait de 100 grammes de malt par 400 centimètres cubes d'eau agissant six heures à la température ordinaire ; on filtre, on rince, on essore, on amène à un volume connu (1).

On prend la densité, et à l'aide de la table de Schültze (2) (faite d'ailleurs pour l'action à 70°) on détermine le pour cent dans 100 centimètres cubes de liquide ; en multipliant ce pour cent par le volume du liquide et en divisant par 100, on a l'extrait pour 100 grammes de malt. 14-15 p. 100 est une bonne moyenne.

*Exemple.* — On a amené le volume à 560, on trouve une densité de 1,001 ; la table indique 2,61 dans 100 centimètres cubes. Donc 100 grammes de malt ont produit  $\frac{2,61 \times 560}{100} = 14,616$  d'extrait.

---

(1) Au lieu de cela, on peut ajouter au volume d'eau employé le poids d'eau du malt vert, mais il faut en faire le titrage.

(2) Le Congrès de Vienne de 1898 a recommandé les tables de Windisch, qui sont plutôt faites pour les malts secs.

**Pouvoir saccharifiant.** — Le pouvoir saccharifiant a une certaine importance puisqu'il indique la quantité de maltose immédiatement formée par la diastase du malt.

Nous citerons les méthodes les plus connues.

1° *Méthode Märker.* — Une méthode simple, mais peu exacte pour pouvoir déterminer le pouvoir saccharifiant est celle de Märker ; 1 gramme de farine est mis en contact avec des quantités croissantes d'empois à 60°, on va jusqu'à coloration persistante par l'iode. Cela dure un peu plus de dix minutes. Plus on met d'amidon, plus le pouvoir est grand.

2° *Méthode Bauer.* — 50 grammes de farine sont mis en digestion dans 200 grammes d'eau à 17°, pendant trois heures. On filtre jusqu'à ce que le liquide soit clair. Toute la diastase est dissoute. Dans cette infusion, on prend la densité et on en déduit l'extrait à l'aide des tables, puis on prélève 10 centimètres cubes que l'on ramène à 200 centimètres cubes. D'autre part, on empâte à froid dans un becherglass 2 grammes de fécule bien neutre, on chauffe au bain-marie et on complète le volume à 100 centimètres cubes. Cela fait, on verse 5 centimètres cubes de la dilution d'extrait de malt dans le becherglass rempli de l'empois refroidi à 55°, on laisse sur le bain-marie à cette température pendant une heure. La saccharification n'est pas complète, mais on a une valeur comparative. La solution est ramenée à 200 centimètres cubes, refroidie et titrée au Felhing. (Pour la maltose, il est bon de s'aider de touches sur papier au ferro-cyanure.) On peut négliger la maltose venant du grain, car elle se forme pendant l'épuisement.

3° *Méthode Kjeldahl.* — Une méthode plus exacte pour déterminer le pouvoir saccharifiant est celle de Kjeldahl basée sur le principe suivant : aussi longtemps que la diastase se trouve en présence d'un grand excès d'amidon

non transformé, la quantité de maltose produite par cette diastase est proportionnelle à la quantité de diastase mise en travail. La condition essentielle pour la réussite est que, dans tous les essais, on opère avec des quantités de diastase suffisamment minimales pour être sûr de ne pas transformer plus de 50 p. 100 de l'amidon. Pour appliquer ce principe, on extrait l'amylase du malt par l'eau. A cet effet, le malt finement broyé avec du sable est additionné de vingt fois son poids d'eau. On agite pendant six heures et on filtre. On fait agir sur un volume suffisamment fort mais déterminé d'un empois à 2 p. 100 d'amidon soluble un nombre arbitraire mais déterminé à l'avance de centimètres cubes de l'infusion, et on dose la maltose.

4° *Méthode de Lintner Junior.*— Une méthode très voisine, mais plus précise, est celle de Lintner.

On prépare de l'amidon soluble, en maintenant six jours à la température ordinaire ou trois jours à 40° de la fécule et de l'acide chlorhydrique à 7,5 p. 100. L'amidon, sans perdre sa structure, a perdu la propriété de faire de l'empois. On lave à l'eau froide, on sèche à l'air. Le produit est soluble dans l'eau. On en prépare une solution à 2 grammes pour 100 centimètres cubes. En second lieu, on prépare un extrait de malt (12 cc. 5 de malt vert ou 25 grammes de malt sec dans 500 d'eau). Il faut six heures à la température ordinaire, on filtre. Cela fait, dans dix tubes à essais, on met 10 centimètres cubes de l'amidon soluble (0 gr. 2) et dans chacun on verse 0 cc. 1, 0 cc. 2, 0 cc. 3, 1 centimètre cube de l'extrait de malt. On agite et on laisse agir une heure. Dans chaque tube on ajoute 5 centimètres cubes de Fehling, on chauffe dix minutes au bain-marie. Il y a un tube qui n'est plus bleu alors que le précédent l'est encore. Supposons que ce soit le tube qui contient  $\frac{n}{10}$  d'extrait. Cela prouve que le

tube  $n$  contient assez de diastase pour faire une dose de maltose déterminée et que le  $(n-1)^{\text{ième}}$  tube n'en contient pas assez. On recommence avec des centièmes d'extrait de malt : on met  $\frac{n-1}{10} + \frac{1}{100}$  ;  $\frac{n-1}{10} + \frac{2}{100}$ , etc. On trouve que c'est le tube  $\frac{n-1}{10} + \frac{n'}{100}$  qui est le tube restant bleu.

Ce tube contient plus de diastase qu'il n'en faut, tandis que le tube précédent n'en contient pas assez. La dose de diastase est donc comprise entre  $\frac{n-1}{10} + \frac{n'}{100}$  et  $\frac{n-1}{10} + \frac{n'-1}{100}$ , elle est donc  $\frac{n-1}{10} + \frac{n'}{100}$  à 0,01 près.

Le pouvoir diastasique est donc l'inverse de ce nombre à 0,02 près.

Lorsque  $n = 1$   $n' = 1$ , on dit que le pouvoir diastasique est 100.

5° *Méthode Moritz*. — On procède comme dans la méthode précédente, mais lorsqu'on a les dix tubes réduits ou non réduits on continue ainsi :

On prélève ceux qui sont sensiblement décolorés, on en verse le contenu dans de petits ballons, on fait bouillir et on dose l'excès de Fehling par une solution de glucose à 2 grammes par litre.

On a plusieurs valeurs correspondant aux différents tubes essayés, mais elles doivent être concordantes.

**Travail d'Effront.** — Le pouvoir saccharifiant indique la quantité de maltose qu'une diastase produit immédiatement.

Or, en distillerie, la dextrine corrélative offre un grand intérêt parce que dans le cours de la fermentation elle tend à se transformer à son tour en maltose qui fermente, ou même à fermenter directement par certaines levures.

Effront a eu l'idée de déterminer ce qu'il a appelé le pouvoir liquéfiant qui est une résultante d'un pouvoir saccharifiant (très faible à la température où il opère) et de la quantité de dextrine produite en même temps que la maltose.

Il peut arriver qu'avec un pouvoir saccharifiant moyen on n'ait qu'un rendement en alcool minime, tandis qu'avec un pouvoir saccharifiant faible on en ait un bon ; c'est que, dans le premier cas, le pouvoir liquéfiant était faible et qu'il a été élevé dans le deuxième.

Effront a indiqué une méthode pour la détermination du pouvoir saccharifiant et une autre pour celle du pouvoir liquéfiant.

*Pouvoir saccharifiant. 1° Préparation de l'infusion de malt.* — On pèse 6 grammes de malt écrasé, on les met dans un ballon dans lequel on ajoute 100 centimètres cubes d'eau à 60° C. On introduit le ballon dans un bain-marie et on le maintient une heure à cette température. Pendant la saccharification, on remue de temps à autre le ballon ; la saccharification finie, on refroidit à 30° C. et on filtre. 50 centimètres cubes du liquide filtré sont ensuite additionnés de 50 centimètres cubes d'eau distillée et c'est avec cette infusion diluée qu'on détermine le pouvoir saccharifiant. Pour le pouvoir liquéfiant on se sert de ce qui reste de l'infusion non diluée.

*2° Préparation d'un réactif à l'amidon.* — On prépare une dissolution de 2 grammes de fécule de Lintner que l'on amène à 100 centimètres cubes, cette préparation doit toujours être fraîche. On a remarqué que, quoique cette solution se conserve assez bien, elle se comporte différemment avec le même malt suivant qu'elle est fraîche ou préparée depuis un certain temps. Cette particularité est d'autant plus étonnante qu'on ne constate pas une différence d'acidité dans les deux solutions d'amidon. On

prend 100 centimètres cubes de cette solution à 2 p. 100, on y ajoute 55 centimètres cubes d'eau et 5 centimètres cubes de l'infusion de malt; on laisse le tout dans un bain-marie à 60° C. pendant une heure. Après saccharification on refroidit très rapidement et on détermine immédiatement la teneur en sucre en se servant de 2 centimètres cubes de solution de tartrate cupro-potassique, qui correspond à 0 gr. 0144 de maltose.

Les 2 centimètres cubes de solution cupro-potassique sont mis dans un tube à réactif, on y ajoute 3 centimètres cubes d'eau et quelques fragments de pierre ponce. Le nombre de centimètres cubes de solution sucrée nécessaires pour la réduction du sel de cuivre varie, pour les malts, entre 4 et 20; une série d'expériences comparatives a démontré qu'un malt réduisant 2 centimètres cubes de solution de tartrate cupro-potassique dans les conditions indiquées, en n'employant que 4 à 6 centimètres cubes d'empois saccharifié, peut être considéré comme ayant un pouvoir maximum de saccharification (1); 7 à 9 centimètres cubes correspondent à un bon malt, 9 à 12, à un malt de valeur moyenne; 14 à 20 centimètres cubes à un malt mauvais. Les petites quantités de maltose que l'on introduit avec l'infusion n'ont pas grande influence sur les résultats.

*Pouvoir liquéfiant. L'amidon type.* — Pour cette détermination on se sert d'amidon de riz, choisi avec un grand soin. Les amidons de riz de diverses provenances se comportent différemment à l'épreuve par la diastase à la température de 80° C., et on peut classer les amidons de riz en deux catégories. Dans la première on range les produits qui, au moment de la liquéfaction, deviennent

---

(1) En réalité le pouvoir saccharifiant est l'inverse des volumes employés.

complètement incolores et transparents ; dans la seconde ceux qui conservent une teinte blanchâtre et donnent un liquide non transparent ; les premiers se liquéfient beaucoup plus difficilement que les seconds, et le pouvoir d'une infusion de malt peut varier beaucoup, suivant que l'on fait usage de l'un ou de l'autre type d'amidon. Au début de ses recherches, Effront a travaillé avec un amidon du second type ; il l'a abandonné par la suite après avoir constaté que les amidons donnant une liquéfaction transparente sont plus propres à cet usage ; le moment de la liquéfaction est plus facile à saisir. Pour l'analyse on doit d'ailleurs toujours employer le même amidon si l'on veut obtenir des résultats sur lesquels on puisse se baser, et chaque fois que l'on change d'amidon on vérifie le nouveau avec l'échantillon type.

La vérification se fait avec l'infusion de malt ; 2 grammes d'amidon-type et 2 grammes de l'amidon à essayer sont liquéfiés avec la même quantité d'infusion à la température de 80° pendant dix minutes. Si les nombres de centimètres cubes d'infusion nécessaires pour liquéfier complètement l'amidon type et le nouvel amidon sont les mêmes, on peut considérer les deux amidons comme identiques. Dans le cas contraire on augmentera ou on diminuera la quantité d'amidon à l'essai pour avoir une liquéfaction avec la même quantité d'infusion. Ainsi, par exemple, s'il arrivait que pour la liquéfaction de 2 grammes d'amidon type, il fallût 2 cc. 5 d'une infusion de malt quelconque et pour la liquéfaction de la même quantité d'amidon à essayer, il fallût 3 centimètres cubes de la même infusion, il faudrait peser 1 gr. 9, 1 gr. 8, 1 gr. 7 d'amidon à l'essai et voir la quantité qui se liquéfie avec 2 cc. 5 d'infusion. Si la liquéfaction complète a lieu avec 1 gr. 9, on considère qu'au lieu de 2 grammes d'amidon type il faut prendre seulement 1 gr. 9 de l'amidon mis à l'essai. Une autre méthode pour amener un amidon quel-

conque à l'amidon type consiste dans l'acidification ou l'alcalinisation de l'amidon.

L'amidon type est faiblement alcalin (1) et si l'on amène l'amidon de riz à essayer, contenant la même proportion d'eau, à la même alcalinité, par le fait même on lui donne toutes les propriétés de l'amidon type. Mais la sensibilité du pouvoir liquéfiant, par rapport à l'alcalinité du liquide, est telle que la quantité de soude à ajouter ne peut être déterminée par un seul dosage alcalimétrique. Si la différence d'alcalinité des deux amidons consiste dans 2 centimètres cubes de solution décimormale de soude, on ne peut ajouter à l'amidon que la moitié de la solution alcaline ; pour le reste, on va en tâtonnant par dixièmes de centimètre cube jusqu'à ce que les deux laits d'amidon se liquéfient avec la même quantité d'infusion du malt.

**Mesure du pouvoir liquéfiant.** — Revenons à la mesure du pouvoir liquéfiant. On pèse 40 grammes d'amidon de riz type, on les délaie avec un peu d'eau dans une capsule, on introduit le mélange dans un ballon jaugé, on rince la capsule avec une nouvelle proportion d'eau qu'on déverse dans le ballon et on continue l'addition de l'eau jusqu'au repère de 100 centimètres cubes. Du mélange d'eau et d'amidon fortement agité, on prélève avec une pipette huit échantillons de 5 centimètres cubes que l'on introduit isolément dans des tubes à essais numérotés ; on ajoute au contenu de chaque tube une certaine quantité d'infusion de malt préparée de la manière que nous avons indiquée plus haut ; contenant par conséquent 1 gr. 5 de malt dans 50 centimètres cubes. Pour les huit tubes

---

(1) 100 grammes d'amidon délayés dans 100 cc. d'eau distillée exigent pour être neutralisés 6 cc. de solution d'acide décime normale. Quand l'amidon marque ce degré d'alcalinité, on n'a pas à ajouter d'acide, puisque le lait d'amidon doit être faiblement alcalin.



numérotés, contenant huit quantités différentes d'infusion on prépare huit autres tubes à essais, de dimensions un peu plus grandes mais portant les mêmes numéros que les premiers. Dans chacun des grands tubes, on introduit 14 centimètres cubes d'eau distillée et on les place dans un bain-marie à 80° C. ; ensuite, on les prend l'un après l'autre, on les porte rapidement à l'ébullition et on verse dans le liquide bouillant le contenu de celui des premiers tubes portant le numéro correspondant et contenant le lait d'amidon additionné de l'infusion. On remue rapidement avec une baguette de verre, on rince le tube ayant contenu de l'amidon avec 1 centimètre cube d'eau que l'on ajoute au contenu du grand tube. On remue encore une fois avec la baguette, on marque exactement l'heure et on laisse au bain-marie à 80° pendant dix minutes. Tous les tubes restés à 80° pendant dix minutes sont sortis du bain-marie l'un après l'autre ; on en remue encore une fois le contenu et on les introduit dans un bain d'eau bouillante, où ils restent cinq à dix minutes. Après cette opération, tous les tubes sont rapidement refroidis. Un thermomètre mis dans un tube indique la température de 15° C. à laquelle il faut constater le degré de liquéfaction. Les tubes amenés à 15° sont, l'un après l'autre, renversés dans l'ordre des numéros : si le contenu d'un tube s'écoule instantanément et sans difficulté, on considère l'échantillon comme liquéfié. Un tube qui s'écoule complètement, mais qui présente encore une consistance de sirop épais, indique une liquéfaction aux trois quarts ; un tube qui ne s'écoule pas complètement indique une liquéfaction de moitié.

Si le premier tube qui est complètement liquéfié a reçu 2 centimètres cubes, par exemple, de l'infusion non diluée, on exprime le pouvoir liquéfiant par 2. Les essais comparatifs sur différents malts ont démontré qu'un pouvoir liquéfiant de 1 à 2 indique un malt d'excellente qualité.

Le pouvoir liquéfiant de 2,5 à 3 correspond encore à un malt de bonne qualité, un pouvoir liquéfiant de 3,5 à 4 dénote que le malt est de qualité douteuse, sa valeur dépendra alors de son pouvoir saccharifiant.

Un malt vert, de pouvoir liquéfiant 4 et de pouvoir saccharifiant de 4 à 5, donne encore en distillerie un résultat assez passable, tandis qu'un malt ayant le même pouvoir liquéfiant que le précédent et donnant un pouvoir saccharifiant de 7 à 9 doit être considéré comme de mauvaise qualité.

Effront cite les exemples suivants.

Une orge de Russie, trempée soixante heures avec aération, germée en quatre jours au tambour entre 18 et 21°, contenant 48,04 p. 100 d'eau, était formée de :

3 p. 100 de grains non germés.	
34 » à radicelles. < 1 longueur de grain.	
Pouvoir saccharifiant . . . . .	17
Pouvoir liquéfiant. . . . .	4
30 p. 100 de grains à radicelles = 2 longueurs de grain.	
21 » » = 1,5 »	
Pour ces {	Pouvoir saccharifiant . . . . . 9,5
2 sortes {	Pouvoir liquéfiant. . . . . 3,5
12 p. 100 de grain à radicelles = 2,5 longueurs de grain.	
Pouvoir saccharifiant . . . . .	20,7
Pouvoir liquéfiant. . . . .	1 > 4

Le pouvoir saccharifiant moyen était pour les grains germés de 13,4, et le pouvoir liquéfiant était supérieur à 3,7.

C'était donc du mauvais malt.

Une petite orge de Russie trempée soixante heures, maltée au Saladin sept jours entre 15-21°, d'humidité 47, était formée de :

3 p. 100 de grains non germés ;	
97 p. 100 de grains germés en dessous d'une longueur.	
Le pouvoir saccharifiant était de . . . . .	4,65
Le pouvoir liquéfiant était de . . . . .	2,5

Le malt était bon.

## MALT SEC

Nous parlerons d'abord des essais complets, puis nous indiquerons les essais restreints effectués pour l'usage courant. Dans toutes ces expériences le malt doit être finement moulu.

**Examen complet.** — L'examen complet d'un malt sec comporte un essai physique et un essai chimique.

*Essai physique.* — 1° Le goût doit être sucré, non farineux, l'odeur différente de celle de l'orge, la couleur plus pâle que celle du grain naturel ; les touraillons doivent être de teinte homogène.

2° Le poids à l'hectolitre est de 48-56 kilogrammes ; en particulier pour le malt Pilsen il est inférieur à 55 kilogrammes, pour le Munich il ne dépasse pas 53-54 kilogrammes.

Si le poids est supérieur, l'orge est mal germée.

3° On détermine le poids de 1 000 grains (26 à 40 grammes).

On en tire le rapport du poids de 1 000 grains de malt à celui de 1 000 de l'orge originelle ; ce rapport ne doit pas dépasser  $\frac{8}{10}$ .

4° Les grains sont triés à l'aide d'un trieur à secousses, comportant des tamis à mailles de 2 mm. 8, 2 mm. 5, 2 mm. 2. On y introduit 100 grammes de malt et on agite dix minutes. Les gros grains sont en général ceux qui donnent le plus d'extrait.

5° On détermine la proportion des grains cassés, ou moisés ou étrangers.

6° L'état de l'amande est déterminée au farinatum comme pour l'orge. La cassure doit être nette, d'appa-

rence amylacée, non vitreuse; l'amande doit être complète, brillante, friable.

On peut également se servir du diaphanoscope qui consiste à permettre l'étude de la transparence des grains glacés pour la lumière.

Cet appareil est essentiellement formé d'une boîte cubique éclairée fortement à l'intérieur, le couvercle est percé d'alvéoles sur lesquelles on couche en long les grains à étudier.

Si l'on est enfermé dans une chambre noire, les grains glacés paraîtront seuls translucides.

On compte le nombre de grains vitreux, demi-vitreux, farineux, brûlés.

Par exemple on trouve sur 300 grains :

Vitreux . . . . .	7
Demi-vitreux . . . . .	17
Farineux . . . . .	273
Brûlés . . . . .	3

8° L'état de la plumule est important, on la juge au point de vue de la longueur.

On compte le pour cent de grains non germés, de grains dont la plumule est inférieure à  $\frac{2}{8}$ , égale à  $\frac{2}{8}$ ,  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{4}{8}$ ,  $\frac{5}{8}$ ,  $\frac{6}{8}$ ,  $\frac{8}{8}$ , supérieure à 1.

Le jugement à porter dépend de l'espèce de malt considéré.

Exemple dans un malt de brasserie usuel, on a trouvé :

Grains non germés . . . . .	5,5	p. 100
Plumule à . . . . .	$\frac{1}{8}$	1 »
» . . . . .	$\frac{2}{8}$	1,5 »
» . . . . .	$\frac{3}{8}$	2,5 »
» . . . . .	$\frac{4}{8}$	18,5 »
» . . . . .	$\frac{5}{8}$	35,5 »
» . . . . .	$\frac{6}{8}$	7,5 »
» . . . . .	$\frac{6}{8}$	28

Le malt est moyen.

9° On plonge 200 grains dans l'eau : on compte ceux qui restent suspendus (bien germés), ceux qui tombent en restant debout (incomplètement désagrégés), ceux qui tombent couchés (non germés).

On fait trois ou quatre opérations, on prend la moyenne et on trouve pour 100 :

	Pilsen.	Bohême.
Grains suspendus . . . . .	> 83	> 92
» couchés . . . . .	1,5 à 2,5	0 à 1

**Essai chimique. Humidité.** — On dose l'humidité sur 5 grammes réduits en farine et chauffés à 105°; pendant les premières heures ne pas dépasser 80°.

Le malt est placé dans un petit vase en verre soufflé, de hauteur de 5 à 6 centimètres, de diamètre 3 c. 5 et bouché à l'émeri.

Le dosage de l'eau doit être fait à la livraison d'un malt et répété au moment où on commence l'ensemble des analyses, car depuis la première opération il a repris de l'eau.

**Acidité.** — On dose l'acidité comme pour le malt vert, on trouve une acidité de 0,1-0,2 p. 100 de malt (exprimée en acide lactique).

Si on trouve plus, il y a moisissure.

**Extrait.** — On détermine l'extrait par un grand nombre de méthodes nous citerons les plus connues :

1° *Méthode Balling.* — Elle est peu exacte, mais elle est la plus simple.

100 grammes de malt en digestion pendant une heure avec 400 grammes d'eau distillée froide sont ensuite mis au bain-marie. On monte à 75° en une demi-heure, on porte à l'ébullition à feu nu. La matière refroidie est

additionnée d'eau, portée à 533 grammes (33 de drèche) et on filtre. On prend la densité du liquide filtré avec un Balling (1). Si on n'est pas à la température de 17°,5 on fait la correction. Les tables de Balling donnent l'extrait.

EXEMPLE. — Poids spécifique 1,0593 correspondant à 14°,5 Balling.

Comme nous avons 500 grammes d'extrait, cela fait pour les 100 grammes de malt  $14,5 \times 5 = 72,5$  d'extrait.

2° *Méthode de Stolba.* — 400 grammes de malt en digestion pendant une heure avec 400 centimètres cubes d'eau froide sont chauffés une heure à 75°, puis sont abandonnés pendant une demi-heure à cette température ; on fait bouillir, et après refroidissement, le liquide non filtré est porté à 1000 centimètres cubes, on filtre, on prend la densité, et on a recours aux tables de Schültze.

3° *Méthode de Metz.* — 50 grammes avec 200 centimètres cubes d'eau sont traités comme dans la méthode précédente. Après refroidissement, on amène à 250 grammes, on filtre et on prend la densité. Des tables, on tire l'extrait sec dans 100 grammes de moût, soit  $e$  ; donc 100 grammes de moût contiennent  $100 - e$  d'eau. D'autre part, on prend l'humidité du malt  $t$  p. 100 ; on a donc, en appelant  $x$  l'extrait :

$$\frac{\text{poids eau totale au début}}{\text{poids eau de 100 gr. de moût dilué}} = \frac{250 - x}{e} ;$$

$$\frac{50 \times \frac{t}{100} + 200}{100 - e} = \frac{250 - x}{e}$$

---

(1) Précautions à prendre pour la filtration du moût : employer un sac de laine ou de toile toujours propre ; remplir complètement l'éprouvette ; plonger l'appareil lentement pour que la partie non immergée ne soit pas mouillée ; lire au niveau du liquide.

d'où

$$x = 250 - \frac{e \left( 50 \frac{t}{100} + 200 \right)}{100 - e}.$$

Ce n'est pas tout à fait exact. On suppose, en effet, que toute l'eau reste liquide; or, il y en a une partie qui se fixe sur l'amidon pour former la maltose.

4° *Méthode par pesée de la matière sèche.* — Elle a l'inconvénient d'exiger beaucoup de temps; 3 grammes de malt en digestion avec 50 centimètres cubes d'eau sont filtrés sur un filtre séché et taré, la drèche est lavée à l'eau bouillante, séchée et pesée. La partie filtrée est amenée à 250 centimètres cubes dont on chauffe 100 centimètres cubes à 70-75° dans une capsule jusqu'à évaporation, cela donne l'extrait. En même temps on fait l'humidité du malt. Or, si on additionne l'humidité, la drèche et l'extrait, on trouve plus que 100 p. 100. Cela tient à la maltose formée qui a fixé de l'eau sur l'extrait.

Dans les méthodes par la densité, on peut, au lieu du saccharomètre, employer un pyknomètre à long col ou la balance de Westphale bien vérifiée.

Dans ce cas il est mieux d'opérer à 15° et de préparer l'extrait d'après la méthode officielle du III<sup>e</sup> Congrès de chimie.!

5° *Méthode officielle.* — 50 grammes de farine de malt avec 200 centimètres cubes d'eau sont placés dans un gobelet de verre, de cuivre, de nickel ou d'aluminium; on porte à 45° exactement pendant une demi-heure, on monte, en agitant constamment à 70°, en vingt-cinq minutes (élévation de 1° par 1'), on maintient jusqu'à saccharification complète (essai à l'iode par la méthode de la touche).

On mélange la masse saccharifiée avec 200 centimètres cubes d'eau, on refroidit rapidement à 15°, on amène le

poids total à 450 grammes, on filtre sur un filtre à pli assez grand pour contenir toute la masse, on couvre avec une plaque de verre ; dès qu'on a 100 centimètres cubes de liquide, on le reverse dans le filtre et on laisse la filtration s'achever. Il est bon de noter la durée de la filtration, et l'état du liquide.

On prend la densité au pyknomètre ou à la balance de Wesphale bien contrôlée. On se sert des tables de Windisch.

L'extrait d'un bon malt, essayé au laboratoire, doit être de 70-71 p. 100.

L'extrait joue un grand rôle en brasserie parce que la diastase étant détruite dans l'ébullition de la bière, celle-ci dépend essentiellement de l'extrait obtenu au brassage.

Il faut remarquer que l'extrait est fonction de la quantité d'amidon, de la friabilité du malt, des autres matières extractives, du mode de travail. La quantité d'extrait est donc un critérium de la quantité et non de la qualité de la bière.

En distillerie, le malt est une faible portion de la matière première, et ce qui intéresse, ce n'est pas l'extrait qu'il peut fournir par lui-même, mais celui qu'il donnera avec les matières amylacées qu'on lui ajoute.

**Couleur.** — On utilise l'extrait pour l'étude de la couleur; on compare celle-ci à celle d'une teinte type.

Autrefois on préparait une macération à froid de 100 grammes de malt dans 50 centilitres d'eau en remuant une demi-heure et on employait une liqueur type d'iode contenant 12,7 par litre (1).

Le congrès a adopté comme base un moût à 10 p. 100

---

(1) Les indications données aux différents malts sont exprimées à l'aide de cette liqueur type.



de malt et une liqueur type formée de : 1 gr. 27 iode ; 4 grammes d'iodure ; 1 litre d'eau.

On compare au colorimètre la teinte du moût et la teinte obtenue en versant dans 100 centimètres cubes d'eau des gouttes d'iode. Le nombre de centimètres cubes versé est pris comme caractéristique.

On peut remplacer l'iode qui s'altère par d'autres colorants équivalents.

**Maltose.** — On dose dans l'extrait la maltose.

On étend 30 centimètres cubes dans 200 centimètres cubes d'eau ; on met dans une capsule de 13 centimètres de diamètre et de 350 centimètres cubes de capacité 50 centimètres cubes de liqueur de Fehling, on porte à l'ébullition, et on ajoute 25 centimètres cubes de la liqueur de moût dilué, on maintient 4' à l'ébullition ; on traite l'oxyde de cuivre par la méthode de Soxhlet, et on se sert des tables de Wein. On admet que tout le sucre réducteur est de la maltose. C'est ce qu'on appelle la maltose brute. On calcule le rapport du sucre au non-sucre en se servant de l'extrait. Il est de 54 à 70 p. 100.

**Autres dosages sur l'extrait.** — On a conseillé de doser les autres sucres de l'extrait, cela n'offre pas d'intérêt ; on dose quelquefois les cendres, l'acide phosphorique, l'azote des extraits.

**Sucres préexistants.** — Morritz pense qu'il y a corrélation entre les sucres préexistants du malt et les matières azotées solubles non coagulables. Le dosage des sucres préexistants serait donc un indice du degré de la non-conservabilité des bières.

1° Il conseille d'opérer de la façon suivante.

On fait macérer deux ou trois heures du malt finement moulu, dans de l'eau à 17°,5 ; on détermine la densité ;

on en tire l'extrait en divisant la densité diminuée de 1 par 0,00386.

De cet extrait on retranche les matières azotées (1), les acides, les cendres de 100 gr. de moût ;

2° On peut aussi faire une extraction alcoolique des sucres ;

3° Ling a proposé la méthode suivante :

On fait un extrait de 50 grammes de malt par 500 centimètres cubes d'eau pendant trois heures.

On prend 50 centimètres cubes de cet extrait, on détermine la quantité de maltose  $m$ .

En même temps, 50 autres centimètres cubes sont laissés au contact de 5 grammes d'amidon, pendant trois heures, on détermine la maltose  $M$ .

On admet que  $M-m$  en est ce qui se forme de maltose en trois heures et que les sucres préexistants étaient  $m$  —  $(M-m) = 2 m - M$  (dans 5 grammes de malt).

**Pouvoir saccharifiant.** — Le pouvoir saccharifiant se détermine par une des méthodes indiquées pour le malt vert.

Dans la pratique de la brasserie, on opère souvent en déterminant le temps qu'un extrait de malt met à modifier tout son amidon.

1° La méthode, dont certains résultats ont été cités aux différentes sortes de malts, est la suivante.

On pèse 100 grammes de farine de malt, on y ajoute 450 centimètres cubes d'eau, on porte à 70° en 6' on

(1) Le dosage des matières azotées se fait ainsi :

Azote total, méthode Kjeldhal ;

Azote des albuminoïdes, précipitation par le réactif de Stützer (CuO dans glycérine) et méthode de Kjeldahl ;

Azote ammoniacal, précipitation par l'acide phospho-molybdique et distillation sur MgO ;

Azote amidé par différence ou doser l'azote dans ce qui n'est pas précipité par le tanin et retrancher l'azote ammoniacal.

retire du feu, on lit l'heure, et on suit la marche de la saccharification avec l'eau iodée.

Le malt Pilsen demande . . . . .	26' — 28'
» Viennois . . . . .	35' — 38'
» de Munich . . . . .	42' — 55'

2° Le troisième Congrès a adopté une méthode du même genre.

On prépare l'extrait comme il a été dit, et on note l'heure au moment où la température est de 70°.

Dix minutes après on essaie à l'iode, on recommence toutes les cinq minutes ou toutes les dix minutes, si la marche est lente; on note l'heure finale.

**Pouvoir liquéfiant.** — Pour les usages de la distillerie, on détermine le pouvoir liquéfiant; on opère comme pour le malt vert.

La différence entre la valeur saccharifiante et liquéfiant, se constate surtout dans le malt sec; par le touraillage, le pouvoir saccharifiant est considérablement affaibli, tandis que le pouvoir liquéfiant n'est que plus ou moins altéré. Dans le malt sec, un pouvoir liquéfiant de 1 à 2 ne correspond nullement à un bon malt, tout dépend du pouvoir saccharifiant. Avec un pouvoir saccharifiant moyen, le malt présentera une grande valeur, étant donnée sa force de pouvoir liquéfiant; cependant, en présence d'un pouvoir saccharifiant de 12, le malt doué d'un petit pouvoir liquéfiant ne peut pas servir pour un bon travail de distillerie.

Le pouvoir liquéfiant est intéressant pour les malts à bières dextrineuses.

On dose d'ailleurs souvent en brasserie la dextrine de l'extrait.

On fait un extrait à 15 p. 100 de malt, on en prélève 100 centimètres cubes qu'on évapore à 30 centimètres

cubes, on ajoute 150 centimètres cubes d'alcool 95°, on laisse déposer cinq jours, on décante, on filtre, on lave à l'alcool, on sèche à l'étuve et on pèse dans un filtre taré.

Souvent on se contente de ce que l'on appelle la dextrine moelleuse ; on précipite seulement par 40 centimètres cubes d'alcool, on laisse déposer cinq jours, on décante, on sèche, et on pèse tel que.

**Manière de calculer les analyses.** — Il est bon de calculer les résultats à trois points de vue :

Proportions relatives au malt brut.

Proportions relatives à la matière sèche du malt.

Proportions relatives au poids de 1000 grains.

**Examen rapide des malts.** — Les essais précédents sont fort longs, dans la pratique on les restreint.

**Distillerie.** — On mesure l'humidité, l'acidité, le pouvoir liquéfiant et s'il y a lieu le pouvoir saccharifiant.

**Brasserie.** — Le III<sup>e</sup> Congrès a adopté les règles suivantes pour les dosages de malt :

1° L'emballage de l'échantillon doit être fait en flacon bien bouché ;

2° L'échantillon doit porter une étiquette indiquant, la nature de l'orge ; les modes de maltage et de touraillage ; l'âge du malt et son mode de conservation ;

3° L'analyse physique comporte :

a). Le poids à l'hectolitre.

b). Le poids de 1000 grains.

c). Grosseur des grains.

d). Etat de l'amande.

e). Longueur de la plumule.

f). Pureté du malt.

4° L'analyse chimique comporte :

a). La teneur en eau du malt naturel ; entre deux essais il ne doit pas y avoir plus de  $\frac{1}{4}$  p. 100 d'écart ;

b). La teneur en eau du malt broyé servant aux analyses (ce malt ne doit pas être broyé depuis plus de huit jours) ;

c). Brassin sur lequel on détermine :

a'). La fin de la saccharification ;

b'). L'extrait ; il ne faut pas plus de  $\frac{1}{4}$  p. 100 d'écart entre deux essais ;

c'). La maltose brute ;

d'). Couleur du moût ;

e'). Le pouvoir saccharifiant par la méthode Lintner ;

f'). Sur demande, l'azote, les cendres, le phosphore du moût.

5° On calcule tous les résultats, sauf celui de la couleur, en p. 100 par rapport au poids du malt.

6° Les résultats sont rédigés sur une feuille de type uniforme.

7° Pour le malt caramel on analyse 25 grammes de ce malt mélangé à 25 grammes de malt ordinaire et connu.

Quant au jugement à porter sur un malt de brasserie, il doit être essentiellement relatif à la nature de la bière que l'on doit faire.

Ainsi, par exemple, ordinairement on rejette l'excès d'azote, mais on peut en tolérer plus dans les malts pour les bières à fermentation haute où il se produit beaucoup plus de levures que dans les malts pour fermentations basses.

D'ailleurs, il est de ces fermentations basses qui donnent des levures très actives, très azotées et qui, quoique moins prolifiques, peuvent prendre beaucoup plus d'azote que certaines levures hautes.

## DISPOSITION DES MALTERIES

Il y a des règles générales dont il ne faut pas s'écarter dans l'installation d'une malterie.

On commence par calculer la surface du germoir d'après la production moyenne et la durée du travail, ainsi qu'il a été dit plus haut.

Ce germoir est subdivisé en salles correspondant au travail de 100 quintaux d'orge ; en cas de nécessité on fait deux étages de germoir. Au-dessus des germoirs on place les trempoirs et au-dessus de ceux-ci un ou deux étages sont réservés au nettoyage. Enfin dans les parties vides du dernier étage de nettoyage et dans les étages supérieurs, on établit les magasins à orge. Les tourailles forment un bâtiment contigu, les monte-charges étant placés entre elles et le bâtiment des germoirs.

Les magasins à malt terminé peuvent constituer un bâtiment spécial communiquant par un passage couvert avec la décharge des tourailles ; ils peuvent être installés dans le bâtiment principal.

Quant à la force motrice, le générateur occupe autant que possible un pavillon isolé, mais contigu au bâtiment principal, et le moteur sera le mieux placé à l'étage du trempoir qui est le rez-de-chaussée.

Quant aux dimensions relatives des appareils, il est facile de les calculer.

Prenons un exemple : une malterie pour brasserie livre par année 120 000 quintaux de malt ; elle travaille 210 jours.

En supposant que 100 kilogrammes d'orge ne donnent que 79 kilogrammes de malt.

L'usine travaille  $\frac{120\ 000}{79} \times \frac{100}{210}$  quintaux d'orge par jour, c'est-à-dire 723 quintaux par jour. On fera

12 couches de 60 quintaux environ ; le volume de chaque couche est de 92 hectolitres d'orge et de 140 hectolitres d'orge trempée. On prendra des trempoirs d'un tiers en plus, soit de 175 hectolitres.

Si la germination dure huit jours, un trempoir pourra grandement assurer le service de 2 couches, il en faudra donc 6.

Pour chaque couche la surface de germoir sera de  $60 \times 3,2 = 200$  mètres carrés.

Il faudra donc 12 salles de cette surface.

Enfin toutes les vingt-quatre heures on aura à tourailler  $\frac{120\ 000}{210} = 570$  quintaux de malt.

Avec des tourailles à 2 plateaux, il faut compter 2 mètres carrés par quintal, soit 1040 mètres carrés comme il est bon de ne pas dépasser 95-100 mètres, on fera 12 tourailles correspondant aux 12 couches ayant chacune pour surface de plateau 95 mètres.

#### DES LIVRES DE FABRICATION

Pour suivre la fabrication il est bon d'ouvrir un registre, portant les indications suivantes :

- Date ;
- Quantité d'orge, indications sur la provenance ;
- Numéro du silo ou des sacs ;
- Quantité de déchets correspondants ;
- Numéro de la cuve trempoir, numéro de la trempée ;
- Température de l'eau ;
- Date de sortie du trempoir ;
- Durée de la trempée ;
- Numéro du germoir, température, numéro de la couche ;
- Durée de la germination ;
- Etat du malt ;
- Numéro de la touraille, numéro de la fournée ;
- Date du touraillage ;
- Durée ;

Température finale ;  
Quantité de malt recueilli ;  
Qualité { Coloration ;  
          { Nombre de grains vitreux ;  
Emmagasiné au silo numéro.

On doit joindre à ce livre :

Un livre de magasin des orges, donnant l'état des silos  
ou des sacs ;

Un livre de magasin des déchets ;

Un livre de magasin des malts ;

Un livre d'inventaire hebdomadaire portant les entrées,  
les sorties et la balance des magasins aux orges, des  
trempoirs et des tourailles, en faisant ressortir ce qui est  
encore dans ces appareils et ce qui en est sorti, les en-  
trées et sorties du magasin au malt.



# TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
DÉFINITIONS . . . . .	1
<b>PREMIÈRE PARTIE. — Matières premières nécessaires au maltage en distillerie et en brasserie.</b>	
<b>ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES AU POINT DE VUE MOR- PHOLOGIQUE . . . . .</b>	
Grains . . . . .	5
Généralités . . . . .	5
Constitution anatomique des grains . . . . .	7
Constitutions anormales des grains . . . . .	8
Lupin . . . . .	9
<b>ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES AU POINT DE VUE DE LA DIFFÉRENCIATION DES ESPÈCES ET DES VARIÉTÉS. LEURS COMPOSITIONS CHIMIQUES . . . . .</b>	
Grains . . . . .	10
Orge . . . . .	11
Seigle . . . . .	18
Blé . . . . .	20
Avoine . . . . .	22
Maïs . . . . .	23
Riz . . . . .	25
Lupin . . . . .	26
<b>ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES AU POINT DE VUE DE LEUR CHOIX POUR UN BON TRAVAIL . . . . .</b>	
Choix de l'orge . . . . .	27
Choix de la variété . . . . .	29
Qualités que doivent présenter les orges . . . . .	30
Échantillonnage. — Cas des sacs. — Cas des tas. — Cas des couches . . . . .	31
LÉVY. Maltage.	16

	Pages.
Étude complète des qualités d'une orge . . .	32
1. Pureté. . . . .	32
2. Forme. . . . .	33
3. Apparence extérieure . . . . .	33
4. Couleur et odeur . . . . .	34
5. Poids de l'hectolitre. . . . .	34
6. Poids spécifique des grains . . . . .	35
7. État de l'amande . . . . .	36
8. Acidité . . . . .	36
9. Pouvoir germinatif . . . . .	37
10. Remarques. . . . .	38
Étude rapide des qualités d'une orge . . .	38
<i>Choix des grains autres que l'orge . . . . .</i>	<i>39</i>

**DEUXIÈME PARTIE. — Étude théorique et pratique  
du maltage.**

<b>MAGASINAGE, MANUTENTION ET NETTOYAGE DES GRAINS . .</b>	<b>41</b>
<b>Magasinage des grains. . . . .</b>	<b>41</b>
<i>Greniers . . . . .</i>	<i>41</i>
Greniers ordinaires . . . . .	42
Greniers automatiques. . . . .	43
<i>Silos. . . . .</i>	<i>44</i>
<i>Parasites nuisant à la conservation des grains . . .</i>	<i>44</i>
<b>Manutention des grains . . . . .</b>	<b>46</b>
<i>Transports verticaux . . . . .</i>	<i>46</i>
En descente. . . . .	46
En ascension . . . . .	46
Chaîne à godet . . . . .	46
Ventilateurs. . . . .	47
1. Ventilateurs aspirants . . . . .	47
2. Ventilateurs refoulants . . . . .	48
Monte-charges . . . . .	49
<i>Transports horizontaux . . . . .</i>	<i>49</i>
Sacs . . . . .	49
Toile sans fin. . . . .	49
Vis d'Archimède . . . . .	50
Ventilateur refoulant . . . . .	50
<i>Transports dans les deux sens. . . . .</i>	<i>51</i>
<b>Nettoyage des grains. . . . .</b>	<b>51</b>
<i>Nettoyage en meunerie. . . . .</i>	<i>51</i>
<i>Nettoyage des grains à malter pour distillerie . . .</i>	<i>56</i>
Cas des grains tendres. . . . .	56

	Pages.
Cas des grains durs . . . . .	56
<i>Nettoyage des grains à malter pour brasserie</i> . . . . .	57
<b>TREMPE</b> . . . . .	57
Théorie de la trempe . . . . .	58
<i>Action extractive de l'eau</i> . . . . .	58
L'extraction dépend de la nature de l'eau, eau douce et eau dure . . . . .	59
<i>Etude détaillée des réactions produites par l'eau de trempe</i> . . . . .	61
1. Sels de chaux en général . . . . .	62
2. Effet particulier du bicarbonate de chaux . . . . .	62
3. Effet particulier du sulfate de chaux . . . . .	62
4. Effet particulier du chlorure de calcium . . . . .	63
5. Sels de magnésie en général . . . . .	63
6. Action des sels de fer . . . . .	63
7. Sels alcalins . . . . .	63
L'extraction dépend de la grosseur des grains. Malgré l'extraction le poids du grain augmente. . . . .	63
<i>Eau aérée</i> . . . . .	64
Choix de l'eau à adopter . . . . .	65
<i>Etude comparative de la composition primitive de l'orge et de colle de l'orge trempée</i> . . . . .	65
Durée de la trempe . . . . .	69
<i>Influence de l'état de l'orge</i> . . . . .	69
1. Par la nature du grain . . . . .	69
2. Par l'humidité du grain . . . . .	70
3. Par la perfection du triage au point de vue de la grosseur . . . . .	70
<i>Influence de l'eau</i> . . . . .	70
<i>Influence de la température</i> . . . . .	70
Température de la trempe . . . . .	70
Conclusion . . . . .	70
Caractères de l'orge bien trempée . . . . .	71
Orge mal trempée . . . . .	71
Technique de la trempe de l'orge . . . . .	72
<i>Trempoirs ou cuves mouilloires</i> . . . . .	72
Type primitif . . . . .	72
1. Construction . . . . .	72
2. Capacité . . . . .	74
3. Quantité d'eau . . . . .	74
Types de trempoirs perfectionnés . . . . .	75
Systèmes d'agitation . . . . .	75
Systèmes mécaniques . . . . .	75

	Pages.
Systèmes à injection d'air comprimé. . . . .	76
Appareils de lavage. . . . .	77
Appareils de lavage antérieurs à la trempe . . . . .	77
1. Le laveur proprement dit . . . . .	77
2. Laveur Kock. . . . .	78
Appareils de lavage postérieurs à la trempe . . . . .	80
1. Appareil Weissmüller. . . . .	80
2. — Braün. . . . .	81
<i>Manuel opératoire de la trempe</i> . . . . .	81
Méthode courante. . . . .	81
Variantes, emploi des antiseptiques. . . . .	82
Emploi de l'acide sulfureux. . . . .	83
Emploi de la chaux . . . . .	84
Autres variantes, trempes avec aération. . . . .	84
Cas des orges très humides. . . . .	85
Soins de propreté à donner aux trempoirs . . . . .	86
<i>Conclusion</i> . . . . .	86
<i>Sécheurs trieurs.</i> . . . .	86
<i>Trempe des autres grains.</i> . . . .	87
Seigle . . . . .	87
Blé. . . . .	87
Avoine. . . . .	88
Maïs. . . . .	88
Riz. . . . .	88
<i>Trempe du lupin</i> . . . . .	88
<b>TRANSPORT AU GERMOIR DES GRAINS TREMPÉS.</b> . . . .	88
<b>GERMINATION.</b> . . . .	89
Théorie générale de la germination . . . . .	89
<i>Morphologie.</i> . . . .	89
<i>Physiologie.</i> . . . .	91
Expériences de Brown et Morris . . . . .	92
— de Hansteen Pfeffer . . . . .	93
— de Grüss . . . . .	94
— de Puriewitz. . . . .	95
Résumé des résultats précédents . . . . .	96
Expériences de Brown-Escombe. . . . .	96
<i>Conclusion</i> . . . . .	100
<i>Étude chimique.</i> . . . .	100
Rôle de l'eau. . . . .	101
Rôle de l'oxygène. . . . .	102
Production de chaleur. . . . .	103
Perte de charbon et de matière sèche . . . . .	103
Dégagement d'acide carbonique. . . . .	105

	Pages.
Accumulation de l'acide carbonique. . . . .	106
<i>Transformation des différents constituants des grains pendant la germination . . . . .</i>	<i>108</i>
Modifications de l'amidon . . . . .	108
Cellulose. . . . .	108
Sucres. . . . .	109
1. Saccharose. . . . .	110
2. Raffinose . . . . .	110
3. Maltose. . . . .	110
4. Glucose et sucre interverti . . . . .	110
Dextrine . . . . .	112
Modifications des matières grasses . . . . .	112
Formation d'acides . . . . .	113
Transformation des matières azotées . . . . .	115
Transformation des sels . . . . .	120
Migration des éléments vers le germe . . . . .	121
<i>Influence de la température . . . . .</i>	<i>122</i>
<i>Influence de certains agents . . . . .</i>	<i>124</i>
Agents chimiques. . . . .	124
Chlore. . . . .	125
Solutions salines . . . . .	125
Lumière . . . . .	125
<i>Action d'une germination prolongée . . . . .</i>	<i>126</i>
Technique de la germination au germoir. . . . .	127
Germoir. . . . .	127
Surface du germoir. . . . .	129
Tours de main . . . . .	131
Maltage de l'orge. . . . .	133
<i>Maltage en vue de la brasserie . . . . .</i>	<i>134</i>
Maltage à sueur froide, bière usuelle . . . . .	134
Bières blondes allemandes . . . . .	135
Maltage à sueur froide, type Munich . . . . .	135
Maltage à sueur froide, type anglais. . . . .	136
Maltage à sueur chaude. . . . .	138
Cas anormaux. . . . .	139
<i>Maltage en vue de la distillerie. . . . .</i>	<i>140</i>
Malt court ou pelleté . . . . .	140
Malt long. . . . .	141
Malt feutré. . . . .	141
Malt long par sueur froide, dit malt hongrois . . . . .	142
Machines à carder. . . . .	143
Caractères d'une orge bien germée. . . . .	143
Résumé du travail de l'orge . . . . .	143
<i>Maltage du seigle. . . . .</i>	<i>145</i>

	Pages.
<i>Maltage du blé</i> . . . . .	146
— <i>de l'avoine</i> . . . . .	147
— <i>du maïs</i> . . . . .	147
<i>Première méthode</i> . . . . .	147
<i>Deuxième méthode</i> . . . . .	148
— <i>du riz</i> . . . . .	148
— <i>du lupin</i> . . . . .	148
<i>Conclusions</i> . . . . .	148
<i>Moisissures</i> . . . . .	149
<b>Technique de la germination par maltage pneu-</b>	
<b>matique</b> . . . . .	149
<i>Système Galland</i> . . . . .	151
<i>Tambours</i> . . . . .	151
<i>Circulation de l'air</i> . . . . .	153
<i>Vidange</i> . . . . .	155
<i>Avantages</i> . . . . .	156
<i>Système Saladin</i> . . . . .	156
<i>Cases</i> . . . . .	158
<i>Retourneur</i> . . . . .	160
<i>Circulation de l'air</i> . . . . .	162
<i>Modification de l'appareil</i> . . . . .	163
<i>Avantages</i> . . . . .	163
<i>Comparaison des malts au germoir et des</i> <i>malts pneumatiques (système Saladin)</i> . . . . .	163
<i>Autres systèmes de maltage pneumatique</i> . . . . .	164
<i>Système de maltage pneumatique incomplet</i> . . . . .	166
 <b>CONSERVATION ET SÉCHAGE DU MALT</b> . . . . .	167
 <b>Théorie du séchage</b> . . . . .	168
<i>Effet de séchage</i> . . . . .	168
<i>Effet de combustion et de désagrégation</i> . . . . .	168
<i>Effet de transformation de l'amidon</i> . . . . .	169
<i>Affaiblissement de la diastase</i> . . . . .	170
<i>Augmentation de l'acidité au touraillage</i> . . . . .	171
<i>Transformation des matières grasses</i> . . . . .	173
— — <i>azotées</i> . . . . .	174
<i>Formation des matières colorées</i> . . . . .	176
— — <i>aromatiques</i> . . . . .	177
<b>Technique du séchage</b> . . . . .	178
<i>Séchage au germoir</i> . . . . .	178
— <i>dans une pièce spéciale</i> . . . . .	179
<b>Fanage du malt</b> . . . . .	179
<i>Séchage par la chaleur</i> . . . . .	180

	Pages.
Séchoirs de distillerie. . . . .	181
Séchoir allemand . . . . .	181
Séchoir à tubes verticaux . . . . .	182
Tourailles. . . . .	182
Plateaux . . . . .	184
Maçonnerie. . . . .	186
Modes de chauffage. . . . .	187
Tourailles à fumée. . . . .	187
— usitée en Angleterre. . . . .	188
— — dans les Flandres . . . . .	189
— à air. . . . .	189
— à air véritables . . . . .	189
— à tubes couchés. . . . .	190
Réglage de la température . . . . .	193
Tourailles à tubes verticaux . . . . .	193
— à calorifère . . . . .	193
— mixtes . . . . .	195
— à tambour. . . . .	197
Les thermomètres . . . . .	197
Retourneurs . . . . .	198
Appareil Schlemmer. . . . .	195
Tourailles mécaniques. . . . .	200
Pratique du touraillage . . . . .	202
Malts, types Pilsen et type usuel . . . . .	203
— type viennois ou type à bière dorée . . . . .	203
— de Munich . . . . .	204
Touraillage du malt anglais . . . . .	205
Malt belge pour alambic. . . . .	205
— de distillerie. . . . .	206
— chocolat . . . . .	207
— Touraillage des autres malts. . . . .	207
1. Blé . . . . .	207
2. Seigle . . . . .	207
3. Maïs . . . . .	208
<i>Dégermeuses</i> . . . . .	209
<i>Machines à polir</i> . . . . .	209
<i>Conclusion</i> . . . . .	210
Résultats du touraillage de l'orge . . . . .	210
— du travail du seigle . . . . .	213
— du travail des autres grains . . . . .	214
Conservation du malt sec. . . . .	215
<i>Théorie</i> . . . . .	215
<i>Pratique de la conservation</i> . . . . .	216

	Pages.
MÉTODES D'ANALYSE USITÉES EN MALTERIE. . . . .	216
Malt vert . . . . .	216
<i>Acidité.</i> . . . . .	217
<i>Extrait.</i> . . . . .	217
<i>Pouvoir saccharifiant.</i> . . . . .	218
1. Méthode Mærker . . . . .	218
2. — Bauer . . . . .	218
3. — Kjeldahl . . . . .	218
4. — Lintner-Junior . . . . .	219
5. — Moritz . . . . .	220
<i>Travail d'Effront</i> . . . . .	220
Pouvoir saccharifiant . . . . .	221
1. Préparation de l'infusion de malt . . . . .	221
2. — d'un réactif à l'amidon . . . . .	221
Pouvoir liquéfiant l'amidon type . . . . .	222
Mesure du pouvoir liquéfiant . . . . .	224
Malt sec. . . . .	227
<i>Examen complet.</i> . . . . .	227
Essai physique . . . . .	227
— chimique . . . . .	229
Humidité . . . . .	229
Acidité . . . . .	229
Extrait . . . . .	229
1. Méthode Balling . . . . .	229
2. — de Stolba . . . . .	230
3. — de Metz . . . . .	230
4. — par pesée de la matière sèche . . . . .	231
5. — officielle . . . . .	231
Couleur . . . . .	232
Maltose . . . . .	233
Autres dosages sur l'extrait . . . . .	233
Sucres préexistants . . . . .	233
Pouvoir saccharifiant . . . . .	234
— liquéfiant . . . . .	235
Manière de calculer les analyses . . . . .	236
<i>Examen rapide des malts</i> . . . . .	236
Distillerie . . . . .	236
Brasserie . . . . .	236
DISPOSITION DES MALTERIES . . . . .	238
DES LIVRES DE FABRICATION . . . . .	239
TABLE DES MATIÈRES . . . . .	241



# UNIVERSITÉ NOUVELLE

## INSTITUT DES FERMENTATIONS

*Bactériologie appliquée aux Sciences médicales et à l'Industrie,  
École de distillerie,  
Culture des levures, Vinaigrerie et Brasserie.*

Directeur : **M. Jean EFFRONT**

### CORPS PROFESSORAL :

MM.

- BEZANÇON, professeur chargé du cours de bactériologie médicale à l'École de médecine de Paris.  
BUISINE, professeur de chimie industrielle à l'Université de Lille.  
BUCHLER, professeur à Weihenstefan (Bavière).  
CARLIER, professeur à la Faculté de Droit de l'Université nouvelle.  
CHERBANOFF, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université nouvelle  
CURIE, professeur agrégé de l'Université de Montpellier.  
EFFRONT, professeur de chimie biologique à l'Université nouvelle.  
KARL KRUIS, professeur à l'Institut polytechnique de Prague.  
LEVY, professeur à l'École des fermentations de Douai.  
MATIGNON, professeur de chimie organique à l'Université de Lille.  
MORIN, ancien répétiteur à l'École polytechnique, fabricant de levures pressées à Wallers (Valenciennes).  
PETIT, directeur de l'École de brasserie de Nancy.  
SOREL, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris.  
IMHOFF, directeur de vinaigrerie à Gand. Chef des travaux pratiques et chargé de cours.

### ASSISTANTS :

- SCHIFFRES, ingénieur-chimiste : Fermentations industrielles.  
GRIFFON, préparateur à l'École de médecine de Paris : Bactériologie médicale.

---

### CONFÉRENCES

Pendant la période des cours, il sera donné à l'Institut une série de conférences, dont les détails feront l'objet d'un programme spécial.

---

Pour l'inscription s'adresser à M. le Secrétaire général de l'Université Nouvelle, place du Trône, 2, à Bruxelles.