

11147

18849

# TRAITÉ

DE LA

# FABRICATION DE L'ALCOOL

PAR

D<sup>r</sup> MAX. MAERCKER

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

*Traduit de la IV<sup>e</sup> édition allemande*

PAR

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

CH. WARNERY  
Distillateur.

---

TOME II



LILLE,  
IMPRIMERIE L. DANIEL.

---

1889



## TOME SECOND.

# TABLE DES MATIÈRES.

### CHAPITRE I.

#### PRÉPARATION DES MOÛTS ET RÉACTIONS CHIMIQUES DE LA SACCHARIFICATION.

	Pages
I. <i>L'observation scrupuleuse de la température la plus favorable à la saccharification est de la plus haute importance en distillerie.</i> .....	7
II. <i>De l'action complémentaire de la diastase sur la dextrine pendant la fermentation des moûts.</i> .....	13
III. <i>De la destruction de l'action complémentaire de la diastase.</i> .....	16
a) <i>Par les hautes températures.</i> .....	17
b) <i>Par les acides provenant des ferments secondaires.</i> .....	18

### CHAPITRE II.

#### REFROIDISSEMENT DES MOÛTS A LA TEMPÉRATURE CONVENABLE POUR LA FERMENTATION.

I. <i>Réfrigération au moyen de l'air.</i> .....	23
II. <i>Appareils pour le refroidissement au moyen de l'eau.</i> .....	30
a) <i>Réfrigérants à circulation méthodique.</i> .....	31
b) <i>Cuves à saccharifier munies d'appareils réfrigérants.</i> .....	44
III. <i>Réfrigérants où l'action de l'eau est augmentée par l'évaporation.</i> .....	49
IV. <i>Refroidissement par la glace.</i> .....	52

### CHAPITRE III.

#### COMPARAISON DES ANCIENS ET DES NOUVEAUX APPAREILS A SACCHARIFIER, A CUIRE ET A REFROIDIR.

I. <i>Transformations physiques des cellules de pommes de terre et de l'amidon qu'elles contiennent, sous l'influence de la cuisson.</i> .....	56
--	----

	Pages
II. Transformations chimiques que subissent les matières amylacées soumises à la cuisson sous pression :	
1° Transformation des matières amylacées en combinaisons solubles.....	60
2° Transformation des substances protéiques.....	63
3° Perte en substances fermentescibles.....	65
III. Résultats que donnent les appareils à cuire sous pression au point de vue de la quantité obtenue d'amidon saccharifiable :	
1° De l'amidon non-saccharifiable des pommes de terre saines....	67
2° De la proportion d'amidon non-saccharifiable dans le maïs et dans les blés.....	70
3° De la force motrice qu'exigent les nouveaux procédés.....	71
Comparaison entre les divers appareils à cuire, à saccharifier et à refroidir....	74

## CHAPITRE IV.

### PHÉNOMÈNES DE LA FERMENTATION.

1. Fermentation alcoolique.....	82
Historique.....	83
Théories sur la fermentation.....	90
PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES DE LA FERMENTATION.....	100
I. Développement de la levure et conditions nécessaires à son existence.....	100
II. Corps fermentescibles.....	117
III. Produits de la fermentation.....	119
2. Fermentations secondaires.....	120
I. Fermentation lactique.....	120
II. d° acétique.....	124
III. Fermentations secondaires nuisibles et, en particulier, fermentation butyrique.....	126
IV. Fermentation nitreuse.....	131

## CHAPITRE V.

### DE LA PRÉPARATION DU LEVAIN.

1° Saccharification du moût levain.....	135
2° Acidification.....	137
1° But de l'acidification.....	138
2° L'acide lactique peut-il être remplacé dans le levain par d'autres acides.....	148
3° Durée de l'acidification.....	149
4° Le degré d'acidité du moût en fermentation est-il en rapport avec celui du levain ?.....	149



	Pages
3° <i>Développement de la levure</i> .....	151
a) b) c) d) Influence de la température de l'air et de l'alcool sur la reproduction de la levure .....	151
e) Concentration et richesse des moûts en matières nutritives .....	158
f) Durée de la fermentation du levain .....	161
g) Fermentation spontanée .....	163
h) Production de levure pure .....	164
i) Maturité de la levure .....	168
k) Teneur en azote de la levure .....	170
l) Prélèvement de la levure-mère. Sa régénération .....	175
m) Renforcement du levain .....	177
n) Levains de malt vert et de malt sec .....	177
o) Conservation de la levure-mère .....	178
p) Mise en train de la fabrication du levain .....	181
q) r) Divers .....	182
4° <i>Recettes diverses pour la préparation du levain</i> .....	183
1) Levain de malt vert .....	183
2) d° de malt sec .....	186
3) d° de malt et de grains concassés .....	187
4) d° de pommes de terre .....	187
5) d° de vinasse .....	187
6) Levain sans malt de Partenheimer .....	189
7) d° de germes de malt .....	190
8) d° de secours .....	191
9) Préparation d'un levain sans fermentation alcoolique et sans formation de produits secondaires .....	192
10) Préparation d'un levain faiblement acide .....	192
11) Levain double de Petzel .....	193
12) Levain de houblon .....	193

## CHAPITRE VI.

### PRATIQUE DE LA FERMENTATION.

1. <i>Généralités sur la fermentation</i> .....	195
a) fermentation préliminaire .....	196
b) d° principale .....	196
c) d° secondaire .....	198
2. <i>Principes sur lesquels doit reposer la conduite de la fermentation</i> .....	199
1) Mise en fermentation .....	200
2) Conditions dans lesquelles doit se trouver la levure .....	202
3) Régularisation de la quantité de levureensemencée au moyen du renforcement .....	203
4) Température de la mise en fermentation .....	205
3. <i>Régularisation de la température au moyen de la réfrigération</i> .....	208
4. <i>Marche de la fermentation. Commencement, durée, échauffement</i> .....	214

	Pages
5. <i>Formes diverses des fermentations normales</i> .....	219
6. <i>Fermentation mousseuse</i> .....	221
7. <i>Influence du mauvais malt</i> .....	227
8. <i>Espace perdu de la cuve</i> .....	227
9. <i>Conditions que doit réaliser la salle de fermentation</i> .....	228
10. <i>Cuves à fermenter, matériaux servant à leur construction</i> .....	231
11. <i>Addition du levain dans la cuve à refroidir</i> .....	234
12. <i>Concentration des moûts</i> .....	235
13. <i>Rafraîchissement des moûts par addition d'eau</i> .....	239
14. <i>Fermeture des cuves</i> .....	241
15. <i>Proportion d'amidon non fermenté</i> .....	242
16. <i>Pertes de fermentation</i> .....	243
17. <i>Rendement en alcool de 100 kilos d'amidon</i> .....	247
<i>Bilan général des diverses opérations</i> .....	250

## CHAPITRE VII.

CALCUL DE RENDEMENT.....	252
--------------------------	-----

## CHAPITRE VIII.

### FABRICATION DE L'ALCOOL AVEC LES MATIÈRES SUCRÉES.

I. TRAVAIL DES BETTERAVES.....	265
A. <i>Travail direct des betteraves :</i>	
1° <i>Travail des betteraves rapées</i> .....	265
2° <i>Travail des betteraves cuites</i> .....	266
3° <i>Procédé Leplay</i> .....	266
4° <i>Procédé Gontard</i> .....	267
B. <i>Procédés par lesquels on commence par extraire le jus des betteraves :</i>	
1° <i>Macération Champonnois</i> .....	268
<i>Composition des cossettes de macération</i> .....	272
2° <i>Procédé de diffusion de Siemens</i> .....	273
3° <i>Extraction du jus en râpant la betterave et en pressant la pulpe obtenue</i> .....	273
<i>Rendement en alcool des betteraves</i> ....	274
II. TRAVAIL DES MÉLASSES.....	275
1° <i>Dilution</i> .....	276
2° <i>Saturation des sels alcalins des mélasses</i> .....	277
3° <i>Chauffage des mélasses et inversion du sucre de canne</i> .....	279
4° <i>Fermentation des mélasses</i> .....	280
A. <i>Levure que l'on doit employer</i> .....	280
B. <i>Emploi des vinasses pour diluer et neutraliser les mélasses</i> ....	282

	Pages
C. Concentration et préparation des jus.....	282
D. Température de la mise en fermentation.....	283
E. Espace perdu dans les cuves à fermenter.....	283
F. Marche de la fermentation.....	284
G. Chute de la fermentation.....	285
H. Rendement en alcool des mélasses.....	285
I. Phénomènes anormaux qui se passent pendant la fermentation des mélasses.....	287
<i>Difficulté que présente la fermentation des mélasses.....</i>	<i>288</i>
<i>Valeur des vinasses de mélasses.....</i>	<i>294</i>

## CHAPITRE IX.

### FABRICATION DE L'ALCOOL A L'AIDE DE DIVERSES MATIÈRES PREMIÈRES.

1. Topinambours.....	297
2. Chicorée.....	299
3. Riz.....	299
4. Sarrasin.....	300
5 à 13. Millet, dari, pois, marrons d'Inde, figues, figues de Barbarie, etc., etc.....	301
14. Asphodèles.....	305
15. Sorgho, maïs vert.....	307
16 à 25. Marc de pommes, garance, lichens, patates, bois, etc., etc.	307
26. Alcool minéral.....	312

## CHAPITRE X.

### DE L'OBTENTION DE L'ALCOOL PAR DISTILLATION ET RECTIFICATION.

a) <i>Généralités.....</i>	<i>314</i>
b) <i>Théorie de la distillation, de la rectification et de la déflegmation.....</i>	<i>315</i>
1. Ebullition des mélanges de liquides.....	315
2. Table de Groning.....	317
3. Distillation simple.....	318
4. Déflegmation.....	323
5. Appareil à distiller idéal.....	326
6. Dépense de chaleur de la distillation.....	330
<i>Appareils à distiller.....</i>	<i>333</i>
I. Appareil à distiller simple.....	333
II. Appareil Pistorius et autres appareils à chaudière.....	334
III. Appareils continus.....	339
1° Appareils dérivés de la colonne Savalle.....	339
2° Appareil de Wernicke.....	344
3° d° de Hecht.....	347

	Pages
4° Appareil de Christoph .....	349
5° Appareil de R. Ilgès .....	352
6° d° des frères Siemens .....	356
7° d° de Salzmänn .....	360
IV. Appareils divers .....	362
V. Colonne Collette .....	364
<i>Description spéciale de certains organes des appareils à distiller</i> .....	367
1. Pompes à moût .....	367
2 et 3. Condenseurs et réfrigérants .....	368
4. Eprouvettes .....	372
5. Régulateurs de pression et d'alimentation, etc., etc. ....	374
6. Compteurs à alcool et mesureurs de moût .....	382
7. Obtention d'alcool fin de premier jet .....	393
8. Emploi du cuivre ou du fer pour la construction des appareils à distiller .....	394
9. Contrôle de l'épuisement des vinasses .....	396
<i>Etude des appareils à distiller au point de vue de leur puissance et de la dépense de combustible qu'ils exigent</i> .....	398
<i>Rectification de l'alcool brut</i> .....	403
Valeur des flegmes au point de vue de la rectification .....	403
Rectification et appareils qu'elle exige .....	409
Appareil de Savalle .....	409
Appareil de Heckmann .....	413
Moyens divers pour aider à la rectification .....	414
1° Filtration sur du charbon de l'alcool brut dilué. Batterie de filtres de Kyll .....	415
2° Emploi de l'électricité .....	416
3° Epuration au moyen d'agents chimiques .....	419
Double rectification ; appareil Fontaine .....	420
<b>CHAPITRE XI.</b>	
<b>DESCRIPTION DE QUELQUES DISTILLERIES MODÈLES.</b>	
1° Distillerie de Trotha .....	429
2° Distillerie de Duneyken .....	431
3° Distillerie modèle du système Ellenberger .....	433
4° Distillerie modèle du système Paucksch .....	434
5° Distillerie de Chutorok .....	437
6° Distillerie de betteraves de Gattendorf .....	441
7° Distillerie de Gostkovo .....	443
8° Distillerie de Gröbzig .....	445
9° Distillerie et raffinerie d'alcool de Temesvar .....	447
10° Laboratoire de l'école supérieure de distillerie de Berlin .....	448

CHAPITRE XII.

VINASSE OU DRÈCHE CONSIDÉRÉE AU POINT DE VUE DE L'ALIMENTATION  
DES BESTIAUX.

	Pages
<i>Composition de la vinasse</i> .....	453
I. <i>Principes servant à déterminer d'une façon rationnelle la valeur des drèches</i> .....	456
a) <i>Composition des matières premières</i> .....	458
b) <i>Composition du malt</i> .....	458
c) <i>Chute de la fermentation</i> .....	459
d) <i>Rapport entre le volume du moût et celui des vinasses</i> .....	460
Tableaux.....	462
II. <i>Points de vue généraux auxquels on doit se placer pour juger de la valeur nutritive de la drèche</i> .....	464
a) <i>Proportion d'eau</i> .....	464
b) <i>Substances azotées</i> .....	466
c) <i>Substances non-azotées (hydrates de carbone, graisses, etc.)</i> ...	470
d) <i>Matières minérales</i> .....	471
III. <i>Considérations qui doivent guider l'alimentation par les vinasses</i> .....	471
a) b) <i>Quantités à distribuer, température de la vinasse</i> .....	472
c) <i>Aliments à distribuer en même temps que la vinasse (fourrage aliments concentrés, etc.)</i> .....	475
d) e) <i>Solanine et acides que peuvent contenir les drèches</i> .....	478
f) g) h) i) <i>Divers. — Compositions de quelques rations</i> .....	478
IV. <i>Moyens pour obtenir à l'état solide les éléments nutritifs des mélasses. — Procédés de séchage</i> .....	490
Appareil de Theisen.....	494
Composition des matières premières.....	500

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME SECOND.



# TRAITÉ

DE LA

## FABRICATION DE L'ALCOOL

---

### TOME II.

---

#### CHAPITRE I.

#### PRÉPARATION DES MOULTS ET RÉACTIONS CHIMIQUES DE LA SACCHARIFICATION.

---

L'empois formé par l'action de la vapeur dans les appareils à cuire doit être ensuite rendu liquide et transformé en une sorte de sucre, au moyen de la diastase que l'on obtient par le maltage du grain.

La chimie de la transformation de l'amidon en sucre n'est nullement aussi facile qu'on le croyait jusqu'ici.

Les premières données sur ce sujet remontent au commencement de ce siècle. *Kirchhoff* (journal de Schweigger) disait avoir trouvé que l'on pouvait transformer complètement l'amidon en sucre en le faisant bouillir avec de l'acide sulfurique étendu

Le même chimiste trouva, deux ans plus tard, que l'albumine contenu dans les grains de blé peut produire une transformation semblable et que cette propriété s'accroît quand on fait subir d'abord au grain l'opération du maltage

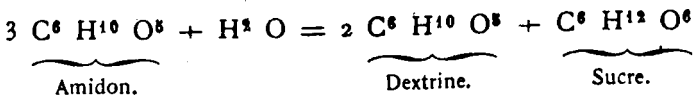
*Payen, Persoz et Billot*, qui s'occupèrent plus tard de l'influence de la diastase, trouvèrent bientôt qu'en outre du sucre produit, qu'ils reconnurent identique au sucre de raisin, il se forme un produit intermédiaire entre l'amidon et le sucre, qui n'est autre chose que la dextrine.

Les avis étaient partagés sur la question de savoir si la dextrine était un corps déterminé, se produisant toujours en quantité

constante sous l'action de la diastase, ou si ce n'était qu'un produit intermédiaire entre l'amidon et le sucre, pouvant être transformé en sucre par l'action prolongée du ferment diastasique.

*Kekulé* dit, par exemple, dans sa chimie organique (volume II-386) que, d'après *Musculus*, la diastase agissant pendant un temps suffisamment long peut transformer complètement la dextrine en dextrose (sucre de raisin). D'autre part, on lit dans le *Chem. Central. Blatt* (1880, page 602) que la dextrine produite par le ferment diastasique ne peut pas être transformée en sucre par une action plus prolongée de la diastase, et qu'elle ne l'est que lentement sous l'action des acides étendus.

Plus tard, après les recherches de *Payen* et *Persoz*, *Guerrin-Varry* et *Dubrunfaut*, il ne fut plus possible de douter que la dextrine était un produit normal du ferment diastasique; mais les chimistes varièrent encore longtemps sur la proportion dans laquelle elle se trouve mélangée au sucre. C'est ainsi que *Musculus* croyait qu'en faisant agir la diastase sur l'amidon, on ne pouvait obtenir qu'un équivalent de sucre pour deux équivalents de dextrine, et donnait, par suite, pour formule de cette réaction chimique :



*Payen* s'éleva contre cette assertion, et trouva que l'on pouvait obtenir une beaucoup plus grande quantité de sucre; il cite 53 %.

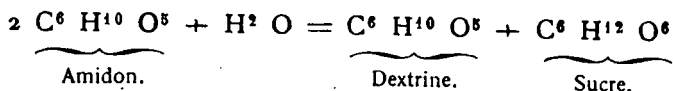
*Balling* dit, de son côté, que dans cette réaction on obtient une masse se composant d'environ un tiers de dextrine et deux tiers de sucre; il ajoute que la transformation de la dextrine en sucre ne continue pas tant qu'elle reste en présence du sucre formé, mais qu'elle reprend dès que la proportion de celui-ci diminue.

*Guerrin-Varry* prétend avoir trouvé une plus grande quantité de sucre, allant même jusqu'à 91 %, et *Dubrunfaut* dit avoir atteint 90 %.

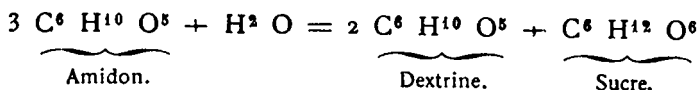
*Schwarzer*, qui reprit plus tard l'étude de l'action de la diastase, établit (journal: *La Chimie pratique*, 1880, volume I, p. 212) qu'à la température de 60° centigrades, particulièrement favorable à cette transformation, et aux températures inférieures, jusqu'à zéro, il se forme régulièrement un équivalent de sucre pour un équivalent de



dextrine. La formule de cette transformation serait donc la suivante :



D'après Schwarzer, on n'obtiendrait au delà de 60° centigrades qu'un équivalent de sucre pour deux de dextrine, comme l'indique la formule suivante :



Les résultats obtenus par Schwarzer ne sont pas douteux, quoique cet opérateur donne sur ce phénomène des explications qui ne sont pas les mêmes que celles que nous fournissons plus loin. Il est bon de remarquer que Schwarzer a trouvé, en opérant à de hautes températures, les mêmes résultats que Musculus. Il semblerait donc que ce dernier ait fait agir la diastase à des températures plus élevées que les autres chimistes.

Quoiqu'il en soit, il ressort d'une manière absolument sûre des observations de Schwarzer qu'il se produit de plus grandes quantités de dextrine, à des températures élevées, qu'à de basses températures et que, particulièrement, à la température normale de saccharification. Nous insisterons plus tard sur les conséquences pratiques de ce fait.

On peut remarquer en passant que lorsqu'on dépasse la température de 75° centigrades = 60 R°. la diastase perd sa propriété et n'a plus aucune action sur l'amidon.

D'après les observations faites par Maercker en collaboration avec Schulze (*Zeitung der Landwirthschaft*, 1872, p. 209), les assertions de Schwarzer, à savoir que les proportions de sucre et de dextrine sont les suivantes : S : D = 1 : 1, sont exactes tant qu'on ne dépasse pas la température de 65° centigrades.

Cette équation serait vraie non seulement pour les diverses sortes d'amidon de pommes de terre, de froment, d'orge et de seigle, mais aussi pour tous les jus sucrés que l'on obtient dans la pratique et qui contiendraient, par suite, une partie de sucre pour une partie de dextrine.

Il y a cependant encore une erreur dans les équations précédentes, erreur qui provient de ce que l'on s'était mépris sur les véritables propriétés de l'espèce de sucre produit par l'action diastasique.

Tous les chimistes connus jusqu'à cette époque, à la seule exception de *Dubrunfaut*, pensaient que le sucre produit par la diastase était identique au sucre de raisin ou *dextrose*. Les traités de fabrication de l'alcool qui s'occupent de l'action diastasique reproduisent aussi cette erreur.

*Dubrunfaut* avait, au contraire, mis en avant dès 1847 (*Annales de chimie et de physique*, vol. XXI, p. 178) que le sucre produit par la diastase diffère essentiellement du véritable sucre de raisin, et il avait appelé ce sucre qu'il venait de découvrir du nom de *maltose* sucre de malt.

De plus récentes observations ont absolument confirmé les faits avancés par *Dubrunfaut*. On voit par cet exemple que, quoique reposant sur des observations exactes, des idées erronées peuvent se perpétuer dans les ouvrages pendant plus d'un quart de siècle.

D'après *Dubrunfaut*, la maltose se dissout plus difficilement dans l'alcool que la dextrose, et elle s'en distingue surtout en ce qu'elle possède un pouvoir trois fois plus grand pour dévier le plan de la lumière polarisée. Il ajoute que la maltose est entièrement fermentescible et sans avoir été préalablement transformée en dextrose.

Lorsqu'on fait agir les acides étendus sur de l'amidon on obtient d'abord un sucre identique à la maltose qui, par une action plus prolongée des acides, donne de la dextrose.

Il n'y a donc pas à douter de la différence entre la maltose et la dextrose ; néanmoins, dans les ouvrages *postérieurs* à ces affirmations de *Dubrunfaut*, il n'a toujours été question que de sucre de raisin, comme résultat de la diastase sur l'amidon. Ce n'est que dans ces dernières années que O. Sullivan (*Moniteur Quesneville*, mars 1874) et E. Schulze (*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, p. 1047) ont repris les essais de *Dubrunfaut* et en ont vérifié la complète exactitude.

La maltose diffère donc essentiellement de la dextrose tant par son pouvoir rotatoire que par son action sur les liqueurs cupropotassiques (Fehling, Violette, etc., etc.). En effet, d'après Schulze, il a été reconnu que 100 parties de maltose réduisent seulement une

quantité d'oxyde de cuivre égale à celle que réduiraient 66 à 67 parties de dextrose.

Schulze et O. Sullivan ont trouvé pour la formule de la maltose :  $C^{12} H^{22} O^{11} + H^2 O$ , qui diffère un peu de celle de M. Dubrunfaut :  $C^6 H^{12} O^6$ , et qui se rapporte à celle du sucre de canne.

Maercker, pendant ses recherches sur les opérations chimiques de la fabrication de l'alcool (*Landw. Jahrbücher*, 1877, complément, p. 286), a pu vérifier et confirmer les expériences de Schulze et O. Sullivan, notamment les actions de la maltose et de la dextrose sur la liqueur cuivrique. Il a aussi reconnu que la maltose était directement fermentescible comme l'avait affirmé Dubrunfaut.

D'après Dubrunfaut, Schulze et O. Sullivan, la présence de la maltose dans les jus saccharifiés par la diastase a bien été démontrée, mais ils n'ont pas constaté s'il ne s'y trouvait pas d'autres sucres comme la dextrose et la lévulose. L'auteur a pu démontrer, ainsi qu'on va le voir, que ces deux corps ne se forment pas. La maltose se distingue, en effet, de la dextrose et de la lévulose en ce que le réactif de Barfoed (une dissolution acétique faible d'acétate neutre de cuivre) est sans action sur elle, tandis que la dextrose et la lévulose le réduisent énergiquement.

L'auteur a trouvé que même les dissolutions concentrées de maltose ne réduisent que des traces du réactif de Barfoed. Si donc, dans la formation du sucre par la diastase, il se produit à côté de la maltose et de la dextrine de la lévulose et de la dextrose, la liqueur produite devra réduire le réactif de Barfoed. Or ce fait ne se produit pas, si la diastase est bien pure et ne contient pas de sucre. *Il est donc bien démontré que dans la saccharification par la diastase, il ne se produit ni dextrose ni lévulose.*

D'après ce que nous venons de dire, on peut considérer comme absolument acquis les faits suivants :

1° La maltose et la dextrine sont les seuls produits de la saccharification par la diastase ; il ne se forme donc pas de dextrose.

2° L'action de la diastase sur l'amidon est accompagnée d'une absorption d'eau (hydrolise).

3° Les dextrines qui se forment sous l'action de la diastase sont très différentes ; celles qui sont produites au commencement de

l'action du ferment, l'amylo-dextrine et l'erythro-dextrine, se rapprochent de l'amidon, tandis que l'achroo-dextrine et la malto-dextrine se rapprochent plutôt de la maltose.

4° La transformation ne se produit pas par la formation des dextrines inférieures, puis des supérieures et enfin de la maltose. Celle-ci se forme au contraire dès le commencement de l'opération; elle est donc un produit constant et déterminé de la transformation de l'amidon.

5° La diastase n'agit pas ou n'agit que très peu sur l'amidon qui n'a pas été réduit en empois.

6° Par contre, les grains d'amidon sont très rapidement attaqués par la diastase, lorsque les cellules ont été préalablement déchirées ou écrasées.

7° L'amidon réduit en empois est aussi attaqué énergiquement et rapidement à des basses températures, un peu au-dessus de zéro toutefois.

8° A des températures plus élevées et jusqu'à 70° centigrades, la saccharification se fait plus vite, mais les corps produits pendant cette transformation varient avec les températures auxquelles on opère.

9° A la température de formation de l'empois, la diastase agit aussi sur l'amidon non converti en empois.

10° La diastase perd complètement ses propriétés à des températures plus élevées que 75° centigrades.

11° Les dextrines qui sont formées sous l'action de la diastase se transforment en maltose si cette action se prolonge.

12° Il est donc possible en prolongeant l'action de la diastase sur l'amidon de le transformer presque complètement en maltose.

*Dubrunfaut* et *Cuisinier* basent sur cette possibilité un procédé de fabrication industrielle de la maltose.

13° La température la plus propice à la saccharification est 50 à 57° centigrades.

14° L'amidon pouvant être transformé complètement en maltose, il est inutile de chercher les formules des diverses proportions dans lesquelles sont mélangées les dextrines et la maltose à différents moments de la saccharification, puisque ce ne sont là que des périodes intermédiaires. Ce que l'on peut dire, c'est qu'on produit en général dans les distilleries travaillant dans des conditions

normales des jus sucrés renfermant 80 à 81 % de maltose et 19 à 20% de dextrine.

D'après *O. Sullivan*, il se forme à 64-68° centigrades un mélange de 34 à 54 % de maltose et 66 à 46 % de dextrine.

La température limite qu'il ne faut pas dépasser si l'on veut obtenir tout l'effet possible de la diastase est donc 63-64° C.

Il se forme encore moins de maltose à des températures plus élevées.

15° Les formules relatives à la saccharification par la diastase, qui ont été établies de divers côtés, ne peuvent être regardées comme bien exactes, car elles ont toutes été basées sur le pouvoir réducteur des mélanges de maltose et de dextrine, en supposant que la dextrine ne possède pas de pouvoir réducteur.

16° La diastase agissant directement sur la maltose, ne la transforme pas en dextrose, et, si après une action prolongée du ferment diastasique, on constate de petites quantités de dextrose, il faut les attribuer à des altérations secondaires.

17° L'extrait de malt chauffé à plus de 65° C., perd sa propriété de pouvoir, une fois refroidi, saccharifier l'empois d'amidon.

18° La diastase agit avec le plus d'énergie sur les solutions faiblement acides et moins bien sur les liqueurs neutres. Si la solution est fortement acide ou alcaline, l'activité du ferment est détruite. On peut déduire des données précédentes des conséquences qui ont une très grande importance pratique pour la saccharification.

### I. L'OBSERVATION SCRUPULEUSE DE LA TEMPÉRATURE LA PLUS FAVORABLE A LA SACCHARIFICATION EST DE LA PLUS HAUTE IMPORTANCE EN DISTILLERIE.

A 75° C. la diastase se coagule et devient absolument inerte. Cette température ne doit donc jamais être atteinte en pratique, si l'on ne veut pas arrêter complètement la saccharification.

Cette température ne doit pas même être atteinte après que la saccharification est complète, la diastase devant encore exercer une action complémentaire pendant la fermentation, ainsi que nous le verrons plus tard.

La diastase ne perd pas tout à coup, à 75° C., ses propriétés transformatrices, mais elle s'affaiblit de plus en plus, produisant toujours moins de sucre et plus de dextrine, à mesure qu'elle approche de cette température.

De l'extrait de malt porté à cette température ne perd pas seulement la majeure partie de ses propriétés, mais encore il ne peut les retrouver par le refroidissement; aussi, une fois refroidi, transforme-t-il la plus grande partie de l'amidon en dextrine en ne produisant qu'une faible quantité de maltose. Il est donc impropre à exercer, pendant la fermentation, l'action complémentaire qui transforme la dextrine en maltose.

Il faut donc avoir le plus grand soin de maintenir la température, pendant la saccharification, dans les limites où se forme la plus forte proportion de sucre.

D'après les recherches et les observations de *Basswitz* et de *Schuster* et les études plus récentes de *Kruis*, nous savons que la diastase agit le plus énergiquement à 50-57° C., c'est-à-dire qu'à cette température elle produit la plus grande quantité de sucre dans le temps relativement le plus court.

La température limite à laquelle on peut obtenir ce maximum de sucre est 63-64°, ainsi que nous l'avons vu; on ne doit la dépasser, dans aucun cas, *pendant* la saccharification.

La durée normale de la saccharification dans les distilleries allemandes est d'environ une demi-heure, en supposant que le moût ait environ 20° sacch. et qu'on emploie 3 kilos de malt vert pour 100 kilos de pommes de terre; on obtient des jus sucrés renfermant 80-81 % de maltose et 19-20 % de dextrine. En employant plus de malt et en faisant durer la saccharification plus longtemps, on peut augmenter cette proportion de maltose et l'élever à 89 %. La pratique enseigne cependant que la première quantité est bien suffisante pour obtenir une fermentation complète, à condition que la diastase ait conservé sa vitalité, afin de pouvoir transformer la dextrine en sucre pendant la fermentation.

La température la plus favorable à la saccharification étant 50-57° et la limite qu'il ne faut pas dépasser étant 64°, quelle est maintenant la température qu'il faut choisir ?

On pourrait croire, à première vue, que la température que l'on doit choisir est celle à laquelle la diastase transforme le plus rapide-

ment et le plus énergiquement l'amidon en maltose. Il y a cependant deux raisons qui militent contre l'adoption de la température la plus basse.

D'abord s'il est vrai, ce qui est certain, que la diastase agit le plus énergiquement à la température de 50 à 57° C. sur l'amidon complètement transformé en empois et, par suite, sur celui qui sort des appareils sous pression, il n'en est pas de même de l'amidon naturel qui est plus complètement attaqué à une température supérieure.

C'est pourquoi l'amidon du malt exige pour se dissoudre une température plus élevée que celui de la matière première employée; la preuve de ce fait est fournie d'une manière frappante par les expériences de *Carl Kruis*, qui a déterminé les quantités d'extrait de malt, obtenues à diverses températures.

à 60° C....	43,8 % d'extrait.
à 55° C....	32,9     "
à 53° C....	28,6     "

Il résulte donc de ces expériences que la dissolution de l'amidon du malt est très incomplète à la température de la saccharification (15 % d'extrait de moins qu'à 60°). Si donc on saccharifie à la température normale, soit 53°, on ne dissout pas complètement l'amidon du malt et l'on a de ce chef une perte de matières fermentescibles. Cette perte n'est pas énorme quand on n'emploie que peu de malt : en supposant qu'on ait mis en œuvre 3 kgr. de malt vert pour 100 kgr. de pommes de terre et 75 litres de pommes de terre par hectolitre de capacité de cuve, elle sera d'environ 2 litres d'alcool pur par 1000 litres d'encuvage. Quoique cette perte soit peu importante, on n'en doit pas moins chercher à l'éviter; du reste, elle devient naturellement plus considérable dès qu'on augmente la proportion du malt. *La température la plus propice à la saccharification doit donc être dépassée, pour que tout l'amidon du malt soit transformé en sucre.*

D'autre part, on doit aussi tenir compte pour la détermination de la température de la saccharification de certaines considérations qui doivent exercer une influence sur le choix de cette température. C'est ainsi que l'on sait que la levure se plaît et se développe davantage dans un milieu ne renfermant pas d'autres organismes et transforme, dans ces conditions, une plus grande quantité de sucre en alcool, que lorsqu'elle se trouve dans un liquide où d'autres orga-

nismes végètent en même temps qu'elle. Ces organismes nuisibles, qui peuvent entraver l'action fermentative de la levure et son développement, se rencontrent dans les matières solides qui restent attachées aux parois des cuves à saccharifier et à fermenter, et principalement dans le malt qui n'est pas sain.

Ce sont principalement les ferments lactique et butyrique et d'autres organismes inférieurs, que l'on désigne sous le nom générique de *bactéries globulaires* ou *cocci*. Tous ces organismes peuvent supporter une température de 56° C., mais ils périssent à une température plus élevée. Le ferment butyrique et les cocci meurent en grande partie aux environ de 61° et le ferment lactique à 64° C. Ils sont d'autant plus vite détruits que la température élevée est maintenue plus longtemps.

Si donc on adoptait pour la saccharification la température de 65° C., on obtiendrait un moût presque absolument exempt de champignons, tandis que si l'on se contentait de celle de 61° C., le moût contiendrait encore du ferment lactique. Il est clair qu'il serait à désirer de pouvoir détruire pendant la saccharification tous les organismes parasites, mais on ne doit pas oublier que la diastase commence à perdre de son énergie à cette température de 65° C., et que pour obtenir une moyenne de 65° dans le moût, on ne peut éviter que certaines parties du liquide soient portées à 66 et 67°, ce qui entraîne une perte de diastase. Il faut donc renoncer à tuer le ferment lactique et se contenter de se débarrasser du ferment butyrique et des cocci. Fort heureusement, du reste, le ferment lactique est beaucoup moins nuisible que les autres organismes. La température de la saccharification devra donc être un compromis entre celle qui est la plus favorable à la transformation de l'amidon en sucre et celle à laquelle les ferments parasites sont détruits. Il faut la maintenir assez élevée pour que ces organismes meurent, sans cependant que les propriétés de la diastase soient atteintes. Seulement, comme il est impossible de ne pas détruire une petite quantité de diastase, on est naturellement obligé d'employer plus de malt qu'il ne serait nécessaire si la température était plus basse, et de faire durer plus longtemps la saccharification.

Ces considérations expliquent pourquoi le procédé de *Schuster*, qui, basé sur l'emploi des basses températures, procure une économie notable de malt (1 1/2 kilog. de malt vert par 100 kilos de



pommes de terre) n'a pas été employé avec succès : c'est que ce procédé ne tient pas compte des ferments secondaires qui, n'étant pas tués, gênent la fermentation.

Lorsqu'un distillateur obtient de bons résultats en travaillant d'après la méthode de Schuster, c'est qu'il emploie de l'excellente orge et qu'il porte à la préparation de son malt un soin tout particulier. D'une manière générale, du reste, le fait qu'un distillateur saccharifie à basse température et à l'aide d'une faible quantité de malt, prouve en faveur de son habileté. Il résulte de tout ce que nous venons de dire que l'on doit saccharifier à une température plus élevée lorsque le malt est mauvais.

C'est ainsi qu'en été où les ferments ont plus de tendance à se développer sur le malt qu'en hiver, il faut atteindre sans crainte la température de 62° C., tandis que lorsqu'il fait froid, celle de 61° est bien suffisante.

En résumé : *il est avantageux d'employer pour la saccharification une température un peu plus élevée qu'il n'est absolument nécessaire, afin d'être sûr d'obtenir de bonnes fermentations. Cette température ne doit pas cependant, cela va sans dire, être assez élevée pour détruire l'action de la diastase. La réalisation de ces conditions correspond à une température de 61 à 62° C.*

Citons encore une observation de Delbrück et Petzhold (Zeitsch. f. Spir. Ind 1882, p. 127), qui est intéressante au point de vue de la pratique de la saccharification : *La diastase résiste mieux aux températures élevées quand elle est accompagnée de grandes quantités de sucre, que lorsqu'elle ne se trouve en présence que de faibles quantités.*

Aussi lorsqu'on travaille avec le cuiseur Henze, est-ce une faute de vider trop rapidement la masse chaude de pommes de terre ou de grains dans la cuve à saccharifier où se trouvent le malt et l'eau, car on atteint alors tout de suite la température de 61-62° C. qui est nuisible à la diastase, lorsque celle-ci n'est pas accompagnée d'une certaine quantité de sucre. Lorsqu'on veut, au contraire, travailler d'une manière rationnelle, il faut commencer à saccharifier à 50° C. et laisser s'élever lentement la température, de façon à ce qu'elle n'atteigne 61° ou 62° que lorsque la dernière portion de l'empois arrive dans la cuve.

On s'est aussi demandé s'il valait mieux introduire en une seule fois tout le malt dans la cuve à saccharifier, ou n'y verser d'abord

que la quantité nécessaire pour rendre fluide l'empois et introduire le reste après la vidange du cuiseur, de manière à obtenir dans la masse exactement la température à laquelle on désire saccharifier. Cette première méthode paraît, à première vue, être la plus sûre. Il n'en est rien cependant, car, supposons qu'on veuille saccharifier à 60°, il n'en faudra pas moins que la solution de malt qu'on introduira dans la cuve en dernier lieu, ait de 62 à 63° C. ; la diastase se trouvera alors soumise à une température élevée dont elle souffrira, n'étant pas accompagnée d'une forte quantité de sucre, alors qu'elle y résisterait davantage si la proportion de sucre était plus forte. Il est donc préférable d'introduire tout de suite dans la cuve à saccharifier tout le malt nécessaire à l'opération, quitte à veiller à ce qu'il ne soit pas surchauffé pendant la vidange du cuiseur.

L'étude que nous venons de faire sur la température qu'il faut adopter pour la saccharification, peut se résumer dans les quelques principes suivants :

1° La température la plus favorable à la saccharification est 50 à 56° C.

2° Les ferments parasites qui proviennent pour la plus grande partie du malt ne sont détruits qu'à une température voisine de 62° C.

3° La diastase supporte mieux les hautes températures lorsqu'elle se trouve en présence d'une grande quantité de sucre.

4° La température de la saccharification doit être choisie de manière à ce que la formation du sucre se fasse complètement et que les ferments nuisibles soient tués. Il faut aussi que la diastase possède encore ses propriétés après la saccharification.

5° Pour obtenir ces résultats, il faut d'abord saccharifier rapidement jusqu'à ce qu'on ait atteint la température de 50° C, puis lentement et avec précaution pour que la diastase puisse agir à la température la plus favorable à la formation du sucre. A la fin de l'opération on laisse monter la

température jusqu'à 61 et même 62° afin de tuer les ferments nuisibles, mais en ayant soin de ne pas y rester trop longtemps pour ne pas porter atteinte à la vitalité de la diastase.

6° Il est bon d'introduire en une seule fois dans la cuve à saccharifier la totalité du malt et de l'eau destinés à l'opération, de manière à provoquer immédiatement une saccharification énergique qui préserve la diastase des effets que pourraient exercer sur elle les températures élevées.

On peut naturellement procéder différemment quand on emploie les appareils de Hollefreund ou de Bohm ; dans ce cas on refroidit la masse de pommes de terre à une température approchant celle de la saccharification, puis on aspire une petite quantité de la solution de malt de manière à liquéfier l'empois. On refroidit ensuite la masse liquide à 60° C., on aspire le reste de la solution de malt et on laisse la saccharification s'opérer pendant une demi-heure. Quand elle est terminée, on fait arriver un peu de vapeur dans la cuve et l'on maintient la température pendant 10 minutes à 61-62° C.

Il est clair que, lorsqu'on emploie 5 % de malt vert, la température pendant la saccharification peut être un peu moins surveillée, car alors même qu'une partie de la diastase serait détruite par suite d'une température trop élevée, il en resterait encore assez pour qu'elle puisse exercer son action complémentaire pendant la fermentation.

## II. ACTION COMPLÉMENTAIRE DE LA DIASTASE SUR LA DEXTRINE PENDANT LA FERMENTATION DES MOÛTS.

Les moûts normaux renferment 80-81 % de maltose et 19-20 % de dextrine ; la proportion de la maltose est rarement plus grande ; elle n'est même souvent que de 75 %.

La maltose est seule fermentescible, car, quoique la dextrine jouisse dans une certaine mesure de cette propriété, elle ne fermente cependant que dans une proportion si minime qu'on doit la considérer en pratique comme non fermentescible.

Si donc on peut arriver à la faire fermenter presque complètement lorsque la saccharification et la fermentation ont été bien conduites, c'est que la dextrine se transforme en maltose pendant le cours de la fermentation sous l'action complémentaire de la diastase.

Il est à peine nécessaire de donner des exemples des résultats qu'on peut obtenir en pratique au point de vue de la transformation de la dextrine pendant la fermentation. On peut admettre que les usines travaillant bien obtiennent, après fermentation, des vins ne contenant que 7 %, environ du mélange primitif de maltose et de dextrine.

Delbrück a été le premier qui ait démontré que la dextrine non-fermentescible, fermentait facilement lorsqu'elle se trouvait en présence d'extrait de malt. Sur 100 parties de dextrine il put faire fermenter :

Essai I.....	83,9 %	après 72 heures de fermentation.
Essai II.....	78,4	" 64 "
Essai III.....	72,4	" 48 "

Si la cause de cette fermentation de la dextrine est vraiment due à l'action complémentaire de la diastase, il est clair qu'en tuant cette dernière, soit à l'aide d'acides, soit en la soumettant à une température élevée, on doit obtenir une fermentation moins complète. Les essais suivants de *Delbrück* le prouvent :

Sur 100 parties de maltose et de dextrine, il put faire fermenter :

Essai I.	avec de la diastase active.....	90,2 %
Essai II.	" tuée (par la cuisson)....	76,7 "
Essai III.	" (par l'acide lactique)	73,8 "

Citons un autre exemple de l'action complémentaire de la diastase, tiré de la pratique :

Avant que l'on connût cette propriété, on essaya, à la distillerie de Nedlitz, de porter à l'ébullition après saccharification des jus de pommes de terre atteintes de pourriture sèche, afin d'en obtenir un meilleur rendement. Cette opération donna, au contraire, de mauvais résultats et l'on ne tarda pas à la supprimer.

On obtint en effet les chutes de fermentation suivantes :

11 mai . . . . .	2,8° sacch.
12 " (jus chauffé) . . . . .	4,5° "
13 " . . . . .	2,8° "

Cet essai confirme donc bien l'action que la diastase exerce sur la dextrine pendant la fermentation.

Les conséquences pratiques qu'on peut retirer de ces essais sont très importantes au point de vue de la fermentation :

1° *Nous savons maintenant que la dextrine ne peut fermenter que lorsqu'elle est en présence, pendant la fermentation du moût, de diastase active.*

2° Nous savons aussi que, dans tous les jus, il reste encore  $\frac{1}{5}$  du poids de l'amidon à l'état de dextrine, alors même qu'on aurait obtenu le maximum de maltose, et que pour transformer cette dextrine en alcool, il faut avoir soin que la diastase qui reste dans le moût après la formation du sucre ait conservé ses propriétés pour qu'elle puisse agir sur la dextrine pendant la fermentation.

En résumé, il est actuellement certain que l'action complémentaire de la diastase sur la dextrine permet de transformer en alcool toutes les substances susceptibles de fermenter se trouvant dans les jus. Cette donnée joue un rôle capital dans la fabrication de l'alcool.

On n'a pas tiré jusqu'ici de cette propriété de la diastase tout le parti possible, en adoptant une température trop élevée à la fin de la saccharification et en voulant épargner du malt, alors que la saccharification à haute température et l'économie de malt ne doivent jamais être pratiquées ensemble.

Cependant on s'est rendu compte, ces dernières années, que si l'on veut obtenir une fermentation normale, il faut avoir soin de préserver la diastase de toutes les influences qui peuvent lui nuire, puisqu'il est impossible de faire fermenter complètement les moûts lorsque la diastase n'a pas conservé ses propriétés.

Étudions maintenant quelles sont les influences qui peuvent détruire l'action de la diastase.

### III. DESTRUCTION DE L'ACTION COMPLÉMENTAIRE DE LA DIASTASE.

D'après ce que nous avons vu jusqu'à présent, l'action complémentaire de la diastase peut être détruite par deux causes : 1<sup>o</sup> par l'élévation du moût à une haute température, pendant ou après la saccharification ; 2<sup>o</sup> par la formation d'acides (acide lactique et acide butyrique) pendant la fermentation.

Avant d'examiner plus en détail ces influences, il faut encore revenir sur quelques considérations générales.

Il paraît plus que probable à Maercker, d'après d'anciennes expériences de *Delbrück* qu'il a répétées lui-même, que la dextrine ne peut être transformée en maltose que si la diastase possède encore complètement toutes ses propriétés, car, dans ces essais, ce n'est qu'avec de l'extrait de malt frais qu'il obtint une transformation rapide et notable de la dextrine en maltose, tandis que de l'extrait de malt conservé, comme l'extrait à la glycérine de Hufner, aussi bien que la diastase séparée du malt, n'avaient qu'une action beaucoup plus lente et très faible sur la dextrine.

Lorsqu'on chauffe de l'extrait de malt ancien à une température de 65° C, il possède encore, il est vrai, la propriété de fluidifier l'empois d'amidon et de le transformer en erythro-dextrine et en maltose, mais il ne peut presque plus transformer l'achroo-dextrine du moût en maltose. Ce fait peut s'expliquer en admettant que la diastase se compose de plusieurs ferments dont le plus énergique se coagule vers 65° C. et devient par suite impuissant ; ou en supposant que par l'action de hautes températures on sépare certains éléments de la diastase et que ceux qui restent sont moins énergiques.

*Pour ces diverses raisons, il ne suffit pas seulement de faire agir la diastase sur le moût, mais il faut encore que cette action ait toute son énergie ; il faut donc avoir soin de ne pas se servir de diastase ayant subi des influences nuisibles et ayant perdu en partie ses propriétés.*

Il faudra donc, dans le travail des distilleries, vérifier avec soin l'état de la diastase pendant le cours et surtout vers la fin de la fermentation.

La manière de faire cet essai a été décrite longuement ; elle repose sur ce fait que le moût doit même après fermentation pouvoir intervertir l'empois d'amidon. Cette transformation doit être complète, c'est-à-dire qu'elle ne doit pas se borner à la fluidification de l'empois et à une inversion partielle, qu'on reconnaîtrait à ce que le moût se colore en rouge en présence de la teinture d'iode (formation d'érythro-dextrine). Le vin doit agir jusqu'à ce qu'il ne se colore plus du tout en présence de la teinture d'iode (formation d'achroodextrine). Ce n'est que dans ce cas que l'on peut conclure que la diastase possède encore toute sa force.

*a) Destruction de l'action complémentaire de la diastase par les hautes températures.*

Nous avons déjà vu dans les paragraphes précédents quelle température il faut atteindre pour que la diastase perde ses propriétés. Les distillateurs subissaient fréquemment cet inconvénient les premières années de l'introduction des cuiseurs qui n'étaient pas encore perfectionnés comme aujourd'hui et y remédiaient en une certaine mesure en employant une forte proportion de malt.

Depuis lors on a apporté de nombreuses améliorations à l'appareil primitif de Henze. L'exhausteur, une cuve à saccharifier mieux combinée, un agitateur plus puissant, un système de réfrigération en constituent les principaux perfectionnements qui permettent actuellement de maintenir avec certitude la température voulue pour la saccharification.

Il ne suffit naturellement pas pour que la diastase conserve ses propriétés, que la température soit maintenue au point favorable pendant la saccharification, mais il est encore nécessaire qu'après la fin de l'opération elle ne dépasse pas 62°.5 C. L'essai du moût filtré avec la teinture d'iode n'est d'aucun secours dans ce cas ; car, lors même que la saccharification s'est faite normalement, l'action de la diastase peut avoir été détruite si l'on a laissé s'élever la température après la fin de l'opération.

Il faut donc, dans les cas douteux, en outre de l'essai à l'iode qui prouve qu'il ne reste pas de dextrine se colorant à son contact,

vérifier la vitalité de la diastase d'après la méthode décrite plus haut, et il faut s'assurer, avec le plus grand soin, que l'empois d'amidon ne se fluidifie pas seulement, mais encore subit l'inversion. Il n'est pas rare d'obtenir de hautes températures après la fin de l'opération dans les saccharifications industrielles, car les robinets de vapeur ne ferment très souvent qu'imparfaitement et peuvent laisser passer une certaine quantité de vapeur qui chauffe les moûts. Ce danger est surtout à signaler dans les appareils de Bohm et de Hollefreund qui, possédant un grand nombre de conduites de vapeur, peuvent souvent présenter cet inconvénient.

Il ne faut donc pas se borner à veiller à ce que la température se maintienne dans les limites convenables après l'introduction du malt, mais aussi à ce que le moût ne s'échauffe pas pendant la saccharification.

*b) Destruction de l'action complémentaire de la diastase par la formation d'acides pendant la fermentation.*

Les praticiens considèrent avec raison la présence des acides dans les moûts comme un très grand danger ; elle est en effet l'indice d'une mauvaise fermentation.

Ces fermentations secondaires donnent naissance à d'autres acides que l'acide lactique, ce sont l'acide butyrique, l'acide acétique, etc. etc., qui peuvent être nuisibles aux moûts à deux points de vue : en altérant la propriété fermentative de la levure, ou en détruisant l'action complémentaire de la diastase.

Ces deux effets sont en réalité difficiles à séparer l'un de l'autre, les ferments parasites commençant par détruire les propriétés fermentative et reproductrice de la levure, puis agissant sur la diastase de telle sorte qu'elle ne peut plus transformer la dextrine en maltose. Il est certain que les mauvaises chutes des moûts en fermentation proviennent souvent de la destruction de la diastase, car dans la plupart des cas la presque totalité de la maltose a fermenté, tandis que la dextrine se retrouve tout entière dans le vin.

La diastase appartient au groupe des albuminoïdes ; elle se coagule sous l'action des acides, comme sous celle de la chaleur, aussi peut-on entraver et même détruire son action aussi bien par les acides que par l'élévation de la température.



Voici les résultats de quelques essais faits par Delbrück à la station d'essais de Halle, qui viennent à l'appui de la donnée que nous venons d'exposer :

Amidon employé. g.	Acide lactique. g.	Volume du liquide. cc.	Infusion de malt. cc.	Couleur de la réaction de l'iode.	Durée de la saccharification.	Proportion de maltose produite pour 100 parties d'amidon.
0,7890	0,02	100	25	incolore	3-4 heures	81,9
0,7909	0,03	100	25	rouge	3-4 »	68,0
0,7886	0,06	100	25	rouge	3-4 »	68,9
0,7922	0,08	100	25	bleue	3-4 »	41,7

La formation du sucre est donc entravée par l'acide lactique même en fort petite quantité.

Remarquons, en passant, qu'on sait d'après les essais de *Delbrück* que, plus la température est élevée, plus l'influence de l'acide lactique est pernicieuse.

Nous avons déjà indiqué les chiffres de Kjeldahl relatifs à l'influence de l'acide lactique sur la saccharification. Les solutions de diastase fortement acidulées par l'acide lactique fluidifient encore l'empois d'amidon quoiqu'elles n'en transforment qu'une très petite partie en maltose. C'est précisément ce qui se passe pour de la diastase qui a été chauffée au-delà de 65° centigrades, et les corps albuminoïdes qui sont le plus tôt coagulés par la chaleur, le sont aussi par l'acide lactique.

On peut, d'après cela, étudier les résultats de la saccharification en présence d'acides.

Il n'est pas difficile, par exemple, de régler la quantité d'acide lactique de façon à ce que son action n'aille pas plus loin que la formation d'erythro-dextrine et ainsi de suite. Lorsqu'on ajoute de l'acide lactique à une dissolution de diastase jusqu'à ce qu'on ait détruit les propriétés de celle-ci, il est facile de se rendre compte par l'examen du précipité qu'il s'est bien produit une coagulation.

L'acide acétique et d'autres acides encore, exercent une action analogue à celle de l'acide lactique.

Delbrück a établi par diverses expériences qu'on peut rendre à la diastase ses propriétés qui lui ont été enlevées par l'acide lactique, en neutralisant celui-ci, ce qui est une preuve qu'elle n'a pas été profondément altérée.

Cependant, dans les liquides fortement acidulés, l'action de la diastase est complètement détruite.

L'acide lactique est d'ailleurs par lui-même peu à craindre pour la fermentation ; nous exposerons plus tard en détail les expériences que Werenskiold et Hayduck ont faites à ce sujet.

Il ressort de ces essais qu'on peut introduire de grandes quantités d'acide lactique dans des jus en fermentation sans porter préjudice à la propriété fermentative de la levure, tandis que la diastase est attaquée par de faibles quantités d'acide lactique.

Les acides pouvant détruire l'action complémentaire de la diastase doivent donc être combattus énergiquement. Leur formation peut dépendre de diverses causes, entre autres d'une *haute température de mise en fermentation*, du malt altéré, et d'un manque de propreté.

La formation d'acide lactique, l'altération de la diastase, la transformation incomplète de la dextrine et finalement une mauvaise fermentation sont les conséquences naturelles de l'emploi d'une haute température.

Nous reviendrons fréquemment sur ce sujet.

Nous avons dit que le *malt mal fabriqué* ou *altéré* constitue une deuxième cause de la production de l'acide lactique. Lorsqu'on connaît la répartition ordinaire des ferments sur l'épiderme des grains et que l'on sait que leur quantité augmente quand les grains sont dans des endroits humides et mal aérés, on comprend aisément que ce mauvais malt facilite la formation d'acides. Il est aussi possible que le mauvais malt ait une action pernicieuse, parce qu'une partie de la diastase est détruite par la formation d'acide lactique qui se développe en même temps qu'elle.

En résumé, Maercker admet très bien que le mauvais malt soit une cause des fermentations acides.

*Le manque de propreté dans les cuves à fermenter et dans tous les vases servant à la fabrication de l'alcool, du commencement à la fin, comme dans tous les recoins de la distillerie, est toujours cause que les ferments acides s'implantent partout et produisent de mauvaises fermentations. Ce fait devrait être tellement avéré qu'on ne devrait jamais avoir à s'en occuper, et cependant l'auteur doit reconnaître, d'après ce qu'il a vu lui-même, que dans un grand nombre de distilleries qui même passaient pour des usines modèles, il y avait encore beaucoup à faire à ce point de vue.*

Il est donc de la plus haute importance pour les distilleries d'assurer partout une propreté irréprochable pour éviter les fermentations secondaires qui nuisent à la fermentation proprement dite.

On peut s'étonner à juste titre, au point de vue du travail de la distillerie, qu'un acide aussi dangereux que l'acide lactique soit employé à la fabrication de la levure artificielle, mais, soit que la levure ait besoin pour se développer d'une certaine quantité de cet acide, soit que l'acide lactique soit nécessaire pour dissoudre les matières albumineuses insolubles du malt ou du grain, ou pour empêcher le développement des champignons, on n'a pas encore pu le remplacer.

Quoiqu'il en soit, il serait bien à désirer que l'acidification du levain se fit au moyen d'un acide dont la formation ne fût pas due à un ferment organisé, les dangers qu'offre une mise en fermentation à une température trop élevée seraient alors moins grands, et l'on aurait aussi moins à craindre la destruction de l'action complémentaire de la diastase.

Nous avons vu que l'acide lactique était par lui-même peu à craindre si on n'envisage que l'action qu'il peut exercer sur la fermentation, mais son remplacement par un autre acide non organisé dans la fabrication de la levure artificielle n'en procurerait pas moins une grande sécurité pour tout le travail de la distillerie.

L'acide lactique, en outre de l'action destructive qu'il exerce sur la diastase, se forme, en effet, dans des circonstances qui sont aussi favorables au développement des autres ferments qui sont si nuisibles à la fermentation.

Ajoutons enfin que l'acide lactique ainsi que les acides organiques analogues se forme aux dépens du sucre dont une certaine partie est, par suite, perdue pour la production d'alcool.

## CHAPITRE II.

---

### REFROIDISSEMENT DES MOÛTS A LA TEMPÉRATURE CONVENABLE POUR LA FERMENTATION.

---

Lorsque la saccharification est terminée, le moût a une température d'environ 50 à 56° C.

Il doit donc être refroidi pour pouvoir recevoir l'addition de levure et fermenter. Pour arriver à ce but on a recours à divers procédés ; nous allons décrire les plus importants.

Une réfrigération logique doit réaliser les conditions suivantes :

1° Il faut que le refroidissement se fasse sans exiger trop de force ou une trop grande quantité d'eau, et dans un temps relativement court.

2° Le moût ne doit pas s'altérer pendant le refroidissement, et en particulier, il ne doit pas se former pendant cette opération de fermentation lactique.

3° Tous les appareils réfrigérants doivent être d'un nettoyage facile, pour que le moût ne rencontre pas de ferments provenant de l'opération précédente.

Les différents procédés employés pour refroidir les moûts sont basés sur divers moyens d'action qui sont les suivants :

1° L'absorption de la chaleur au moyen de l'air de l'atmosphère, absorption qui est activée par l'évaporation ; c'est ce qu'on appelle la réfrigération par l'air.

2° L'absorption de la chaleur au moyen de l'eau froide, ou réfrigération par l'eau froide.

3° La réfrigération par l'eau et l'air combinés.

4° La réfrigération par la glace.

## I. RÉFRIGÉRATION AU MOYEN DE L'AIR.

La méthode la plus simple pour refroidir les moûts, lorsque l'industrie de la fabrication de l'alcool était encore dans l'enfance et que la saccharification, la réfrigération et la fermentation se faisaient dans les mêmes vases, était de les agiter longtemps et avec énergie, en les mettant en contact avec de grandes quantités d'air.

Ce procédé ne pouvait naturellement être employé que lorsqu'on travaillait en petit et qu'on n'avait pas à refroidir des milliers de litres de liquide, dans un temps relativement court. Lorsque cette nécessité s'imposa aux distillateurs, qu'ils eurent appris à connaître les avantages d'une réfrigération rapide et la basse température à laquelle il faut fermenter pour obtenir sûrement un fort rendement en alcool, on se mit à refroidir les moûts en les faisant circuler dans des caniveaux en bois fixés aux murs de la distillerie et à l'intérieur du bâtiment. Ces caniveaux ramenaient ensuite le liquide à son point de départ, c'est-à-dire à la cuve à saccharifier.

Ce procédé constituait déjà un progrès notable, car on s'acheminait vers l'emploi d'un vase spécial pour refroidir les moûts, ainsi que cela se fait encore dans de petites distilleries. Ce vase n'est alors autre chose qu'une caisse plate, dans laquelle on répand le moût sur une faible épaisseur, en l'agitant avec un rable. On n'avait, d'ailleurs, pas besoin d'une forte réfrigération, car on fermentait autrefois à une très faible densité et l'on pouvait, par suite, abaisser la température à volonté en ajoutant de l'eau.

On n'améliora véritablement les procédés pour refroidir les moûts et on ne les employa d'une manière générale que lorsqu'on y fut forcé par l'établissement de *l'impôt sur la capacité des cuves* qui rendait impossible le travail à faible densité et ne permettait pas, par suite, d'abaisser la température des moûts en y ajoutant de l'eau.

Les moûts étant alors moins fluides et plus difficiles à refroidir,

on eut recours à un vase refroidisseur spécial qui est employé encore dans bien des cas.

On a préféré avec raison le fer au bois pour la construction de la cuve à refroidir, car ce dernier séchait lorsque la cuve n'était pas employée; de plus, étant poreux, il permettait aux ferments de s'implanter et de donner naissance à des fermentations secondaires.

Dans une série d'essais faits par Maercker, on a pu constater qu'il se formait 1,561 gr. d'acide lactique dans un litre de moût pris dans un vase en bois, ce qui correspond à  $3/4^{\circ}$  de l'acidimètre *Ludersdorff*, tandis qu'un moût placé dans les mêmes conditions dans un vase en fer ne contenait que 1,041 d'acide lactique.

Les vases en fer, lorsqu'ils sont un peu vieux et que leur surface est rugueuse, peuvent aussi bien que les vases en bois favoriser la formation des acides et nuire au rendement. C'est ce qui découle d'une expérience faite à la distillerie de Biesdorf et que *Wittelshoffer* a décrite dans le journal *Zeitschrift fur Spirit. Industrie*, 1880, p. 249.

Dans cet essai, fait au mois de juin, on fit fermenter un moût de maïs qu'on amena à la température voulue par une addition d'eau froide; il tomba à  $0^{\circ}$  du saccharomètre (Balling) avec une acidité correspondant à 1,1 cc. de liqueur normale de soude et donna un rendement en alcool de 9,8 % en volume. Le même moût refroidi dans un vase en fer tomba qu'à  $1^{\circ},3$  du saccharomètre, avec une acidité de 1,8 cc. et donna un rendement de 8.6 % en volume.

Le vase réfrigérant avait donc causé une perte de 1,2 % qu'il faut attribuer, en partie, à la formation d'acide et, en partie, à ce que la fermentation avait été moins bonne.

Le vase à refroidir est toujours un appareil défectueux; sans doute il ne peut pas être très nuisible en hiver où le moût passe rapidement par les températures de  $25^{\circ}$  à  $37\ 1/2^{\circ}$  C. qui sont les plus favorables à la formation de l'acide lactique, mais en été il présente au contraire de graves inconvénients. A ce moment, la température de l'air extérieur étant plus élevée, le refroidissement est plus lent et le moût reste pendant plusieurs heures aux températures dangereuses dont nous venons de parler. Aussi gagnerait-on certainement les frais d'une installation pour refroidir à l'eau, pendant une seule campagne, quand on est obligé de travailler dans les mois chauds de l'été.

Il ne serait pas moins intéressant d'essayer si par l'emploi de

désinfectants et, en particulier, du sulfite acide de chaux, on ne pourrait pas empêcher la formation d'acide dans le vase refroidisseur.

On adapta plus tard à celui-ci un agitateur à ailettes, afin de mettre le liquide en contact avec une plus grande quantité d'air. On obtint ainsi un refroidissement plus énergique par suite du rayonnement et aussi de l'évaporation du moût.

Les procédés employés maintenant pour obtenir la réfrigération sont basés sur l'évaporation, car on sait qu'un kilogramme d'eau absorbe 542 calories pour se vaporiser. Si, par exemple, on a 100 kilos de moût et qu'en refroidissant on évapore seulement un kilogr. d'eau, on enlèvera ainsi à la masse 542 calories, qui en abaisseront la température de 5,42° C.

L'évaporation de 9 kilos d'eau suffirait donc pour refroidir 100 kilos de moût, de la température de saccharification, soit 60° C. à celle de la fermentation, soit 15° C.

L'évaporation contribue donc d'une manière notable au refroidissement. On ne peut obtenir un effet sérieux du refroidissement par l'air qu'en ayant soin d'agiter constamment les moûts pendant l'opération. Sans cela l'air refroidit seulement les couches supérieures, la consistance épaisse du liquide l'empêchant de se mettre rapidement en équilibre de température dans toute sa masse. L'adaptation d'un agitateur puissant est donc le but à atteindre dans la construction d'un vase à refroidir ou réfrigérant moderne. La figure 128 montre la forme qu'on lui a donnée.

Le vase refroidisseur qu'on emploie actuellement est formé d'un vase rond en tôle dont les bords renforcés sont surmontés d'une surface polie sur laquelle roulent les galets de l'agitateur qui lui-même est mis en mouvement par des roues à engrenages. L'agitateur se compose d'une tige en fer à laquelle sont adaptées des palettes inclinées qui agitent et mélangent le moût; en outre, l'arbre fait mouvoir une latte en bois qui racle le fond du vase et pousse devant elle le liquide. Le courant d'air ayant pour but de refroidir et évaporer le liquide est obtenu par des ailettes qui étant animées d'un mouvement de rotation très rapide, chassent de grandes quantités d'air sur la surface du moût.

La cuve est munie d'une ouverture de vidange qui sert à envoyer

le moût refroidi dans la cuve à fermentation placée en général en dessous.

On emploie aussi, à la place des ailettes, des ventilateurs qui

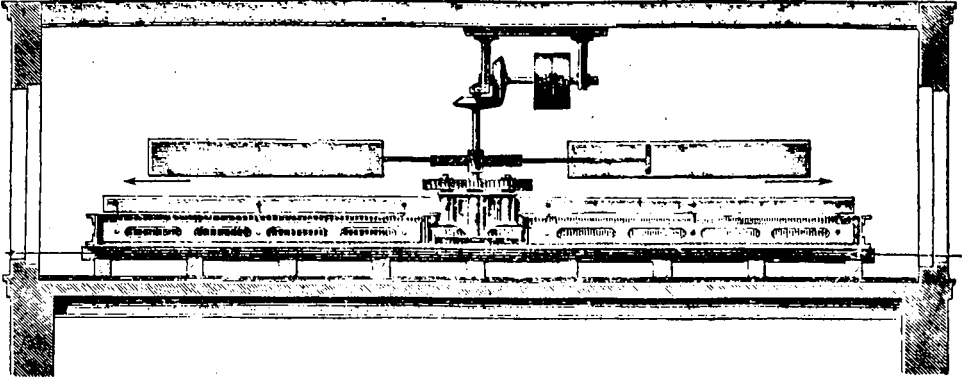


Fig. 128.

envoient un courant d'air constant sur le jus, mais ils ne sont pas aussi répandus que les premières parce que leur action est trop locale et ne se fait pas sentir sur toute la surface du liquide.

*A. Damerau* a pris un brevet en 1879 (n° 7320) pour faire circuler de l'eau dans les palettes de l'agitateur.

*Markl* recommande (*Österr. Zeitschrift für Zucker-Industrie* 1879, p. 310) l'emploi d'un réfrigérant en fonte

Ces appareils sont alors composés de diverses pièces boulonnées entre elles. Les joints sont faits avec des bandes de caoutchouc. On emploie, d'ailleurs, depuis longtemps les réfrigérants en fonte dans un grand nombre de distilleries.

Un autre appareil pour refroidir à l'aide de l'air est le *réfrigérant à gradins* de *Siemens* de Hohenheim. Cet appareil se compose d'un vase en fer en forme de caisse, à l'intérieur duquel sont disposées des planches inclinées formant une sorte de gradin sur lequel le moût descend en cascade. Pendant que le liquide descend les degrés de l'appareil, on fait agir à la surface, à l'aide d'un ventilateur, un fort courant d'air (que l'on a généralement refroidi avec de la glace).

Le réfrigérant de *Schroeter* est basé sur les mêmes principes; nous



lui consacrons les figures 129 et 130. Le moût coule de haut en bas sur les planchettes inclinées  $a$   $a^1$   $a^2$  et s'en va par la tubulure  $b$  ; il rencontre sur son passage un fort courant d'air produit par l'exhausteur  $i$ .

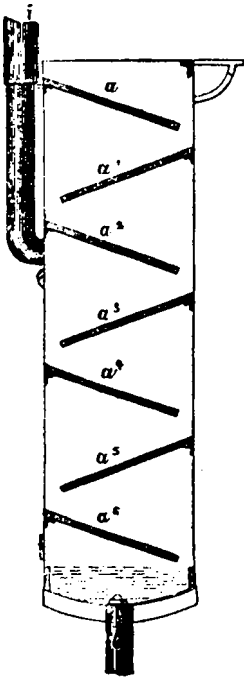


Fig. 129.

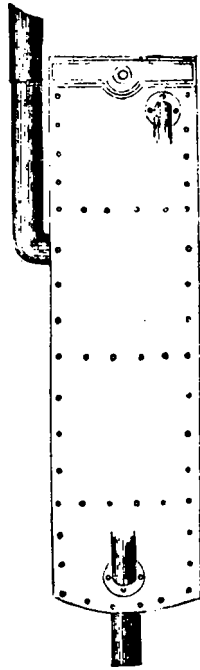


Fig. 130.

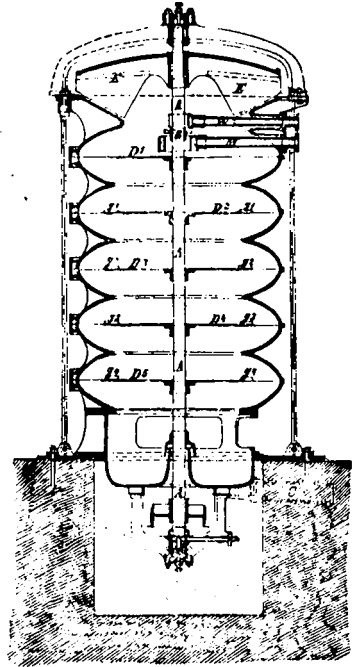


Fig. 131.

Le réfrigérant à force centrifuge de Louis Siemens, se compose d'un vase en fonte dont la face intérieure affecte la forme indiquée par la fig. 131. (Tirée du journal allemand des fabricants d'alcool., an. 1870, page 242).

Un arbre vertical est placé au centre de cet appareil ; il porte un système de disques horizontaux  $D^1$   $D^2$   $D^3$ , disposés de manière à ce qu'ils tournent dans les compartiments formés par les évasements et les étranglements du vase. Un exhausteur placé immédiatement au-dessus de l'appareil produit par aspiration un courant d'air énergique, agissant de bas en haut.

Quoique cet appareil soit très rationnel, il ne paraît pas avoir donné en pratique les résultats qu'on pouvait en attendre. On ne trouve pas qu'il produise un refroidissement assez rapide et énergique ; il offre, de plus, l'inconvénient de laisser les moûts trop au

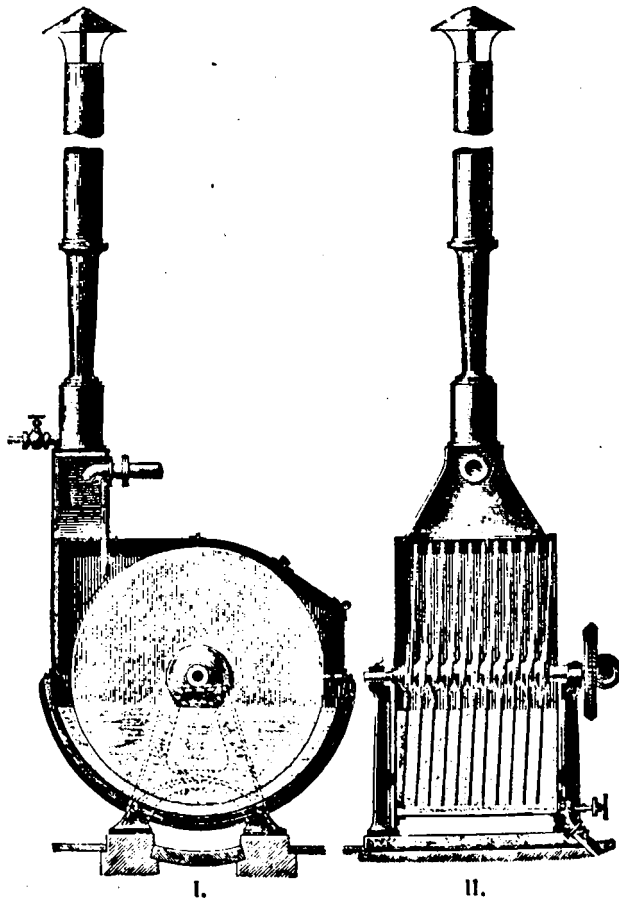


Fig. 132.

contact de l'air, ce qui les dispose à la fermentation mousseuse. Comme le réfrigérant de Siemens exige une dépense de force assez considérable, on l'a généralement remplacé par d'autres appareils.

Un des réfrigérants à air les plus nouveaux et qui surpasse par

sa puissance tous les autres est celui de *Gontard*, de Mockau, que nous représentons par les figures 132 (I et II).

Le réfrigérant de Gontard, dont nous donnons ici la coupe transversale I et la coupe longitudinale II se compose d'une cuve en forme d'auge, dont le fond est demi-cylindrique. Un arbre horizontal auquel sont adaptés un certain nombre de disques en tôle, d'une épaisseur d'environ  $4 \frac{m}{m}$ , et qui sont placés obliquement, traverse cette cuve. Au-dessus de la cuvette et des disques se trouve un couvercle sur lequel est placé un puissant exhausteur dans la cheminée d'appel duquel on fait pénétrer le moût, sortant le plus souvent d'un cuiseur.

L'appareil qui se trouve à Mockau et qui doit refroidir 1750 kilos de pommes de terre par opération a une hauteur de  $3^m,50$ ; il a  $3^m$  de long,  $2^m,50$  de large, et occupe une surface de 7,50 mètres carrés. Les disques ont  $2^m,30$  de diamètre et font 16 tours par minute.

Le moût tombe entre les disques en mouvement, s'évapore et se refroidit au contact du courant d'air que l'exhausteur produit par aspiration.

Les disques, en plongeant dans le moût, se recouvrent d'une couche mince de liquide qui s'évapore et se renouvelle constamment par suite de leur mouvement de rotation.

L'appareil de Gontard n'est pas seulement un réfrigérant, mais il sert aussi à la saccharification; c'est ainsi qu'à l'usine de Mockau on verse successivement le malt dans cet appareil au moyen de seaux. Il serait plus commode de l'introduire au moyen d'un appareil à lait de malt placé au-dessus.

Cet appareil a un grand avantage sur tous ceux qui utilisent l'eau comme agent de réfrigération; en effet, son pouvoir réfrigérant n'est pas diminué par le dépôt de matières calcaires, mauvaises conductrices de la chaleur. Il est très facile à conduire et produit un excellent résultat. Son action, qui est produite surtout par l'évaporation, est très énergique. Il en résulte une concentration du moût qui a permis à Gontard de travailler des betteraves avec des pommes de terre et d'obtenir cependant des moûts concentrés.

Voici, d'ailleurs, quelques chiffres que Stenglein donne à l'appui

de l'efficacité de cet appareil, (*Zeitschrift für Spiritus-Industrie*, 1882, page 330) :

1° Il dit d'abord que l'on ne peut constater des inégalités de température du moût dans la cuvette et que par suite l'appareil de Gontard constitue une bonne cuve à saccharifier.

2° On peut, lorsque la température extérieure est de 20° C., abaisser en 3 heures  $\frac{1}{4}$  celle du moût à 15 ou 16° C.

3° On peut donc, sans employer de circulation d'eau froide, abaisser la température du moût d'environ 3° au-dessous de celle de l'atmosphère.

4° L'action principale de ce réfrigérant est due à l'évaporation produite par l'action du courant d'air sur les disques recouverts d'une couche mince de liquide.

5° On peut, en refroidissant les moûts d'après ce procédé, augmenter la concentration d'environ 1<sup>o</sup>,5 du saccharomètre.

L'appareil de Gontard offre, en somme, de grands avantages sur les autres réfrigérants à air, et il doit à la simplicité de sa construction et à son bon marché la faveur dont il jouit dans les distilleries qui n'ont pas facilement de l'eau à leur disposition.

Remarquons, en passant, que l'inventeur de cet appareil se propose d'adopter le principe qui est la base de son réfrigérant, à l'évaporation et à la concentration des liquides en général.

## II. APPAREILS POUR LE REFROIDISSEMENT DES MOÛTS AU MOYEN DE L'EAU.

Lorsqu'on était encore sous le régime de l'ancienne assiette d'impôt, on fermentait à de très basses densités, ce qui permettait de refroidir les moûts par une simple addition d'eau. Par suite de l'impôt sur la capacité des cuves, les distillateurs ont intérêt à travailler avec des jus concentrés, ce qui exclut la possibilité de leur ajouter de l'eau. Aussi, ne peut-on refroidir maintenant les moûts, au moyen d'eau, que par l'intermédiaire de surfaces métalliques,

bonnes conductrices de la chaleur. On construit divers appareils qui réalisent cette condition. On peut les diviser en deux catégories :

1° Les appareils refroidissant les moûts en dehors de la cuve à saccharifier ;

2° Les cuves à saccharifier munies d'un appareil réfrigérant à eau froide.

Le principe de tous les réfrigérants à eau doit être le suivant : chaque goutte de moût à refroidir doit, à son tour, être mise en contact avec la surface métallique réfrigérante. Cela est nécessaire car, les moûts étant très mauvais conducteurs de la chaleur par suite de leur manque de fluidité, la température ne se met que lentement en équilibre dans toute la masse. Il est donc essentiel pour obtenir un refroidissement rapide et une utilisation complète de l'eau, de faire en sorte de renouveler constamment la surface du liquide en contact avec la surface réfrigérante.

#### (a) Réfrigérants à circulation méthodique

Nous appelons appareils à circulation méthodique ceux dans lesquels la marche des jus à refroidir se fait en sens inverse de celle de l'eau froide. Ce principe a été appliqué en premier lieu par Liebig dans son réfrigérant, bien connu. Un tuyau en métal, de petit diamètre, est placé à l'intérieur d'un tuyau métallique plus gros. Le moût à refroidir passe dans le petit tuyau, tandis que l'eau coule dans l'espace annulaire. Les entrées des deux liquides sont disposées de telle façon que l'eau froide est mise de suite en contact, par l'intermédiaire de la surface métallique, avec les moûts qui ont déjà été refroidis en partie, tandis que le moût, à son entrée dans l'appareil, se trouve d'abord en contact avec l'eau ayant déjà absorbé une grande partie de chaleur et ayant déjà, par suite, une température élevée.

Il est clair que cette marche en sens contraire du moût et de l'eau est le meilleur moyen pour bien utiliser l'eau froide, et l'on peut démontrer, en admettant que l'eau et le moût aient la même capacité calorifique, qu'un poids donné d'eau peut refroidir un poids égal de moût de 62°,5 C., à la température convenable pour la fermentation.

Nous allons démontrer qu'en refroidissant ainsi à l'aide de deux

tuyaux concentriques (voir la fig. 133), en supposant que le moût et l'eau aient la même capacité calorifique, on peut, avec un certain poids d'eau à 11° C., refroidir de 62°,5 C. à 12°,5 C. un poids égal de jus. Pour cela, divisons les tuyaux dans lesquels passent les deux liquides en 40 parties, par exemple, correspondant chacune à un refroidissement d'un degré et demi et supposons que les liquides se meuvent assez lentement pour qu'ils puissent se mettre en équilibre de température. Le moût sortant de la dernière section, qui a une température de 14° C., sera environné d'eau ayant 11° C. En admettant la possibilité de l'équilibre de la température, la température la plus basse que pourra avoir le moût à sa sortie, sera donc :

$$1^{\circ} \quad \frac{14 + 11}{2} = 12^{\circ},5 \text{ C.}$$

et l'eau s'acheminant vers la précédente section aura également cette température.

Représentons-nous cette deuxième section, le moût y aura 15°,5 C. et sera en contact avec de l'eau ayant 12°,5. Les deux liquides prendront donc la température de 14° C.

$$2^{\circ} \quad \frac{12,5 + 15,5}{2} = 14^{\circ} \text{ C.}$$

D'après le principe de la circulation méthodique, le moût sortira de la deuxième section à 14° C., tandis que l'eau entre dans la suivante à cette même température et, s'y trouvant en contact de moût ayant 17° C., se met en équilibre de température avec lui à 15°,5 C.

$$3^{\circ} \quad \frac{14 + 17}{2} = 15^{\circ},5 \text{ C.}$$

En analysant ainsi successivement ce qui se passe dans les 40 sections, on arrive à la première, et l'on voit que l'eau y entrant à la température de 59°,5 C. et s'y trouvant en contact avec du moût ayant 62°,5 C., en sort à 61° C.

Nous avons donc démontré qu'un certain poids d'eau à 11° peut refroidir de 62°,5 à 12°,5 un même poids de moût.

On ne peut pas réaliser cette perfection dans la pratique, car on ne peut jamais arriver à faire couler les deux liquides assez lentement pour qu'ils se mettent complètement en équilibre de température.



L'usage des réfrigérants montre qu'il n'est pas possible, en pratique, de refroidir le moût à la température de l'eau dont on se sert pour la réfrigération ; la chaleur ne se propage que lentement de l'intérieur de la masse à refroidir à l'eau qui l'entourne, par l'intermédiaire des parois métalliques, et il faudrait un temps beaucoup trop long pour obtenir l'effet théorique que nous venons d'exposer.

On est souvent obligé, en pratique, d'économiser du temps aux dépens de la quantité d'eau employée et de laisser celle-ci s'échapper de l'appareil avant qu'elle ait produit tout son effet ; il est donc d'un grand intérêt pour l'industriel, de pouvoir se rendre compte de la quantité d'eau à employer avec un réfrigérant à circulation méthodique, sachant qu'on ne peut utiliser l'eau d'une manière complète.

Les données suivantes seront, à cet égard, de quelque utilité :

1° On appelle unité de chaleur, ou *calorie*, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré C. la température de 1 kilogr. d'eau.

2° Si une quantité d'eau déterminée s'est échauffée en refroidissant un moût d'un certain nombre de degrés C., mettons de 40° par exemple, chaque kilogr. de cette eau a enlevé au moût un nombre égal de calories, soit dans le cas présent, 40 calories.

3° Un kilogr. de moût cède, en se refroidissant, autant de calories que sa température a perdu de degrés C.

A l'aide de ces données, on peut facilement calculer la dépense d'eau qu'exige un réfrigérant, lorsqu'on sait à quelles températures l'eau et le moût entrent dans l'appareil et à quelles températures ils en sortent.

Supposons, par exemple, qu'on ait à refroidir à 15° C. un moût ayant en moyenne 60° C.

Chaque kilogr. de moût devra donc céder  $60 - 15 = 45$  calories.

Nous supposons que l'eau ait 10° C. et sorte du réfrigérant à une température de 30° environ, chaque kilogr. d'eau se sera donc emparé de :

$$30 - 10 = 20 \text{ calories.}$$

Or, comme chaque kilogr. de moût doit perdre 45 unités de chaleur, il faudra donc pour s'emparer de ces 45 calories :

$$\frac{45}{20} = 2 \text{ k. } 25 \text{ d'eau}$$



Ce calcul serait absolument rigoureux aux conditions suivantes :

- 1° Si la chaleur spécifique de l'eau était la même que celle du moût ;
- 2° Si le réfrigérant, pendant le cours de l'opération , ne cédait pas ou n'empruntait pas de la chaleur au milieu environnant ;
- 3° S'il ne se produisait pas de mélange des diverses couches dans les tuyaux.

Ces conditions ne sont pas réalisées dans la pratique ; les chaleurs spécifiques de l'eau et du moût ne sont pas les mêmes ; il se perd naturellement de la chaleur par rayonnement , et il est clair , enfin , que dans les réfrigérants les choses ne se passent pas comme dans l'appareil idéal que nous avons étudié , mais qu'il se produit un mélange des diverses couches, aussi bien pour l'eau que pour le moût.

La première application industrielle du principe du refroidissement méthodique a été faite par *Naegeli* à *Wegeleben* , près d'*Halberstadt*. *Maercker* croit que ce sont les distilleries d'*Adersleben*, de *Saint-Burhard*, près d'*Halberstadt* et d'*Emersleben*, qui emploieraient les premières les réfrigérants tubulaires de *Naegeli*, aujourd'hui si répandus.

Ce réfrigérant simplifié se compose : d'un système de gros

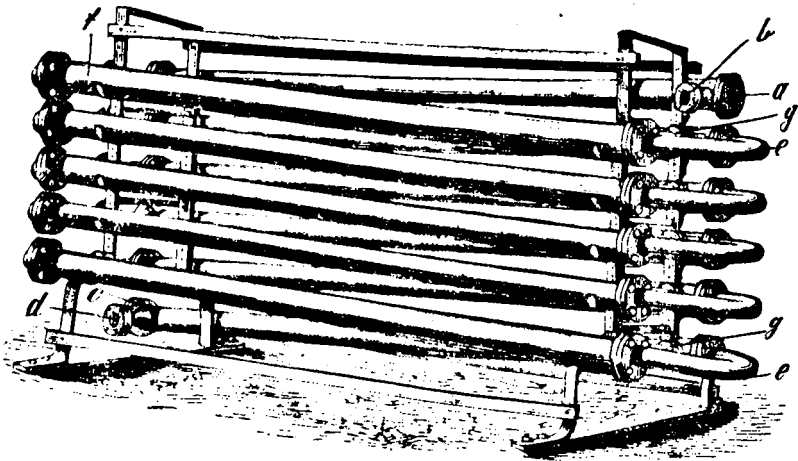


Fig. 134.

tuyaux *f*, destinés au passage de l'eau froide et qui contiennent

un autre système de tuyaux de petit diamètre *a*, dans lesquels passe le moût. Les tuyaux ont une inclinaison voulue pour que le moût, entrant en *a* dans le tuyau supérieur, s'écoule de lui-même par suite de la pente et sorte refroidi en *c*.

L'eau entre, au contraire, à la partie inférieure de l'appareil, en *d*, et remonte dans les tuyaux jusqu'en *b*, où elle sort, par la pression produite par un réservoir élevé ou au moyen d'une pompe foulante.

Les dimensions usuelles de ce réfrigérant, pour une capacité de cuve de 4000 litres, sont les suivantes :

Longueur des tuyaux.....	120 à 140 m.
Diamètre des tuyaux extérieurs.....	12 cm.
Diamètre des tuyaux intérieurs.....	7 cm.

MM. Venuleth et Ellenberger ont modifié le réfrigérant tubulaire de Naegeli, qui est coûteux et d'un nettoyage difficile, et sont arrivés à construire un appareil (dont nous donnons fig. 135 et 136 les vues de face et de profil), qui n'offre pas les inconvénients que nous venons de signaler.

Le réfrigérant de Venuleth et Ellenberger a pour principe, comme celui de Naegeli, la marche *méthodique* des deux liquides.

Le moût circule aussi dans des tuyaux de petit diamètre qui sont entourés d'eau ; quant à celle-ci, elle ne coule pas dans des tuyaux concentriques, comme dans l'appareil de Naegeli, mais dans une caisse en tôle, divisée dans le sens de la hauteur en 9 compartiments étanches par des lames de tôle boulonnées aux parois.

L'eau servant à refroidir entre en *b*, à une extrémité du compartiment inférieur, le parcourt dans toute sa longueur et remonte à l'autre bout dans le compartiment supérieur et ainsi de suite.

Le moût à refroidir est refoulé au moyen de la pompe *i*, à la partie supérieure de l'appareil en *h*, dans un réservoir d'air, d'où il est conduit dans le réfrigérant proprement dit, par 3 tuyaux munis de robinets et pouvant être à volonté retirés du circuit. Le moût circule ensuite dans les tuyaux en sens inverse de la marche de l'eau et ressort en *c*.

Les trois tuyaux servant à la circulation du moût présentent une

section ovale, ayant pour diamètres intérieurs 5,2 et 2,5 cm. On peut voir par la figure 136 en *i*, quelle est leur disposition. Ces tuyaux sont assemblés, d'un compartiment à l'autre, par des coudes en fonte, boulonnés aux tuyaux et pouvant s'enlever facilement, ce qui permet de visiter sans peine les tubes.

La lettre *g* du dessin représente le réservoir à air, muni d'un manomètre servant à contrôler la pression, ce qui est bien nécessaire, car si la pression s'élevait trop haut par suite de l'épaisseur du moût ou de la marche trop rapide de la pompe, cela pourrait faire éclater les tuyaux.

*e* et *f* sont des tuyaux servant à vider le réservoir à air et à l'introduction d'eau pour le nettoyage.

Les réfrigérants nouvellement construits possèdent, en outre, un accessoire qui n'est pas représenté dans les dessins ci-dessus : c'est un récipient en tôle assez haut, dans lequel on fait passer le tuyau amenant l'eau au réfrigérant.

Si la température de l'eau qu'on a à sa disposition, n'est pas assez froide pour amener le moût à la température voulue pour la fermentation, on met de la glace dans ce vase et l'on refroidit ainsi l'eau au point voulu.

Par ses dispositions spéciales, le réfrigérant de Venuleth et Ellenberger évite un grand nombre des inconvénients de celui de Naegeli.

Entr'autres il est notablement meilleur marché, un appareil pour un encuvage de 4000 litres ne coûtant environ que 2500 fr. Il est, en outre, plus facile à installer que le réfrigérant de Naegeli, dont les 100 à 150 mètres de tuyaux ne peuvent trouver place que dans un endroit spacieux. Citons encore à l'avantage de l'appareil Venuleth la section ovale de ses tuyaux et leur position horizontale, qui permet que les premiers soient toujours pleins et enfin, ce à quoi Maercker attache la plus grande importance, la facilité avec laquelle on peut en opérer le nettoyage.

Lorsqu'on a fait passer dans le réfrigérant les dernières parties du moût à refroidir, on y pompe de l'eau jusqu'à ce qu'on ait entraîné les dernières gouttes de jus, puis on ferme deux des robinets représentés en *h* et l'on fait arriver de l'eau par le tuyau *c*, pour nettoyer, l'un après l'autre, les systèmes de tubes.

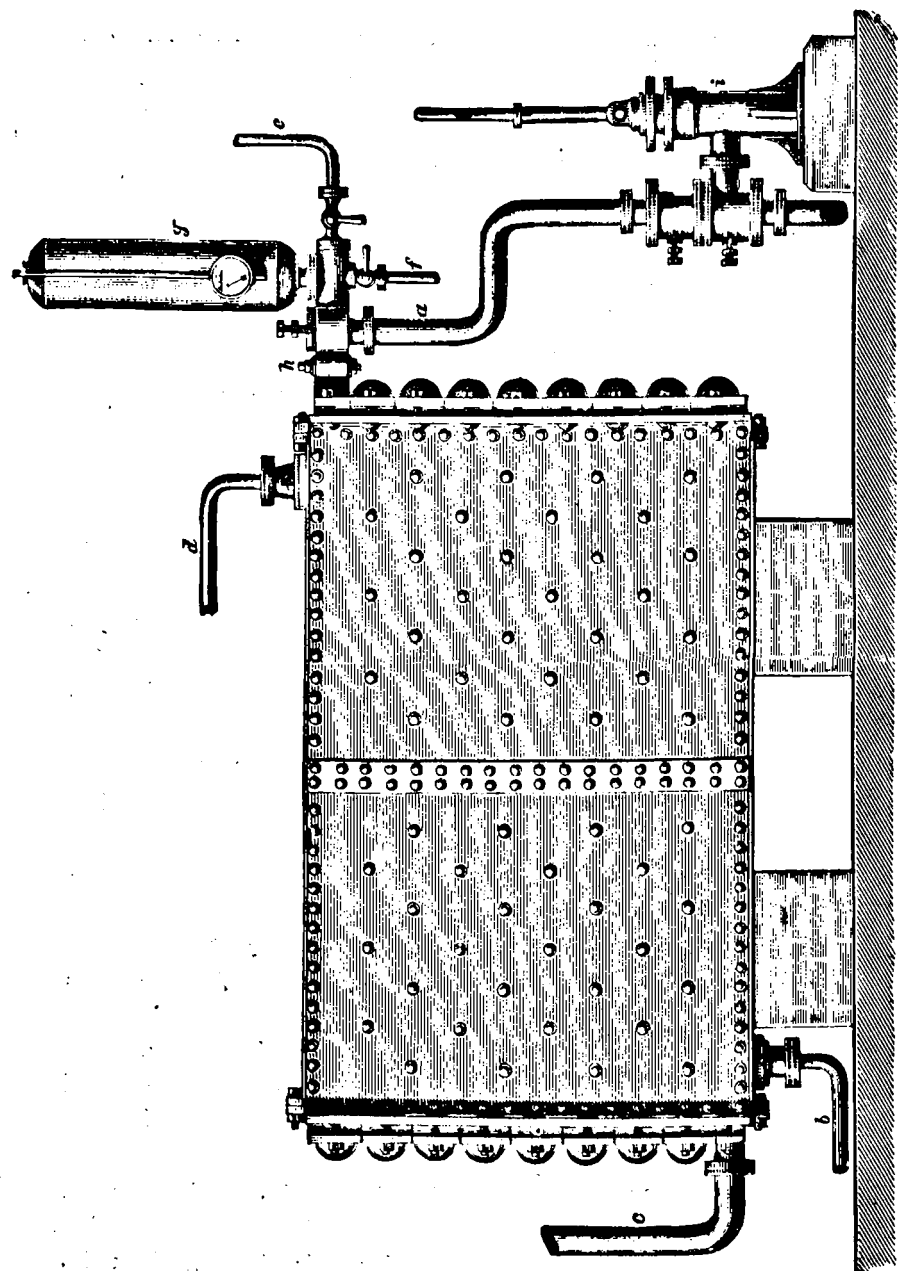
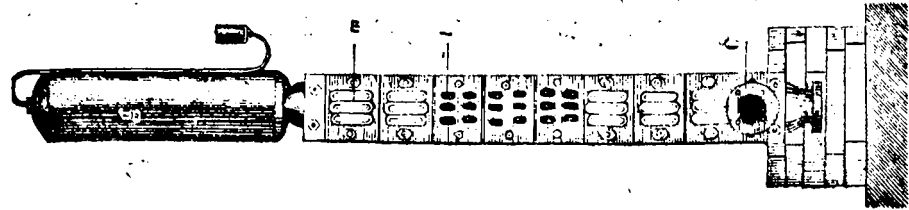


Fig. 135.

Fig. 136.



Comme l'on n'a qu'à enlever deux boulons pour défaire les coudes *m*, on peut facilement vérifier si les tuyaux sont propres.

Ce réfrigérant a encore un autre avantage, c'est que si l'un des tuyaux se crève ou exige une réparation quelconque, on peut continuer à se servir de l'appareil; on n'a, en effet, qu'à fermer le robinet laissant pénétrer le moût dans le système de tubes défectueux et l'on fait fonctionner l'appareil seulement avec les deux autres systèmes de tuyaux.

Il faut, enfin, signaler encore à l'avantage de cet appareil la facilité qu'offre le détartrage des tuyaux, qui peuvent être facilement enlevés.

Pour retirer du réfrigérant de Venuleth et Ellenberger tous les avantages qu'il peut offrir, il faut y faire passer des moûts bien homogènes, ne tenant pas en suspension de gros fragments de grains et ayant, par suite, passé dans des appareils broyeurs.

Dans ces conditions, cet appareil est irréprochable et constitue un grand progrès dans la construction des réfrigérants. Il exige pour refroidir un litre de moût à 15°,5 C. environ, 1,3 litre d'eau à 11° C.

Nous avons reçu de nombreuses attestations de son bon fonctionnement.

*Paucksch* a modifié un peu les réfrigérants tubulaires, ainsi que l'indique la figure suivante.

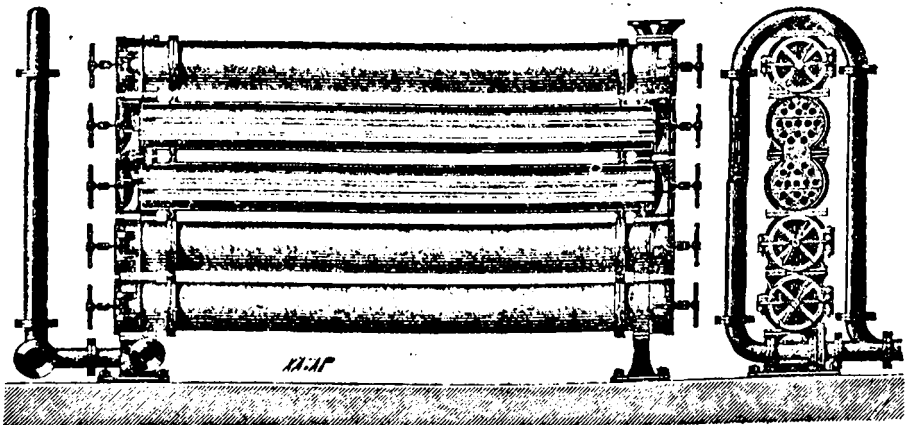


Fig. 137.

Son appareil se compose d'un certain nombre de faisceaux de tubes, placés les uns sur les autres.

Plus on dispose d'eau et plus elle est froide, moins on a besoin d'étages pour obtenir un effet donné.

Chacun de ces étages se compose d'une enveloppe cylindrique en fonte, fermée à ses deux extrémités et divisée dans le sens de sa longueur en un certain nombre de compartiments par des cloisons également en fonte et formant une seule pièce avec elle.

Cette enveloppe est traversée par 15 tuyaux placés parallèlement aux cloisons; elle les dépasse d'une certaine quantité aux deux extrémités et forme ainsi à l'arrière et à l'avant des tuyaux 2 chambres qui sont fermées chacune par un couvercle mobile d'un maniement facile.

L'eau circule autour des tubes en laiton, tandis que le moût est refoulé à l'aide d'une pompe à l'intérieur de ces tuyaux.

Les cloisons sont disposées de façon à ce que le moût ne passe que par 5 tubes à la fois, il est ainsi obligé de faire 3 circuits dans la même enveloppe avant de pénétrer dans la suivante. L'eau a une circulation analogue, mais en sens contraire; elle entre à la partie inférieure de l'appareil tandis que le moût y entre à la partie supérieure.

Il faut avoir soin, lorsqu'on met l'appareil en marche, d'ouvrir un robinet destiné à laisser s'échapper l'air pendant que les tuyaux se remplissent de moût.

Le nettoyage des tuyaux et des compartiments est très facile, grâce aux couvercles mobiles dont ces derniers sont munis, mais les tuyaux ne peuvent être retirés pour être détartrés extérieurement, comme c'est le cas pour le réfrigérant d'*Ellenberger*.

L'appareil est, il est vrai, disposé de façon à ce que l'on puisse envoyer un jet de vapeur à la surface des tubes pour en détacher le tartre, mais quoiqu'on puisse obtenir de cette manière un effet appréciable, on ne peut pas nettoyer les tubes de cette façon que bien imparfaitement.

Ce réfrigérant exige environ  $1\frac{1}{3}$  à  $1\frac{1}{2}$  litre d'eau à  $11^{\circ}$  C. pour refroidir un litre de moût à  $15,5^{\circ}$  C.

*Véry* (brevet allemand 24923) a construit un réfrigérant d'un aspect semblable à celui de *Paucksch*, mais produisant un refroidissement

dissement plus rapide. Cet effet est dû à ce que chaque tuyau est composé de 3 tubes concentriques, placés les uns dans les autres. L'eau passe dans le tuyau central et dans l'espace annulaire extérieur; le moût passe dans l'espace annulaire intermédiaire. La fig. 138 suffit pour comprendre la disposition de cet appareil et sa puissance.

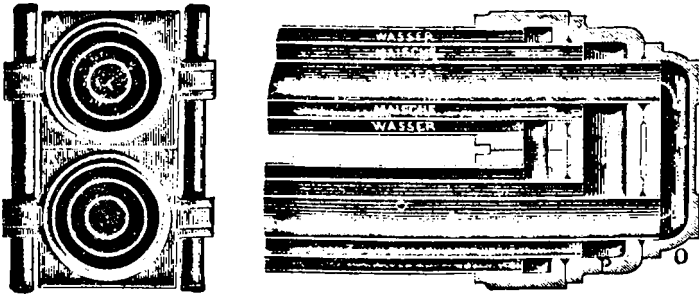


Fig. 138.

L'auteur a vu dans plusieurs distilleries hongroises un réfrigérant à marche méthodique qui est construit par *Huber et Alter*, de Carolinenthal près de Prague. Cet appareil très solide est surtout destiné aux grandes usines produisant 200 à 300 hectolitres d'alcool par jour. Ce réfrigérant se compose de divers systèmes de tuyaux placés les uns au-dessus des autres. Le moût arrive d'abord à la partie inférieure de l'appareil et monte d'étage en étage, tandis que l'eau arrivant à la partie supérieure suit la marche inverse. La disposition de ce réfrigérant est très rationnelle, chaque système de tuyaux horizontaux pouvant fonctionner à lui seul ou être relié à volonté avec les systèmes supérieurs et inférieurs. On peut ainsi procéder à un nettoyage partiel, quand on le juge nécessaire.

Le réfrigérant de *Thon de Sontra* qu'il appelle réfrigérant à spirales et que *Otto Hentschel*, de Grimma (Saxe), a perfectionné est d'une construction toute différente (fig. 139). Il affecte la forme d'une auge recouverte, dans laquelle se meut un arbre *d* qui est creux. Une hélice métallique également creuse est soudée à cet arbre. L'eau dont on règle l'entrée par le robinet *M* circule dans l'hélice et sort en *K*; l'auge est formée d'une double cloison dans laquelle on fait aussi passer de l'eau froide.

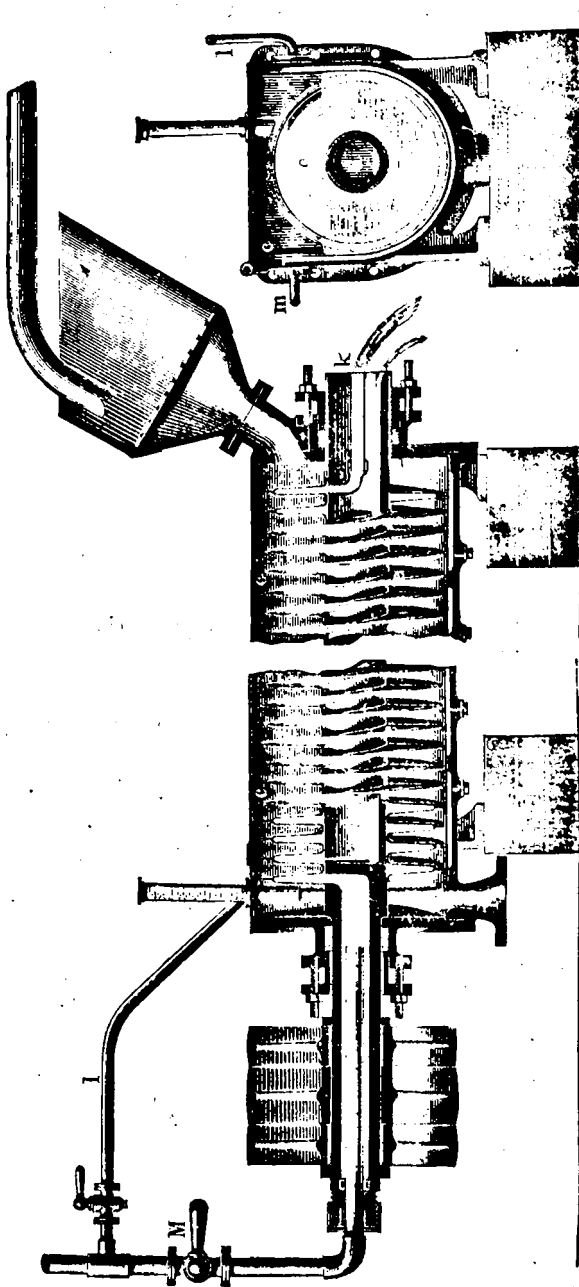


Fig. 139.



Le moût entre en *a* et sort en *f*.

Le réfrigérant à hélice de Hentschel donne d'après *Stenglein*, d'excellents résultats.

Le refroidissement s'effectue non-seulement par l'eau froide, mais aussi par évaporation comme dans l'appareil de *Gontard*, car les spirales plongent dans le moût à chaque tour et se recouvrent d'une couche de moût très mince, qui s'évapore facilement.

Dans un essai qui a été fait avec cet appareil on a enlevé 40430 calories à l'aide de l'eau et 51970 à l'aide de l'air. On a refroidi 2800 litres de moût en 34 minutes avec 1359 litres d'eau à 2° R., la température extérieure étant de 3° R. ; la dépense d'eau a donc été de 0,48 litre par litre de moût.

Cet appareil offre, en outre, l'avantage de permettre pendant le cours de la réfrigération l'addition de la levure à la température que

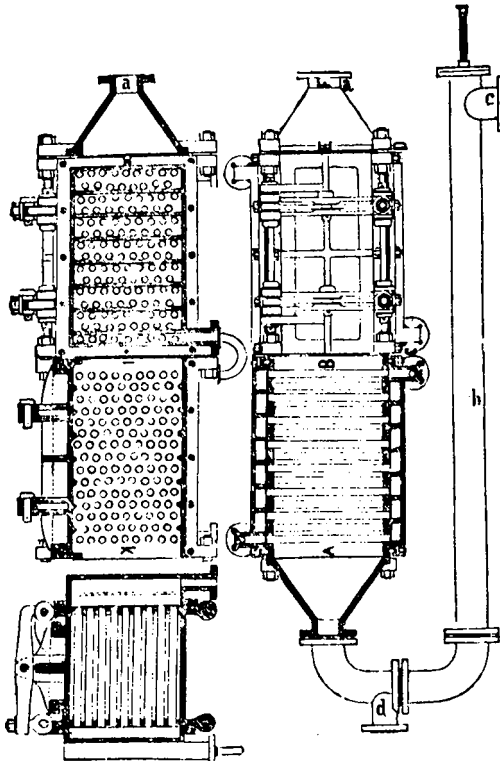


Fig. 140.

l'on désire ; il est, en effet, très facile en réglant la marche de l'hélice d'obtenir la température la plus propre à la levure. *Hentschel* a muni son réfrigérant, en vue de l'addition de la levure, d'un entonnoir pouvant se déplacer dans le sens de la longueur de l'auge et que l'on remplit de levain. Une roue à palettes, placée au fond de l'entonnoir, est mise en mouvement par l'intermédiaire d'une courroie ou d'un engrenage, et règle la distribution du levain qui tombe par petites fractions dans le moût que l'on refroidit.

Un autre réfrigérant à eau et à air est celui de F. Rath de Neuhaldensleben (brevet allemand 3450).

Cet appareil se compose d'une auge circulaire dans laquelle tourne un arbre portant des palettes creuses dans lesquelles l'eau circule. Le moût se tient à un niveau constant, un peu au-dessous de l'arbre principal. Les palettes, en tournant, se remplissent de moût qu'elles enlèvent et déversent de l'autre côté. Il se produit ainsi une agitation du liquide qui met constamment une nouvelle partie du moût au contact des surfaces refroidissantes. On aide à la réfrigération en aspirant un fort courant d'air à travers le moût à l'aide d'un *exhausteur* ; aussi le réfrigérant de Rath n'exige-t-il qu'une faible dépense d'eau.

La fig. 140 représente le réfrigérant de R. Ilgès de Cologne-Bayenthal (brevet 7233, année 1879).

Cet appareil se compose d'un vase à section rectangulaire renfermant un certain nombre de rangées de tubes horizontaux dans lesquels doit passer l'eau servant à refroidir. Ces tuyaux disposés ainsi en rangées les uns au-dessus des autres sont réunis par deux plaques tubulaires. Des chicanes horizontales, reliant ces plaques aux parois du vase, obligent l'eau à passer d'une rangée à l'autre. Le moût, refoulé par une pompe, entre dans le réfrigérant par la tubulure *a*, traverse tout le vase, se refroidit au contact des tubes et sort par le tuyau *b*.

Le fonctionnement de cet appareil est très rationnel, car, par suite de la différence des poids spécifiques des diverses couches, ce ne sont que celles qui sont refroidies qui quittent le réfrigérant.

Disons encore à l'avantage de cet appareil qu'il ne s'engorge pas et que les tuyaux peuvent être nettoyés facilement, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur.

#### *b) Cuves à saccharifier munies d'appareils réfrigérants.*

Le mérite d'être parvenu à refroidir les moûts dans la cuve à saccharifier revient à la maison *Hampel* de Dresde, qui arriva la première à abaisser en peu de temps la température de ses jus, sans les faire passer par un réfrigérant spécial.

Dans le chapitre des « cuves à saccharifier » nous en avons décrit de nombreuses qui sont disposées de façon à pouvoir refroidir les

moûts. Citons parmi celles-là, celle de *Camin et Neumann, Otto Hentschel*, de Grimma, *F. Eckert*, de Berlin, *Johann Hampel, Schmidt*, de Kustrin, *Pluntsch*, de Stolp., *C.-G. Bohm*, etc. etc.

Le refroidissement des jus dans les cuves à saccharifier s'effectue, en partie, par circulation d'eau dans les doubles parois de la cuve et, en partie, par des installations spéciales disposées dans les cuves. Ce sont ces appareils qui produisent la majeure partie de la réfrigération.

Aussi bien des constructeurs ont-ils renoncé à la circulation d'eau dans les parois. Cette circulation d'eau produit de bons effets dans l'appareil de *Pampe*, parce que le moût est réduit en pluie fine lorsqu'il est projeté contre les parois froides de la cuve.

Les systèmes de réfrigérants dont sont munis les cuves à saccharifier se composaient, en général, de poches creuses verticales et quelquefois horizontales dans lesquelles on faisait circuler de l'eau, mais ces poches paraissent devoir être remplacées par les tuyaux en spirales qui ont donné d'excellents résultats.

On s'est beaucoup occupé, ces dernières années, du refroidissement des jus dans les cuves à saccharifier et l'on a beaucoup écrit à ce sujet.

Les cuves à saccharifier les plus anciennes qui réalisaient ce but exigeaient 3 à 5 litres d'eau pour refroidir un litre de moût.

En perfectionnant l'appareil, en augmentant la surface réfrigérante et en adoptant une circulation d'eau rationnelle, on est arrivé à abaisser la dépense à 2 à 2,5 litres (en se servant d'eau ayant une température de 10 à 11° C.) et même pour les bons réfrigérants (tubulaires) à 1,3 à 1,5 litres.

Le refroidissement prend, en général, une heure; il y a cependant quelques appareils qui demandent moins de temps. C'est ainsi que la cuve à saccharifier réfrigérante construite par *Pauksch* permet de refroidir les moûts en 35 minutes en employant 2,5 litres d'eau pour un litre de moût.

D'après ce que dit *Jonas*, on peut avec l'appareil de *Jean Hampel* refroidir à la température de la fermentation en une heure et demie. *Rothe* cite comme dépense d'eau de cet appareil 1,818 litres d'eau pour un litre de moût. D'après *Delbrück* l'appareil de *Bohm*

exige un 1,8 litre d'eau pour refroidir un litre de moût à 18° en 75 minutes; en 50 minutes, il faudrait 2,1 litres d'eau.

Il faut remarquer, ce qui s'explique d'ailleurs très facilement, que les moûts épais de pommes de terre sont plus difficiles à refroidir que les jus plus dilués de maïs. Il faudrait, par exemple, 2,8 litres d'eau pour refroidir à 15° C. et en 69 minutes un litre de moût de pommes de terre.

Les expériences de *Delbrück* ont également établi qu'avec l'appareil d'*Eckert* il fallait 2,12 litres d'eau pour refroidir à 17° C. 1 litre de moût, en 68 minutes.

En se servant de l'appareil à spirales en cuivre de *Pluntsch*, le premier de ce système qui ait été construit, on dépense d'après *Delbrück*, 1,2 litre d'eau pour refroidir un litre de moût. A vrai dire, l'expérience qui a fourni ce résultat était faite avec de l'eau à 4° R., mais la puissance du réfrigérant de *Pluntsch* n'en reste pas moins considérable.

*Pampe* fait observer avec juste raison, au sujet du refroidissement par l'eau dans les cuves à saccharifier, qu'il ne faut pas renoncer à employer ce moyen lors même qu'on ne pourrait pas disposer d'une quantité d'eau de puits suffisante, car quelque température qu'ait l'eau d'un ruisseau ou d'un étang, elle pourra toujours abaisser la température du moût à près de 25° C. et une très petite quantité d'eau de puits suffira pour l'amener au point convenable pour la fermentation.

*Pampe* estime que le refroidissement dans la cuve à saccharifier est ce qu'il y a de plus avantageux pour les petites distilleries qui ne préparent pas plus de 5000 litres de moût par jour. Pour un travail de 5 à 9000 litres ce procédé serait encore bon, à la condition qu'on ait de l'eau en quantité suffisante pour pouvoir refroidir rapidement sans avoir à se préoccuper de la quantité d'eau qu'on a à dépenser. Pour ce qui est des usines préparant plus de 9000 litres de moût, *Pampe* estime qu'elles ont tout avantage à se servir de réfrigérants spéciaux.

Il ressort de tout ce que nous avons dit que, grâce aux perfectionnements apportés au refroidissement dans les cuves, ce procédé est très employé aujourd'hui et est destiné à se répandre encore davantage.

Les cuves à saccharifier réfrigérantes ont, cependant, bien aussi

leur côté défectueux. Tant qu'elles sont neuves, elles donnent de très bons résultats, mais les surfaces réfrigérantes se revêtent bien vite d'une couche de tartre mauvais conducteur de la chaleur et le pouvoir réfrigérant de l'appareil diminue. Cet inconvénient se présente spécialement dans les systèmes les plus nouveaux qui ont été construits pour amener le moût en une heure à la température voulue pour la fermentation, effet qui est obtenu en faisant les tuyaux ou les compartiments à circulation d'eau très étroits, ce qui les rend très sujets à s'encrasser. Ces appareils doivent donc être construits de manière à ce qu'on puisse facilement les détartrer et leur rendre ainsi leur efficacité première ; ceux dont on ne peut pas démonter les compartiments à circulation d'eau, doivent être regardés comme défectueux.

Le nettoyage de ces appareils ne peut être fait d'une manière sûre que si les parties des tuyaux ou compartiments à circulation d'eau sont boulonnées ou assemblées de manière à pouvoir être démontées facilement, et nous pouvons citer, comme réalisant le mieux ces conditions, la cuve à saccharifier et à refroidir de M. F. Eckert, dont on enlève facilement tous les tuyaux en défaisant quelques boulons. Bien des fabricants croient qu'on peut parfaitement détartrer d'autres systèmes qui ne peuvent pas être facilement démontés, en faisant passer de la vapeur dans les compartiments, mais Delbrück met en doute l'efficacité de la vapeur à ce point de vue et bien des fabricants partagent son opinion.

Les surfaces réfrigérantes des cuves à saccharifier étaient à l'origine construites en cuivre, mais plus récemment on a aussi adopté le fer pour cet usage.

La tôle n'a pas cependant donné de bons résultats à ce point de vue ; la fonte, par contre, a donné plus de satisfaction quoique les avis soient partagés sur la convenance qu'il peut y avoir à adopter ce métal. On objecte à l'emploi du fer que sa conductibilité est moins grande que celle du cuivre, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le tableau suivant donnant la conductibilité de quelques métaux :

Cuivre.....	736
Laiton.....	231
Zinc.....	190
Fer.....	119

Il s'en suit que les réfrigérants en fer doivent être plus puissants que ceux en cuivre pour obtenir un effet donné.

On ne peut nier, il est vrai, que le cuivre ne soit meilleur conducteur de la chaleur que le fer, mais, en pratique, on ne constate pas grande différence entre les réfrigérants en cuivre et ceux en fer. Ce fait provient de ce que l'on n'a pas seulement à tenir compte de la conductibilité des métaux employés, mais qu'on a à considérer, d'une part, la chaleur que le métal emprunte au moût chaud, ainsi que la facilité avec laquelle cette chaleur se communique dans l'épaisseur du métal, et, d'autre part, la chaleur que le métal cède à l'eau froide.

D'après des essais faits par *Delbrück* avec un appareil construit par *Paucksch* (*Zeitsch. fur. Spir.-Ind.* 1883, page 645), il ne paraît pas y avoir grande différence entre le fer et le cuivre au point de vue de la transmission de la chaleur du métal à l'eau.

On peut, en somme, regarder comme satisfaisante la rapidité avec laquelle le fer transmet la chaleur, de sorte que la comparaison entre le fer et le cuivre doit se faire seulement au point de vue de la solidité et du prix des poches réfrigérantes

La durée des poches à circulation d'eau en fer et même en fonte paraît être très douteuse.

Les réfrigérants en fer se conservent cependant quelquefois fort bien, et *Paucksch* qui préconise l'emploi des poches à circulation d'eau en fonte, attribue l'usure qui se manifeste dans certains appareils, à l'emploi de pommes de terre mal lavées et mêlées à du sable; les jus sucrés n'exercent pas par eux-mêmes une action sur le fer; l'oxydation de ce métal ne se produit qu'après l'introduction de la levure et presque toujours aux endroits dont le nettoyage ne peut pas se faire complètement. Nous recommanderons donc, lorsque les appareils réfrigérants en fer ne travaillent pas, de les baigner à la chaux. L'épaisseur des parois n'a pas d'influence sensible sur le pouvoir réfrigérant de l'appareil, c'est à peine si l'on peut apercevoir une différence entre des parois de 3 mm. et de 10 mm. d'épaisseur.

En résumé, *Paucksch* considère le fer comme parfaitement propre à la construction des appareils réfrigérants, si l'on tient compte des observations précédentes. Ajoutons que l'on conseille de divers côtés d'enduire le fer de laque ou de sulfate de fer pour prolonger sa durée. *Jonas* de *Teschendorf* rapporte cependant que les poches à

circulation d'eau d'un appareil en fer de Hampel avaient été mises rapidement hors d'usage quoiqu'il leur eût donné deux couches d'enduit pendant la campagne.

Les données sur le service que l'on peut attendre du fer pour la construction des poches réfrigérantes sont donc des plus contradictoires, mais la pratique apprend, en somme, qu'on ne peut pas compter sur la durée de ces organes lorsqu'ils sont construits en fer.

Ce que nous disons du peu de résistance du fer est encore plus vrai lorsqu'on se sert des nouvelles cuves à saccharifier dans lesquelles, grâce à l'agitateur perfectionné et puissant dont elles sont munies, le moût est projeté violemment contre les surfaces réfrigérantes. Il en est de même des réfrigérants à force centrifuge et des appareils auxquels sont adaptées des roues à ailettes. L'auteur a vu, par exemple, dans des distilleries hongroises des cuves munies de palettes obliques en fer qui étaient mises rapidement hors d'usage, quoiqu'elles n'eussent à refroidir que des jus ne renfermant pas du tout de sable.

Le fer est meilleur marché que le cuivre, mais il s'use plus vite et oblige par suite le distillateur à être toujours muni de pièces de rechange, s'il ne veut pas être exposé aux arrêts de fabrication; de plus, les pièces hors d'usage n'ont aucune valeur comme métal. On doit donc regarder l'emploi du cuivre comme plus avantageux.

Ajoutons encore, d'après *Camin* et *Neumann*, que la surface rugueuse du fer doit s'entarter plus facilement que celle du cuivre qui est unie.

### III. RÉFRIGÉRANTS OU L'ACTION DE L'EAU EST AUGMENTÉE PAR L'ÉVAPORATION.

Nous devons comprendre dans cette classification les appareils construits par *Lawrence*, qui ont été perfectionnés par *Theisen*, de Leipzig.

L'appareil de Theisen se compose de deux lames de cuivre verticales à ondulations horizontales, reliées par des cloisons en fonte et en tôle (fig. 141). *A*, Surface réfrigérante ondulée; *B* arrivée des moûts. *c*, caniveau distributeur. *d*, dispositif munie de deux cylindres tournants pour bien répartir les moûts. *e*, commande des

cylindres. *f*, caniveau pour rassembler les jus refroidis, *g*, abduction des jus, *h*, arrivée de l'eau, *i*, sortie de l'eau.

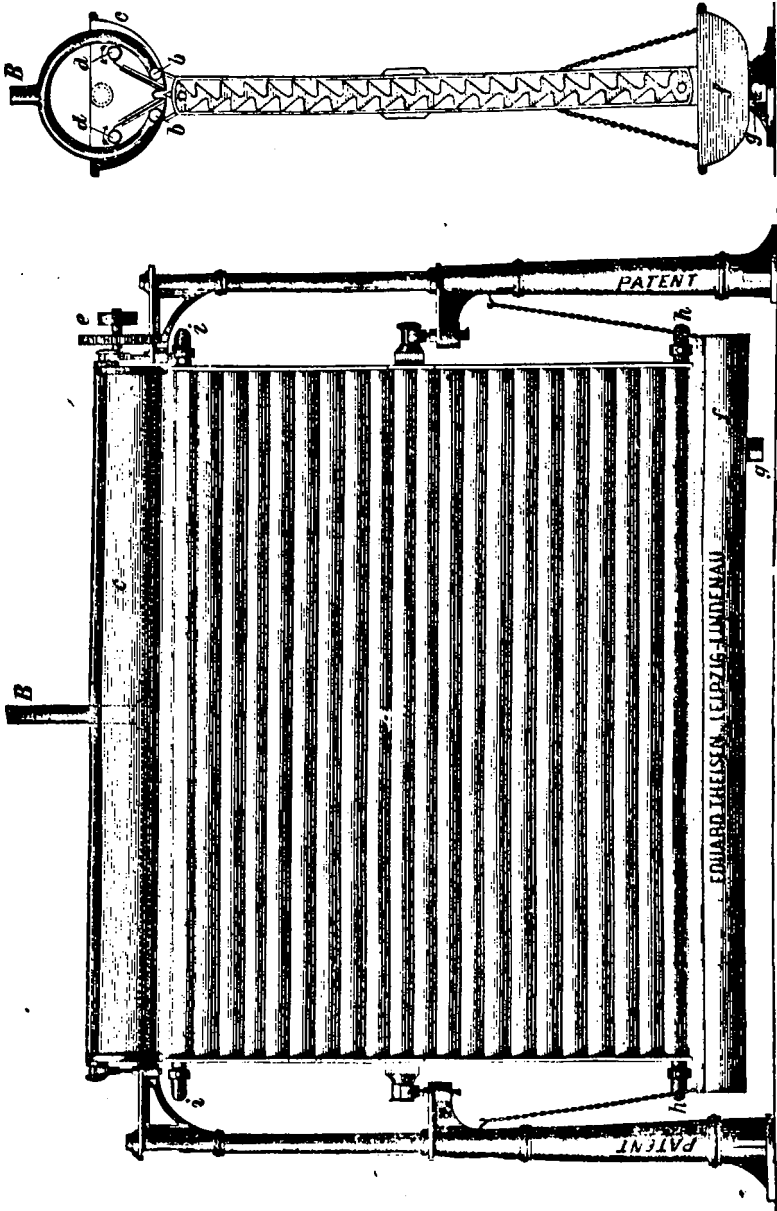


Fig. 141.

Le moût arrive dans un caniveau situé à la partie supérieure



de l'appareil, descend le long de la surface extérieure de la plaque ondulée et est recueilli dans une auge, tandis que l'eau passe entre les 2 plaques de cuivre en circulant de bas en haut. Les principaux inconvénients que présentait, à l'origine, ce genre de réfrigérant pour le travail des moûts épais de pommes de terre, étaient l'impossibilité de répartir uniformément le moût sur la surface réfrigérante et la tendance de celui-ci à sauter d'un degré à l'autre sans suivre la surface des ondulations.

Le système que nous venons de décrire, remédie au premier inconvénient, en forçant le moût à passer par-dessus deux lames en tôle inclinées qui se terminent, à la partie supérieure, aux deux cylindres creux tournant *dd*. Le moût est ainsi uniformément réparti dans le caniveau distributeur et la rotation des cylindres empêche le dépôt de débris de pommes de terre. On peut arriver au même résultat en munissant ce réfrigérant de petits arbres revêtus de caoutchouc et qui sont animés d'un mouvement de rotation pendant le passage du moût.

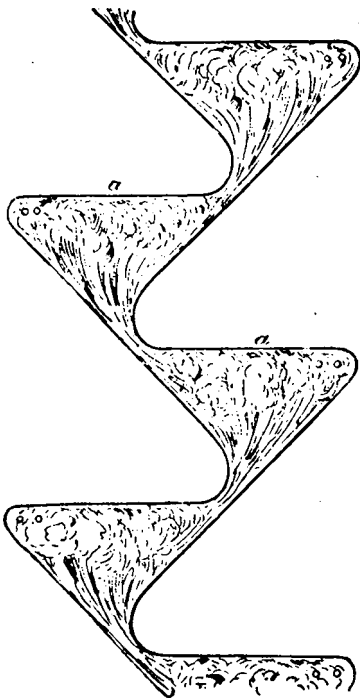


Fig. 142.

Pour empêcher le moût de sauter d'un gradin à l'autre, on a donné à ceux-ci bien des dispositions qui ont abouti à celle qui est représentée par la fig. 142. Chaque ondulation est formée de deux parties, la supérieure est presque horizontale, tandis que l'inférieure est inclinée à 45°.

Dans ces appareils, l'eau froide est naturellement le principal agent réfrigérant et l'effet obtenu est très grand, l'eau circulant en sens inverse des jus et agissant sur une couche très mince de liquide.

L'équilibre de température

se fait, en outre, très rapidement, grâce à la surface réfrigérante.

L'évaporation joue aussi un rôle important dans cet appareil et accélère le refroidissement; aussi, paraît-il, qu'il refroidit les moûts à la température de la fermentation, en dépensant moins d'eau que les réfrigérants tubulaires (un litre d'eau pour un litre de moût, au lieu de 1 1/3 litre).

On doit encore citer, comme étant basé sur l'action combinée de l'évaporation et de l'eau froide, la cuve à saccharifier et à refroidir de Pampe. Cet appareil consiste principalement en une cuve, sur les parois extérieures de laquelle on fait ruisseler de l'eau froide; un exhausteur, placé dans la cheminée qui surmonte cette cuve fermée, accélère encore le refroidissement.

Les essais suivants d'*Heinzelmann* montrent dans quelle proportion l'emploi de l'exhausteur peut avoir de l'influence :

Durée de la saccharification.	minutes.	Durée du refroidissement.	minutes	Quantité d'eau pour 1000 lit. de moût.
Essai I. Sans eau froide avec l'exhausteur ... ..	53	par l'eau et par l'air	83	2836
Essai II. Refroidissement par l'eau et par l'air....	24	par l'eau sans air	73	3355
Essai III. Refroidissement par l'eau et par l'air....	30	par l'eau et par l'air	83	2738
Essai IV. Refroidissement par l'eau et par l'exhausteur..	22	par l'eau et par l'exhausteur	64	1952

L'exhausteur permet donc d'épargner d'une manière notable de l'eau et du temps. Quoique d'autres essais, faits plus tard par Stenglein, n'aient pas été aussi favorables, on peut regarder l'appareil de Pampe comme un bon réfrigérant.

#### IV. REFROIDISSEMENT PAR LA GLACE.

L'emploi de la glace est toujours coûteux, mais on doit cependant y avoir recours quelquefois en été et au commencement de la campagne, pendant les mois d'août et de septembre. Aussitôt que la température extérieure est assez élevée pour qu'on ne puisse pas, à l'aide de l'eau et de l'air, refroidir les moûts à la température voulue pour la fermentation, on ne doit pas hésiter à employer la

glace, car un moût mis en fermentation à une température trop élevée, donnera inévitablement une mauvaise fermentation.

Toute distillerie qui est exposée à travailler avec une température extérieure élevée, doit posséder une glacière ou tout au moins un approvisionnement de glace. C'est même une condition *sine qua non* pour celles qui veulent travailler sans interruption. Un emploi judicieux de la glace permet de fabriquer d'une manière satisfaisante, même pendant l'été.

La glace, vu sa facilité de passer de l'état solide à l'état liquide, est toute désignée pour refroidir d'autres corps, car ce passage d'un état à l'autre ne se fait qu'avec absorption d'une grande quantité de chaleur.

Si l'on appelle unité de chaleur, ou calorie, la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré cent. la température de 1 kilogr. d'eau, il faudra pour fondre un kilogr. de glace, 79,25 calories, c'est-à-dire qu'un kilogr. de glace, en fondant, abaissera d'un degré C. la température de 79,25 kilos d'eau.

Voyons, d'après ces données, la quantité de glace qu'il faudra pour abaisser d'une quantité donnée, un certain volume de jus, problème que l'on rencontre souvent dans la pratique :

Nous admettons que le moût a la même chaleur spécifique que l'eau.

Si l'on veut amener K kilos de moût, de la température  $t_n$  à la température  $t_{n_1}$ , il faudra lui enlever K ( $t_n - t_{n_1}$ ) calories. La température finale de la glace fondue sera  $t_{n_1}$ . Or, pour échauffer X kilos de glace de 0° à  $t_{n_1}$ , il faut X ( $79,25 + t_{n_1}$ ) calories, et, comme la quantité de chaleur enlevée au moût est égale à celle absorbée par la glace, on a l'équation :

$$K (t_n - t_{n_1}) = X (79,25 + t_{n_1})$$

d'où :

$$X = \frac{K (t_n - t_{n_1})}{79,25 + t_{n_1}}$$

*Exemple :* Supposons que nous ayons à refroidir 4000 kilos de moût de 25° à 15° C., température de la fermentation, et voyons combien nous devons employer de glace :

$$K = 4000$$

$$tn = 25$$

$$tn^1 = 15$$

$$X = \frac{4000 (25 - 15)}{79,25 + 15}$$

$$X = 424,2 \text{ kgr. de glace.}$$

Lorsqu'on a, dans la pratique, un semblable calcul à faire, on peut prendre comme poids du liquide à refroidir, la contenance en litres de la cuve dans lequel il se trouve, car si, d'une part, la densité du moût est plus grande que celle de l'eau, de l'autre, il faut tenir compte de ce fait que la cuve n'est jamais pleine.

*On peut donc admettre, avec une exactitude suffisante, que dans une cuve d'une capacité connue, il y a autant de kilos de moût qu'elle peut renfermer de litres.*

Un litre de moût de 20 % au saccharomètre, par exemple, pèse 1,090 kilogr.; 4000 litres pèseront donc  $4000 \times 1,09 = 4360$  kilos; or, il faut bien admettre que dans une cuve de 4000 litres, il y a 360 litres =  $1/10$  d'espace non utilisé; donc 4000 litres de capacité correspondent à 4000 kilos de moût.

Le petit tableau suivant pourra aider dans ces calculs :

QUANTITÉ DE GLACE NÉCESSAIRE POUR 1000 LITRES DE CAPACITÉ DE CUVE.

TEMPÉRATURE du moût à refroidir.	NOMBRE DE KILOS DE GLACE POUR REFROIDIR A :			
	15° C. (12° R.)	16° C. (12°8 R.)	17° C. (13°6 R.)	18° C. (14°4 R.)
30° C. = 24° R.	159,1	147,0	135,1	123,4
28° C. = 22°4 R.	137,9	126	114,3	102,8
26° C. = 20°8 R.	116,6	105	93,5	82,3
25° C. — 20° R.	106,1	94,5	83,1	72
24° C. = 19°2 R.	95,5	84	72,7	61,7
22° C. = 17°6 R.	74,3	63	51,9	41,1
20° C. = 16° R.	53,1	42	31,2	20,6

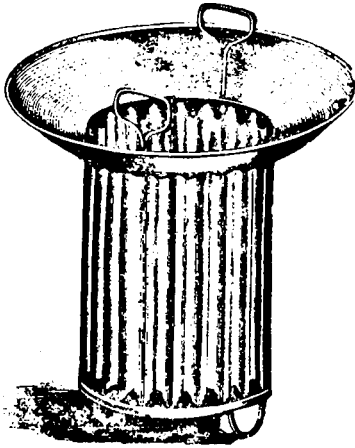


Fig. 143.

En pratique, il faudra employer un peu plus de glace, car il est impossible d'empêcher complètement l'arrivée de l'air, qui se refroidit, lui aussi, au contact de la glace. Aussi, est-il à peine besoin de dire qu'il est bon de couvrir la cuve pendant le refroidissement.

L'introduction de la glace se fait, soit dans la cuve à refroidir, soit dans celle à fermentation; dans un cas comme dans l'autre, on introduit en même temps dans les jus à fermenter, les impuretés adhérant à la glace. Pour éviter cet inconvénient, on n'a qu'à mettre la glace dans l'appareil, représenté par la fig. 143; cet appareil est très employé en brasserie et se plonge simplement dans la cuve.

### CHAPITRE III.

---

## COMPARAISON DES ANCIENS ET DES NOUVEAUX APPAREILS A CUIRE, A SACCHARIFIER & A REFROIDIR.

---

#### I. TRANSFORMATIONS PHYSIQUES DES CELLULES DE POMMES DE TERRE ET DE L'AMIDON QU'ELLES CONTIENNENT, SOUS L'INFLUENCE DE LA CUISSON.

L'ancien procédé qui consistait à cuire les pommes de terre et les

céréales à air libre ne produisait pas sur ces matières les mêmes effets physiques que la cuisson sous pression. *Par l'ancien système on obtenait bien un gonflement de l'amidon, mais non pas une dissolution complète, comme celle que l'on peut produire en employant la vapeur sous pression.*

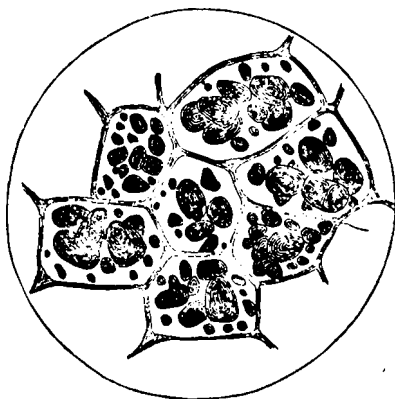


Fig. 144

(agrandie 400 fois)

Cellules d'une pomme de terre fraîche montrant  
les grains d'amidon à l'état naturel.

Examinons d'abord comment se comporte l'amidon en présence de l'eau et à l'air libre.

Les pommes de terre crues sont composées de cellules contenant l'ami-

don qui flotte dans un liquide aqueux ; la coupe représentée par la figure 144 donne l'aspect de l'ensemble de quelques-unes de ces cellules ; on y distingue très bien les grains d'amidon tranchant sur la teinte claire représentant le liquide aqueux, mais, à la vérité, chaque cellule contient un plus grand nombre de grains que ne peut le représenter la figure, sans devenir indistincte.

A côté de gros grains d'amidon il y en a de petits, et tous ceux des pommes de terre se distinguent par une échancrure caractéristique. Les cellules sont entourées par une membrane composée en majeure partie de cellulose et chacune d'elle forme un corps isolé. Elles sont cependant reliées entre elles par une substance intercellulaire qui paraît surtout appartenir au groupe des corps analogues aux hydrates de carbone, connus sous le nom de pectine, qui sont insolubles dans l'eau froide, et très difficilement solubles dans l'eau

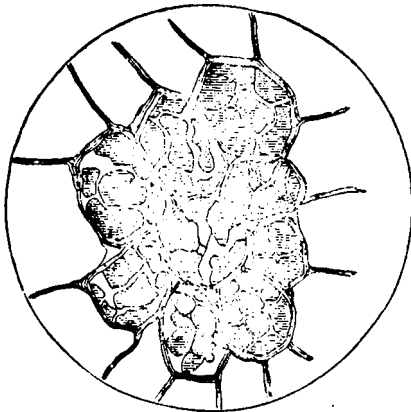


Fig. 145.

Cellules d'une pomme de terre cuite à l'eau pendant un quart d'heure, grains d'amidon ayant gonflé en partie.

bouillante à la pression ordinaire, mais qui sont changés en produits solubles lorsque l'eau est soumise à la vapeur sous pression. La substance intercellulaire remplit si complètement les vides qui existent entre les cellules qu'elles paraissent former un tout ne pouvant être disjoint.

Chaque cellule a la forme d'un hexagone irrégulier.

En cuisant, avec ou sans vapeur, les grains d'amidon, ou encore mieux en les chauffant seulement (car l'eau et la vapeur n'agissent ici que par leur chaleur), les grains d'amidon se gonflent et absorbent le liquide aqueux contenu dans les cellules (voir fig. 145).

Lorsqu'on les a chauffés pendant un temps assez court, on peut encore reconnaître les grains d'amidon de chaque cellule, quoique ils aient perdu leur forme caractéristique.

La figure 145 montre les grains d'amidon ayant absorbé la plus

grande partie du liquide contenu dans les cellules et ayant, par suite, notablement augmenté de volume. Les cellules se sont alors arrondies.

La substance cellulaire est à ce moment-là encore intacte et les cellules ne se sont pas disjointes, mais si les cellules de pommes de terre sont soumises plus longtemps à l'action de la chaleur, une heure et plus, comme on le faisait lorsqu'on cuisait à la vapeur d'après l'ancien procédé, elles ne tardent pas à se séparer. La figure 146 montre la substance intercellulaire rendue libre par la disjonction de 3 cellules.

L'amidon dans cet état est complètement gonflé et l'on ne peut plus en distinguer les grains.

Quoique la substance intercellulaire soit en grande partie rendue libre ou dissoute, les cellules conservent encore une certaine adhérence, car, même après les avoir broyées au moyen de cylindres, on trouve des cellules juxtaposées.

Celles-ci perdent alors de plus en plus leur forme angulaire. La figure 147 montre cependant qu'il y en a qui la conservent encore.

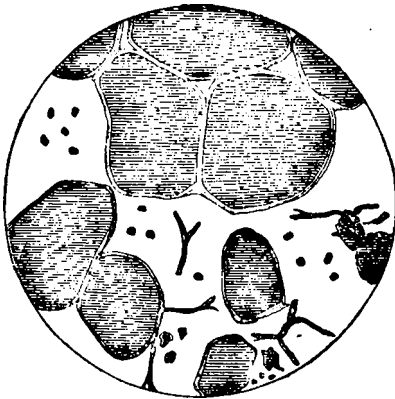


Fig. 146.

(agrandie 400 fois).

Cellules de pommes de terre, cuites à la vapeur d'après l'ancien système dans un vase ouvert et qui, après écrasement par des cylindres, sont encore adhérentes.

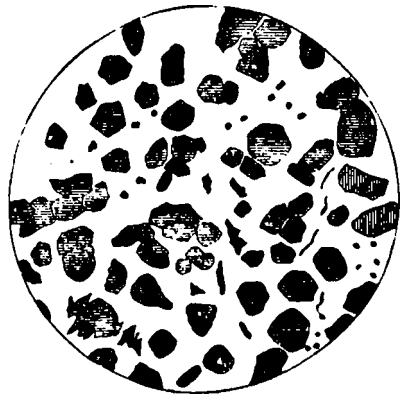


Fig. 147.

(agrandie 150 fois).

Masse de pommes de terre, cuites à la vapeur sous pression, après écrasement par cylindres.



Lorsqu'on emploie une pression supérieure, la désagrégation est plus complète.

La figure 148 représente la masse des pommes de terre obtenue par la cuisson à la vapeur,

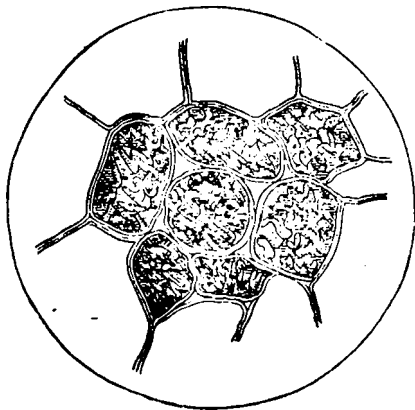


Fig. 148  
(agrandie 400 fois)

Cellule de pommes de terre, cuites sous une pression de 3 atmosphères. Les grains d'amidon sont complètement gonflés. Les cellules adhèrent encore les unes aux autres.

La substance intercellulaire est complètement dissoute, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par la figure.

On voit aussi sur cette figure un grand nombre de lignes entrelacées qui constituent un trait caractéristique de la cellule de pommes de terre après cuisson. Ces lignes sont produites par la coagulation de l'albumine soluble qui se trouve dans le liquide qui contiennent les cellules.

Il n'est pas possible de donner une reproduction de l'aspect que présente une masse de pommes de terre cuite dans les appareils à haute pression de *Hollefreund* ou de *Henze* pendant l'action de la vapeur. L'auteur avait cru pouvoir le faire dans les premières éditions de cet ouvrage, mais a dû y renoncer car l'amidon contenu dans les cellules de pommes de terre ou de toute autre matière amylicée employée, forme un empois avec l'eau que renferme le grain ou avec l'eau de cuisson. Lorsque la masse se refroidit, l'amidon se sépare de nouveau, mais on ne peut en déterminer la forme.

II. TRANSFORMATIONS CHIMIQUES QUE SUBISSENT LES  
MATIÈRES AMYLACÉES LORSQU'ELLES SONT SOUMISES  
A L'ACTION DE LA VAPEUR, SOUS PRESSION.

Quoique nous ayons déjà dit dans les chapitres précédents quelques mots des transformations que subit l'amidon sous l'action d'une pression de 2 à 4 atmosphères, nous allons les étudier plus à fond dans les paragraphes qui suivent

1. *Transformation en combinaisons solubles que subit l'amidon lorsqu'on l'expose à l'action de la vapeur sous pression.*

On croyait, à l'origine, que la vapeur sous pression n'agissait sur l'amidon des matières premières qu'en le réduisant en empois de la manière la plus complète, et l'on expliquait ainsi son efficacité :

On admettait que c'était cette réduction en empois qui ne se faisait que partiellement par l'ancien procédé de cuisson à air libre et qui, par suite, empêchait la transformation en sucre d'être complète. Quoiqu'il soit en effet exact que le gonflement de l'amidon se fasse moins bien en cuisant par les anciens procédés que par les nouveaux, il faut attribuer à la vapeur sous pression une action beaucoup plus énergique que le gonflement complet de l'amidon. Cette action est la suivante :

*La vapeur sous pression transforme l'amidon en présence d'eau en combinaisons solubles et le rend ainsi plus facilement attaqué par la diastase et, par suite, transformable en dextrine et en sucre.*

C'est *Stumpf* qui a constaté ce fait et *Delbrück*, dans le laboratoire duquel ces essais ont été faits, résume les résultats obtenus de la manière suivante dans la « *Zeitschr. für Spiritusindustrie* » :

*Lorsqu'on chauffe un mélange d'eau et d'amidon sous pression pendant 4 heures et à 130° C. (2 <sup>3</sup>/<sub>8</sub> atmosphères), on obtient une solution complète.*

Une autre série d'expériences faites plus tard montrèrent à *Delbrück* qu'il n'était pas nécessaire de faire subir à l'amidon une action aussi énergique.

C'est ce qu'il indique dans le même journal de la façon suivante:

*Un chauffage de 3 heures à 125° C. (2 1/2 atmosphères) suffit pour obtenir un empois fluide, composé d'une partie d'amidon pour deux d'eau, mélange qui à la température ordinaire est absolument solide. Cet empois ne présente plus, après refroidissement, cette consistance élastique qui caractérise l'empois, mais il s'en sépare de l'amidon en grains cristallins que recouvre un liquide clair.*

Ces chiffres ne donnent même pas la limite extrême à laquelle se produit la transformation de l'amidon en combinaisons solubles ; il est sûr qu'elle commence beaucoup plus tôt.

On peut être certain de ce que nous venons de dire pour l'amidon de blé et de maïs qu'on soumet à l'action de la pression au plus pendant 2 ou 3 heures. En ce qui concerne la pomme de terre il pourrait y avoir plus de doute ; cependant on peut regarder comme acquis que l'amidon qu'elle contient, est en grande partie fluidifié et que le reste est, dans tous les cas, transformé en mélange intime d'amidon et d'eau, facilement transformable en sucre, d'autant plus que toutes les expériences montrent que l'amidon de pommes de terre se gonfle facilement.

Il est donc établi que l'action favorable de la vapeur sous pression consiste à rendre l'amidon soluble.

Toutes les autres théories et, en particulier, celle de l'explosion des cellulés, ne sont donc pas exactes. On ne peut nier naturellement que le gonflement des cellules et de la substance intercellulaire et la mise en liberté des matières pectiques produites par la pression, ne viennent encore faciliter l'action de la diastase sur l'amidon soluble, mais une explosion des cellules, c'est-à-dire un déchirement mécanique des parois, ne se produit en aucune façon.

Il est très important de remarquer que la solubilité de l'amidon soumis à l'action de la vapeur sous pression n'est que passagère, car il se sépare de la solution par le refroidissement.

Ce phénomène est analogue à la *sursaturation*. Lorsqu'on laisse refroidir une solution d'amidon obtenue à une haute température, l'amidon qui n'est plus soluble à cette température plus basse, se sépare du liquide, mais seulement au bout d'un certain temps.

Cette particularité est d'un grand intérêt au point de vue de la saccharification, car il est clair que si l'on travaille rapidement, comme on doit le faire d'après les nouveaux procédés, et que l'on introduise le malt avant que l'amidon soluble se trouvant dans la *solution sursaturée* se soit séparé, on doit obtenir une saccharification complète et presque instantanée.

Si, au contraire, on laisse à l'amidon dissous le temps de se déposer, on n'obtiendra qu'une saccharification lente et incomplète. Il est facile de s'en rendre compte par quelques essais. Il est donc essentiel d'introduire le malt rapidement afin d'agir encore sur l'amidon soluble et le transformer en sucre facilement. C'est à ce point de vue que les nouveaux appareils de broyage ont surtout de la valeur ; car l'auteur est convaincu que leur efficacité réside bien plus dans un bon mélange, que dans le broyage lui-même.

On croyait autrefois que l'action de la pression sur l'amidon pouvait en transformer une certaine partie en dextrine et en maltose ou dextrose, et *Stumpf* et *Delbrück* avaient eux-mêmes, dans leurs essais, constaté la présence d'une certaine quantité de dextrine et de dextrose.

*Soxhlet* a prouvé depuis que l'amidon chimiquement pur, soumis à l'action même prolongée de la vapeur sous pression, ne pouvait nullement être transformé en sucre, et que les résultats trouvés par *Delbrück* et *Stumpf* devaient être attribués à l'action d'une certaine quantité d'acide que l'on trouve presque toujours mélangée à l'amidon.

Il est, d'ailleurs, certain qu'il se forme toujours dans les cuiseurs une petite quantité de sucre due à ce que toutes les matières premières amyloacées ont une réaction acide, soit qu'elles contiennent des sels acides, soit des acides libres.

C'est ainsi que *Maercker* a pu constater dans une masse de pommes de terre sortant d'un appareil de *Hollefreund* 8,51 % de dextrose, alors que, d'après la composition de ces pommes de terre, il n'aurait dû en trouver que 2 1/2 %.

Il est indiscutable que, dans la pratique, on trouve une petite quantité de sucre dans les empois de grains ou de pommes de terre sortant des cuiseurs, mais l'auteur n'attache aucune importance à cette production de sucre, puisque tout l'amidon est changé en sucre par le malt quand la saccharification a été faite normalement.

*2. Transformations que subissent les substances protéiques des matières amylacées sous l'action de la pression.*

D'après les expériences de *Heinzelmann*, il se produit sous l'action de la pression une dissolution des matières protéiques.

Le tableau suivant montre l'influence de la température sur la solubilité de ces substances.

		Protéine du grain.	Proportion d'azote soluble sur cent parties.							
			15° C.	50°	60°	65°	70°	115°	125°	135°
Seigle	I.....	6,6 %	56,2	68,5	61,4	51,4	51,4	44,8	—	81,1
»	II.....	8,56 %	—	—	—	—	—	37,6	47,9	58,7
»	III.....	11,5 %	33,8	39,4	36,7	30,9	30,9	32,7	45,1	57,4
»	IV.....	13,5 %	30,0	37,2	—	—	28,8	—	—	44,0
Maïs d'Amérique.		8,9 %	10,9	10,5	10,1	9,4	8,9	10,6	13,7	26,2

Des essais récents de *Behrend* et *Sturcke*, de Hohenheim (Zeitsch. f. Spir. ind. 1884, pages 1036 et 1054), ont apporté de nouveaux éléments à cette question, en ce sens qu'ils n'ont pas servi seulement à déterminer l'influence de la pression sur la solubilité de l'azote en général, mais aussi celle qu'elle exerce au point de vue de la transformation des matières albuminoïdes en amides.

Les essais dont nous allons donner les résultats ont été faits dans des flacons à pression de *Lintner*, dans lesquels on soumettait les matières premières pulvérisées à une température de 140° pendant 6 heures. (2,5 gr. de matières pour 50 cc. d'eau). Les pommes de terre avaient été préalablement séchées.

Sur 100 parties d'azote on a trouvé :

	Teneur en azote. %	EFFETS DE LA CUISSON				
		Azote soluble dans l'eau.	Azote non-protéique	+ augmentation; — diminution.		
				Total.	Soluble.	Insoluble.
		Azote protéique				
Lupins. ....	7,27	+37,6	+23,7	-23,7	+13,9	-37,6
Pois.....	3,58	+52,8	+16,2	-16,2	+36,6	-52,8
Dari (sorghum tartaricum).....	1,20	+35,0	+21,4	-21,4	+13,6	-35,0
Pommes de terre nouvelles, 20,4 % de matières sèches.....	0,250	+11,4	+7,3	-7,3	+4,1	-11,4
Pommes de terre vieilles 20,6 % de mat. sèches	0,294	+18,2	+1,4	-1,4	+16,8	-18,2
Maïs .....	1,77	+23,1	+16,8	-16,8	+6,3	-23,1

La dissolution et la transformation de l'albumine dépendent surtout du temps. Sur 100 parties d'azote de lupins pulvérisés on a trouvé :

	Azote protéique				
	Azote soluble dans l'eau.	Azote non protéique.	Total.	Soluble dans l'eau.	Insoluble dans l'eau.
Avant cuisson....	35,6	7,8	92,2	27,8	64,4
Porté à 140° C....	35,5	9,9	90,1	25,6	64,5
3 heures à 140° C..	65,8	24,6	75,4	41,2	34,2
6 heures à 140° C..	74,3	34,7	65,3	39,6	27,7

*Behrend* tire de ces essais les déductions suivantes :

1° L'eau à 140° C. peut transformer une grande partie des substances protéiques des grains et des pommes de terre aussi bien en combinaisons solubles, qu'en corps non-albumineux.

2° Il paraît fort probable que sous l'action de l'eau surchauffée, la transformation des substances protéiques ne se produit qu'après leur dissolution préalable.

3° La dissolution de l'albumine et sa transformation se produisent en proportions différentes suivant les matières premières employées. Les diverses substances protéiques végétales paraissent se comporter d'une manière différente à ces deux points de vue.

4° La dissolution et la transformation des matières albuminoïdes végétales se produisent d'autant plus énergiquement sous l'action de la pression, que celle-ci dure plus longtemps.

Voyons maintenant comment s'effectue dans la pratique la dissolution des matières azotées, car dans le travail industriel ce n'est pas pendant 6 heures qu'on les maintient à la température de 140° C. (3 1/2 atmosphères), mais pendant une 1/2 heure à peine à la fin de la cuisson.

*Behrend* obtint dans ces conditions une dissolution beaucoup plus faible :

Sur 100 parties d'azote, les quantités suivantes furent transformées pendant la cuisson dans un appareil de Henze :

	Azote protéique				
	Azote soluble dans l'eau.	Azote non protéique.	Total.	Soluble dans l'eau.	Insoluble dans l'eau.
Maïs.....	+ 4,3 %	— 0,5 %	+ 0,5	+ 4,8	— 4,3
Dari.....	+ 6,9 %	+ 3,1 %	— 3,1	+ 3,8	— 6,9

Cette cuisson avait duré pendant 1 1/2 heure à peine et la masse n'avait été soumise à la température de 140° que pendant 30 à 40 minutes. On peut donc dire que les chiffres cités sont plutôt un peu trop faibles, mais ils montrent cependant qu'une grande partie des matières protéiques ne sont pas dissoutes par la cuisson.

3. *Perte en substances fermentescibles qu'entraîne la cuisson sous pression.*

De nombreux essais ont démontré que l'on peut chauffer un mélange d'eau et d'amidon à une température beaucoup plus élevée que celle que l'on atteint en pratique, sans altérer l'amidon. Par contre, *Delbrück* a prouvé que des quantités très sensibles de dextrose et de maltose sont détruites par la cuisson, même lorsqu'elles sont en dissolution et que la pression n'a pas dépassé deux ou trois atmosphères. Ce fait a été confirmé par les expériences récentes que *Maercker* a faites en collaboration avec *Morgen*. Ces opérateurs ont trouvé que sur 100 parties d'hydrates de carbone, obtenus en traitant de l'amidon par le malt, les quantités suivantes étaient détruites pendant une cuisson d'une demi-heure:

à 4 atmosphères	3,8 parties.
» 3	» 2,1 »
» 2	» 1,1 »

Il n'est pas douteux que cette perte n'eût été encore plus considérable, si la pression avait été maintenue plus longtemps. Pendant tous ces essais, on a pu remarquer que le liquide se colorait en brun et *Maercker* est enclin à penser que cette coloration, que l'on observe aussi dans les dissolutions de sucre pur, est, en grande partie, si ce n'est uniquement, due à l'altération du sucre et non pas à celle des matières azotées, comme on le croit généralement.

Comme toutes les matières premières, sans exception, contiennent plus ou moins de sucre; qu'il s'en forme une certaine quantité pendant la cuisson, sous l'action de la diastase contenue dans les pommes de terre et dans les grains, et que les acides que peuvent contenir les matières premières produisent aussi une saccharification sous l'action de la chaleur et de la pression, il faut conclure de ce que nous venons de dire que les procédés de cuisson sous pression entraînent une perte en matières fermentescibles.

Cette perte sera naturellement d'autant plus grande que la matière première sera plus riche en sucre (d'après certaines données le maïs pourrait contenir jusqu'à 11,64 % de sucre), et que l'on maintiendra la pression plus longtemps. C'est ainsi, par exemple, qu'elle doit être très appréciable dans le travail combiné du maïs et du seigle que l'on maintient en général pendant une heure à trois atmosphères ; il serait même fort à désirer que des expériences exactes fussent faites sur ce point.

Ajoutons que cette perte devra être particulièrement considérable quand on fluidifie le maïs à l'aide de malt avant la cuisson, ainsi que cela se pratique par la méthode de *Riebe*.

Maercker est heureusement à même de donner, si ce n'est un moyen sûr, du moins une indication pour éviter cette perte : il a pu constater dans les essais qu'il a faits en collaboration avec *Morgen* que la caramélisation du sucre ne se produisait pas quand on ajoutait à la solution de sucre une petite quantité d'acide ; le liquide restait absolument incolore et les analyses avant et après cuisson indiquaient la même quantité de sucre.

Dans les essais précités, une acidité de 0,10 % obtenue par une addition d'acide tartrique avait suffi pour garantir le sucre contre l'action de la température ; 0,05 % d'acidité était même suffisant pour que l'analyse ne révélât aucune diminution dans la quantité de sucre, mais le liquide prenait cependant une légère teinte jaune.

L'acide tartrique ne peut pas être employé en pratique à cet usage à cause de son prix élevé ; d'autre part l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique attaqueraient probablement le fer des cuiseurs. L'acide phosphorique, par contre, qui n'a que peu d'action sur le fer, remplirait sans doute mieux le but ; reste à savoir quels résultats pratiques il donnerait.

### III. RÉSULTATS QUE DONNENT LES APPAREILS A CUIRE SOUS PRESSION, AU POINT DE VUE DE LA QUANTITÉ OBTENUE D'AMIDON SACCHARIFIABLE.

Nous entendons par *amidon saccharifiable* celui qui a été gonflé ou a été rendu soluble par l'action de la vapeur et qui, par suite, peut être facilement transformé en sucre à l'aide de la diastase du malt



1. *Proportion d'amidon non-saccharifiable dans les pommes de terre saines.*

Si l'on veut comparer les résultats obtenus par les anciens procédés avec ceux que donnent les appareils à cuire sous pression, il faut se baser pour les premiers sur les chiffres suivants :

		Amidon non-saccharifiable.
Pour une bonne fabrication et avec un bon matériel		5 %
» moyenne »	matériel moyen	7 1/2 %
» mauvaise »	» mauvais	10 %

On n'obtenait que rarement 5 % seulement d'amidon non-saccharifiable.

Voici d'autre part les résultats que donnent les principaux appareils à cuire sous pression :

Appareil de Bohm et Hollefreund.....	2,75 %	d'amidon non-saccharifiable.
» simple de Henze.....	2,00	»
» d'Ellenberger.....	1,69	»
» de Camin et Neumann.....	2,12	»
» de Bohm.....	1,99	»
» de Paucksch.....	1,76	»
» de Leinhaas.....	1,93	»
» de Schuster.....	1,93	»

Nous voyons donc que les appareils à cuire sous pression offrent tous un avantage notable sur les anciens appareils, avantage qui représente 5 à 6 % d'amidon saccharifiable.

On peut trouver peu important le gain que l'on obtient par les appareils à cuire sous pression, mais, ainsi que l'a déjà souvent fait observer Maercker, le plus grand mérite des nouveaux procédés est, à côté de la perfection du travail, d'obliger celui qui dirige la distillerie à s'occuper davantage de son affaire, ce qui fait éviter bien des inconvénients.

Maercker croit qu'en réalité on gagne par les nouveaux procédés 7 à 8 % d'amidon saccharifiable.

Du reste on est arrivé, maintenant que ces appareils sont mieux connus et conduits, à obtenir des résultats encore meilleurs que ceux qui sont donnés plus haut. C'est ainsi qu'on a réduit, avec l'appareil d'Ellenberger, à 1,17 % la proportion d'amidon non-saccharifiable, à 0,87 % avec celui de Paucksch, et il n'est pas douteux qu'on ne puisse arriver au même résultat avec un bon appareil

broyeur comme celui de *Bohm*. On voit d'après le tableau précédent qu'il n'existe pas de différence bien tranchée entre les résultats donnés par les divers appareils.

On peut admettre cependant que le système de *Hollefreund* et l'ancien appareil de *Bohm* laissent 1 % en plus d'amidon non-saccharifiable que celui de *Henze*, mais il est indiscutable que pour le travail de pommes de terre saines, fait dans des conditions normales, l'action de l'appareil broyeur, est insignifiante. La grande question est une bonne cuisson de la matière première ; le broyage n'a qu'une influence secondaire.

Il faut, d'ailleurs, bien se garder de refuser tout mérite à l'appareil broyeur qui rend de grands services pour la préparation et le mélange des moûts et raccourcit d'une façon incontestable le temps de la cuisson. Il a surtout une grande utilité pour le travail des matières premières atteintes de la pourriture sèche, gelées ou ayant subi une altération quelconque.

Peut-on espérer diminuer encore cette quantité d'amidon non-saccharifiable en perfectionnant les appareils existant déjà ou en en construisant de nouveaux ?

Cette question paraît être déjà maintenant résolue et l'on ne peut guère espérer une transformation plus complète de l'amidon.

Comme nous l'avons dit précédemment, on arrive avec de bons appareils broyeurs et cuiseurs à n'avoir que 1 % d'amidon non-saccharifiable et encore est-il fort possible que ce chiffre soit trop fort, car il peut se faire que l'eau sous pression dissolve quelques-uns des éléments insolubles des résidus, qui se saccharifient ensuite sous l'action des acides.

Il ne reste donc plus grand chose à espérer, et il serait oiseux d'expérimenter de nouveaux appareils dont la construction est toujours coûteuse, pour dissoudre quelques dixièmes en plus sur cent kilos d'amidon.

Si l'on arrive à dissoudre presque complètement l'amidon des pommes de terre saines, il n'en est pas de même de celles qui sont atteintes de pourriture sèche qu'on ne travaille qu'avec difficulté. Cette maladie n'attaque pas la pomme de terre dans toute sa masse, et les parties brunes du tubercule sont celles qui sont les plus attaquées et qui, par suite, contiennent le moins d'amidon. La fig. 149 montre les cellules saines et celles qui sont malades d'une

pomme de terre atteinte de pourriture sèche. *a*) figure les parties saines, et *b*) celles qui sont attaquées.

Le docteur *Lauenstein* a analysé les parties saines et les parties malades d'une pomme de terre. 100 parties de substances sèches donnaient :

	Partie malade.	Partie saine.
Amidon .....	71,49 %	81,75 %
Matières minérales.....	8,35 »	4,78 »
Protéine.....	10,28 »	8,24 »
Cellulose.....	4,70 »	2,50 »
Matières grasses.....	0,64 »	0,21 »
Autres mat. non azotées...	4,54 »	2,52 »
	<u>100</u>	<u>100</u>

Il reste donc toujours une certaine quantité d'amidon sain, même dans les cellules malades, mais l'expérience apprend que cet amidon

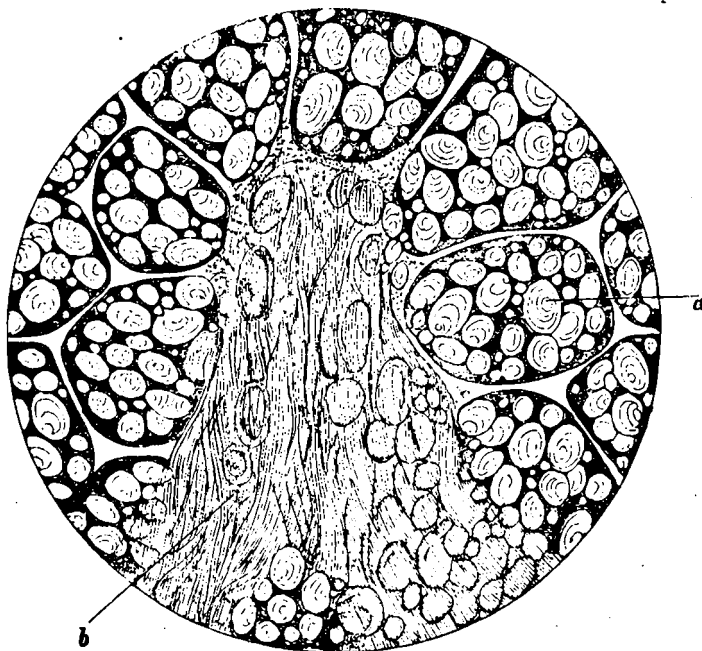


Fig. 149.

ne se dissout pas pendant la cuisson, qu'il soit travaillé d'après les anciens procédés ou dans les appareils fermés de *Hollefreund* ou de *Bohm*. En examinant les moués provenant de pommes de terre atteintes de pourriture sèche et traitées dans un des appareils ci-dessus, on voit, en effet, qu'ils renferment des morceaux dont l'amidon est resté complètement intact.

Il n'est pas prouvé que tout l'amidon des parties malades reste inattaqué, mais ce qui n'est pas douteux c'est qu'il se saccharifie fort mal.

Maercker a fait quelques essais sur des pommes de terre faiblement atteintes dans un appareil de *Hollefreund* et a obtenu seulement 6 à 7 % d'amidon non-saccharifiable; cette proportion s'est élevée à 8 et 9 % pour des tubercules excessivement atteints; tandis que, comme on le sait, la quantité d'amidon non-saccharifiable des pommes de terre saines ne dépasse pas 2 %. L'appareil Henze employé seul ne donne pas de meilleurs résultats par contre, les appareils à broyer aident au travail de ces pommes de terre. L'influence heureuse qu'exerce le broyage est démontré par un essai comparatif fait sur des pommes de terre atteintes de pourriture sèche, (40 % de tubercules malades) entre les appareils de *Hollefreund* et d'*Ellenberger*.

On a trouvé :

Pour l'appareil de <i>Hollefreund</i> ..	7,29	%	d'amidon non-saccharifiable.
» d' <i>Ellenberger</i> ..	3,33	»	»

Nous nous résumons et disons que les cuiseurs simples, quoiqu'étant parfaits pour les matières premières saines, ne conviennent pas pour travailler les pommes de terre atteintes de pourriture sèche. Les appareils munis de broyeurs spéciaux comme ceux d'*Ellenberger*, *Paucksch*, etc., donnent au contraire de bons résultats.

Si l'on possède un des premiers appareils, on devra y adjoindre pour ce travail un broyeur, comme le dépéleur de *Bohm*, qui permet d'atteindre le but voulu.

## 2. Proportion d'amidon non-saccharifiable dans le maïs et dans les blés.

Lorsqu'on était obligé de travailler le maïs par les anciens pro-

cedés, en le concassant tout d'abord, il fallait compter au moins sur 10 % d'amidon non-saccharifiable et en moyenne sur 12 %. Nous savons, il est vrai, que les méthodes d'analyse n'étaient pas exactes et donnaient des chiffres trop forts de 2 à 3 %, ce qui réduit à 8 à 10 % la quantité d'amidon non-saccharifiable. La question principale pour le travail du maïs et des grains est une bonne cuisson, sans laquelle le meilleur broyage reste impuissant.

Remarquons, en passant, que c'est à Messieurs *Venuleth* et *Ellenberger* que revient le mérite d'avoir indiqué les premiers les véritables principes qui doivent servir de règle pour la cuisson des maïs et des grains.

Les appareils broyeurs ont une grande importance pour le travail des grains; Maercker doit cependant reconnaître qu'il avait attribué à ces appareils des effets inexacts, la cuisson des moûts sur lesquels il avait fait des essais ayant été défectueuse. C'est ainsi qu'avec l'ancien appareil d'Ellenberger il avait trouvé 7 % d'amidon non-saccharifiable, tandis que de nouveaux essais ne lui ont donné que 2,5 %.

On pourrait aussi arriver à ce dernier résultat sans faire passer le moût dans des appareils broyeurs, mais il faudrait alors surveiller la cuisson avec le plus grand soin et se servir des cuiseurs les plus perfectionnés. C'est pourquoi l'on ne peut que reconnaître que les appareils broyeurs doivent être recommandés pour le travail du maïs.

Le seigle est encore un peu plus difficile à travailler que le maïs, mais comme on n'est pas encore bien fixé sur le meilleur procédé à employer pour le travail de ce grain, il n'est guère possible d'indiquer d'une manière exacte quelle est la proportion de l'amidon de ce grain qui n'est pas saccharifiable.

On a trouvé dans des essais faits il y a quelques années que cette quantité pouvait atteindre 5 à 7 %, mais ce chiffre ne peut nullement servir de base; Maercker le regarde comme trop élevé et croit qu'on peut, en travaillant bien, ne pas dépasser la proportion de 3 à 4 %.

### 3. *Force motrice qu'exigent les nouveaux procédés.*

Les nouveaux procédés, dans leurs nombreuses opérations, exigent plus de force motrice que les anciens. L'emploi de la vapeur sous pression est, d'ailleurs, par lui-même la cause d'une plus grande

dépense de combustible, que celle qu'exigeait l'ancien procédé de cuisson à air libre et, de plus, l'opération dure plus longtemps.

Quant à la force motrice, les appareils qu'on emploie maintenant, broyeurs, agitateurs et réfrigérants ont, cela est incontestable, réalisé de grands progrès dans le travail de la distillerie, mais ils demandent plus de force que les anciens.

Les premières données sur la force qu'exigent les nouveaux appareils ont été fournies par *Goszlich* et *Ritter* ; nous donnons plus loin leurs chiffres :

N <sup>o</sup>	NOMS DES APPAREILS.	Nombre de tours par minute.	Chevaux vapeur indiqués.	Chevaux vapeur utilisables.
1	Saccharificateur universel de Paucksch.	240	10,31	9,12
2	Ancienne cuve à saccharifier.....	10	0,50	0,44
3	Appareil à broyer de Paucksch.....	450	3,63	3,21
4	» de Bohm.....	440	5,34	4,73
5	» à lait de malt de Bohm.....	440	4,26	3,77
6	Broyeur pour malt.....	—	1,35	1,19
7	Cuve à refroidir.....	2,5	1,64	1,45

Du reste, les chiffres que nous indiquons ne peuvent être que relatifs, car il est clair que plus un moût est dilué et moins la couche de ce moût est épaisse, plus la marche de l'appareil à broyer sera facile et moins la dépense de force sera grande. C'est pourquoi il se peut que le chiffre concernant l'appareil à saccharifier de *Paucksch* soit un peu trop élevé.

Disons encore que l'appareil à saccharifier de *Lvwowski* dépense environ 4 chevaux de force ; celui d'*Urbanowski* prend également 4 chevaux. Il serait du reste, croyons-nous, difficile de construire des appareils produisant réellement un bon broyage en dépensant moins de force.

Les agitateurs à ailettes et les broyeurs à force centrifuge prennent aussi beaucoup de force et l'on fera bien lorsqu'on installe un

de ces appareils de se rendre compte si la force motrice dont on dispose est suffisante.

Il est intéressant d'indiquer aussi la force que prennent quelques-unes des machines auxiliaires que l'on emploie en distillerie :

1 <sup>o</sup> Pompe à vins fermentés .....	0,23 chevaux effectifs.
2 <sup>o</sup> » à jus sucrés. ....	0,46 »
3 <sup>o</sup> » à eau .....	0,70 »
4 <sup>o</sup> Moulin à malt .....	2,46 »
5 <sup>o</sup> Machine à laver et élévateur .....	0,60 »

L'Union des distillateurs allemands a fait faire une enquête sur la *dépense de charbon des distilleries*, dont les résultats méritent d'attirer l'attention ; ils sont consignés dans le tableau suivant :

La quantité de combustible est évaluée en kilos de charbon produisant 8000 calories par kgr. de charbon brûlé.

Nombre de distilleries.	Charbon consommé pour 100 litres de capacité.	Valeur du charbon (100 kgr. = 2 fr.)	Valeur du charbon dépensé pour environ 100 kgr. de pommes de terre. (1)
20	6,4—10 kgs.	fr. 0,20	fr. 3,07
19	10—12 »	0,28	4,60
23	12—14 »	0,33	5,37
26	14—16 »	0,38	6,14
16	16—18 »	0,43	6,91
17	18—20 »	0,48	7,68
9	20—22 »	0,53	8,45
12	22—24 »	0,58	10,75

En admettant que les pommes de terre contiennent en moyenne 18 % d'amidon et qu'on puisse obtenir 55 litres d'alcool pur par 100 kilos d'amidon, et en supposant aussi qu'on emploie 4 % d'orge, on obtiendra pour 1100 kilos environ de pommes de terre, correspondant à 204 kilos d'amidon, 112 litres d'alcool pur. La dépense de combustible par hectolitre d'alcool a donc été d'après le tableau précédent :

$$\text{Maximum} = \frac{10,75}{1,12} = \text{fr. } 9,57$$

$$\text{Minimum} = \frac{3,07}{1,12} = \text{fr. } 2,74$$

$$\text{Moyenne} = \text{fr. } 6,15$$

(1) La quantité de 100 kilos correspond à une mesure Allemande « le wispel ».

Il ressort de l'enquête de l'Union des distillateurs qu'un grand nombre d'usines ont une dépense de combustible exagérée et que les distilleries travaillant mal brûlent 3 1/2 fois plus de charbon que cela n'est nécessaire. Dans ces conditions, et étant donné que la plupart des distilleries ont leur chaufferie mal installée, il est difficile de se rendre compte si l'introduction des appareils à cuire sous pression a amené une augmentation dans la dépense de combustible. Bien souvent l'installation des nouveaux cuiseurs s'est faite en même temps qu'on agrandissait la distillerie et qu'on réorganisait la chaufferie, et cependant on a constaté dans plus d'une usine que la dépense de charbon était moindre qu'auparavant.

On ne peut naturellement attribuer ce résultat qu'à l'amélioration apportée à la chaufferie, car il est clair qu'en travaillant d'après les nouveaux procédés qui comprennent une cuisson sous pression pendant des heures et des appareils à broyer prenant de la force, on doit dépenser plus de charbon que lorsqu'on emploie les anciens appareils. Nous pouvons citer à l'appui de ce fait que la distillerie de Trotha, travaillant avec les appareils de *Hollefreund*, et celle de Schlanstedt, employant le système de *Henze* (ce dernier n'était pas revêtu de calorifuge) ont constaté que l'adoption des nouveaux appareils avait entraîné une augmentation de 24 % dans la dépense du combustible. Par contre *Luders* n'évalue qu'à 5,4 % la quantité supplémentaire exigée par l'appareil *Henze*.

COMPARAISON ENTRE LES DIVERS APPAREILS A CUIRE, A SACCHARIFIER  
ET A REFROIDIR.

On s'est occupé déjà depuis plus de 10 ans d'établir les résultats que donnent les différents appareils qu'on emploie pour la fabrication de l'alcool ; on a donc pu déterminer d'une manière précise l'efficacité et la solidité des divers appareils à cuire sous pression et ce sont les résultats de ces observations que nous allons donner maintenant.

Le plus ancien de ces appareils est celui de *Hollefreund*, qui a de suite conquis d'une manière incontestable l'approbation de la pratique. Ce qui distingue cet appareil, c'est son maniement simple, sa construction élégante et le peu d'entretien qu'il exige. Les seules parties de cet appareil qui sont susceptibles de se détériorer un peu



sont les lames de l'agitateur, ce qui nuit très peu à l'effet obtenu. Ces lames sont d'ailleurs faciles à remplacer. L'usure du cuiseur de Hollefreund a été dans quelques cas, il est vrai, assez rapide pour qu'on ait été obligé, dans certaines distilleries, de le remplacer après 4 ou 5 ans d'usage, et dans d'autres de changer les tôles du fond qui étaient devenues minces comme du papier, mais il faut ajouter que cette usure rapide avait pour cause la mise en œuvre de pommes de terre mal lavées dont le sable et la terre finissaient par user l'appareil.

Depuis qu'on apporte plus de soins au lavage des pommes de terre et qu'on emploie plus d'eau pour cette opération, on n'a plus les mêmes inconvénients. A la distillerie de *Trotha*, par exemple, où l'on était obligé de changer les tôles tous les 5 ans, on a pu se rendre compte que depuis 4 années elles n'avaient nullement souffert.

On doit cependant préférer au système *Hollefreund* l'appareil *Henze* qui est très perfectionné et coûte meilleur marché. Ce n'est que dans certaines grandes distilleries hongroises que l'auteur a vu des installations neuves d'appareils de Hollefreund ; ces appareils ne servaient du reste qu'à saccharifier l'empois sortant des cuiseurs de *Henze* et ils avaient été adoptés pour des raisons spéciales.

L'ancien cuiseur de *Bohm* présentait l'inconvénient d'avoir un arbre creux à circulation d'eau et des palettes qui manquaient de solidité. Quoique le constructeur ait remédié dans une certaine mesure à cet inconvénient, on ne fait guère entrer les anciens cuiseurs de *Bohm* dans les installations nouvelles. Ceux qui en possèdent peuvent cependant l'employer sans inconvénient ; ils peuvent même en obtenir d'excellents résultats en complétant son action par l'adjonction d'un dépeleur de *Bohm*.

Le système qui a été le plus perfectionné et que l'on préfère actuellement est celui de *Henze*, ainsi que l'a prouvé l'exposition des distillateurs allemands en 1882.

La faveur dont jouit cet appareil est, du reste, bien justifiée par son bon marché, sa durée et la facilité avec laquelle on l'adapte aux anciennes installations. Les distilleries employant cet appareil se chiffrent aussi bien à l'étranger qu'en Allemagne par centaines et même par milliers.

Cet appareil a subi bien des transformations avant d'arriver au point où il en est aujourd'hui, c'est-à-dire presque à la perfection. D'ailleurs ce ne sont que de bien petites différences qui placent un

appareil au-dessus de l'autre, à savoir une dépense de force un peu moins grande, une rapidité plus grande pendant l'opération, quelques 10<sup>es</sup> % en plus d'amidon saccharifiable, une économie d'un demi-litre d'eau de réfrigération par litre de moût, etc. On peut même dire qu'il ne se trouve plus de mauvais appareils sur le marché.

Si l'on est arrivé à ce beau résultat, c'est en grande partie grâce à la distillerie modèle de l'Union des distillateurs allemands qui a essayé tous les systèmes et indiqué aux constructeurs de quel côté ils devaient chercher à perfectionner leurs appareils. C'est à *Paucksch* que revient le mérite d'avoir montré que la forme du cuiseur a une influence certaine sur le temps nécessaire à la transformation en empois et sur le rendement en amidon saccharifiable. Ce fut lui qui le premier donna la forme conique au vase clos de Henze, quoiqu'il faille reconnaître que Gontard, indépendamment de *Pauksch*, était arrivé à cette forme. La construction la plus récente du cuiseur de Henze, telle que *Paucksch* l'exécute, affecte la forme complètement conique que nous avons indiquée.

On n'a pu transformer par la cuisson la presque totalité de l'amidon des matières premières, notamment du maïs et des grains, que lorsqu'on a appris à connaître la nécessité de répartir régulièrement la vapeur dans le cuiseur.

Dans le cuiseur de Henze, il n'y avait à l'origine qu'une seule arrivée de vapeur entrant au milieu de l'appareil, et ce furent les constructeurs *Venuleth* et *Ellenberger* qui, les premiers, placèrent une entrée de vapeur dans le bas du cône, pour le travail des grains et des maïs (car pour les pommes de terre c'est inutile).

Il faut aussi citer comme étant munis d'une bonne répartition de vapeur les appareils des frères *Avenarius* et de *Leinhaas*. La disposition adoptée par *Delbrück* est la plus simple et paraît bien suffisante.

Une condition essentielle d'un bon broyage de la masse cuite dans un cuiseur Henze est d'avoir *une disposition convenable pour la vidange de l'appareil*.

C'est ainsi qu'on a remplacé le robinet de vidange ordinaire qui existait à l'origine par un autre dont l'ouverture à la forme d'une fente à arêtes vives.

*Ellenberger* remplaça le robinet par un registre qu'il place encore aujourd'hui à ses appareils.

Citons encore les dispositions adoptées par les frères *Avénarius*, *Leinhaas*, *Schmidt* et enfin celle qui a été inventée le plus récemment par *Joseph Scheibner* et que *Delbrück* regarde comme très bonne. *Barthel* a atteint le même but dans la construction de sa soupape de décharge qui est cependant basée sur d'autres principes ; cette disposition est très employée pour le travail du seigle en grains entiers.

*Il est essentiel pour que ces dispositions produisent un effet utile, que la cuisson ait été conduite selon les règles de l'art.* Si cette condition n'est pas remplie, elles ne procurent pas les avantages voulus.

Le plus grand reproche que l'on pouvait faire à l'appareil primitif de *Henze* était l'irrégularité de la température dans la cuve à saccharifier, qui était due à ce que la masse cuite tombait telle quelle dans cette cuve. La température passait alors dans ce vase par des bas et des hauts qui détruisaient ou altéraient la diastase du malt. Il s'en suivait qu'on ne pouvait vider le cuiseur de *Henze* que lentement et qu'on était obligé d'employer une grande quantité de malt. On a remédié d'une manière sensible à cet inconvénient en faisant aboutir le tuyau de vidange dans une cheminée à 1 ou 2 mètres au-dessus de la cuve et en y faisant agir un *exhausteur*.

*On peut dire que ce n'est que l'adaptation de l'exhausteur à l'appareil de Henze, qui a rendu celui-ci pratique, en permettant de saccharifier rapidement et d'une manière sûre.*

Ce n'est que récemment à la suite de perfectionnements apportés à d'autres procédés de réfrigération, qu'il s'est produit une réaction contre l'emploi de l'exhausteur. Cet appareil présente en effet un inconvénient : il oblige à faire tomber la masse cuite dans la cuve, à la sortie du cuiseur, d'une hauteur de 1 à 2 mètres ; celle-ci se réunit de nouveau pendant ce trajet en formant de grosses boules et quelquefois, trop refroidie, prend une consistance cornée.

On n'a guère à craindre un échaudage du malt lorsqu'on a à sa disposition un bon procédé pour refroidir le moût dans la cuve à saccharifier, mais l'introduction de la masse cuite dans cette cuve doit toujours être faite de manière à ce que ce soit par petites parcelles ou gouttelettes qu'elle soit mise en contact avec le malt. Dans l'appareil d'*Ellenberger* qui est fort bien construit à ce point de vue, la masse de pommes de terre tombe directement sur le tambour en

mouvement qui la distribue sous une faible épaisseur. De même dans les appareils de *Hentschel* et de *Hampel*, l'empois sort du tuyau de vidange par suite d'une disposition spéciale décrite dans le tome premier, sous la forme d'une cloche mince. Citons enfin l'appareil de Pampe dans lequel la masse est projetée par l'action de la force centrifuge contre les parois en cuivre de la cuve à saccharifier, qui sont refroidies à l'extérieur par un courant d'eau.

On arrivera certainement à joindre encore à cet appareil l'action d'un exhausteur, mais en ayant soin de ne pas le placer dans la cheminée de vidange.

Des appareils perfectionnés réfrigérants et pulvérisants, placés dans les cuves à saccharifier, produiront toujours une réfrigération plus sûre et plus complète de la masse sortant du cuiseur.

Examinons maintenant les appareils de *broyage*, qui peuvent se diviser en trois catégories :

1° Ceux qui sont placés dans la cuve à saccharifier même, parmi lesquels il faut citer ceux qui sont connus sous le nom d'appareils universels.

2° Ceux qui exercent leur action sur la masse cuite à la sortie du cuiseur et avant son arrivée dans la cuve à saccharifier.

3° Ceux qui aspirent le moût dans la cuve à saccharifier pour l'y renvoyer ensuite après l'avoir broyé.

C'est le constructeur *Ellenberger* qui a le premier préconisé les appareils de broyage exerçant leur action dans la cuve à saccharifier ; son appareil est le plus ancien et est employé depuis nombre d'années. On avait craint d'abord qu'il ne fût pas bien solide, mais l'expérience a prouvé qu'il pouvait marcher pendant plus de 5 ans, sans exiger de grosses réparations.

L'auteur ne peut pas juger avec la même connaissance de cause tous les différents appareils construits sur des principes analogues ; il sait cependant que les petits broyeurs à moûts, construits tout d'abord par *Lwowski*, *Camin* et *Neumann*, et qui ont été imités ensuite par de nombreux constructeurs, se sont rapidement répandus. Il a pu, par contre, apprécier lui-même la plupart des nouveaux appareils, mais il ne lui est pas possible de donner ici la critique de chacun d'eux, car ce n'est pas en voyant un appareil, ni même en l'expérimentant pendant quelques jours ou

quelques semaines, qu'on peut arriver à apprécier les avantages et les inconvénients qu'il peut présenter, d'autant plus qu'au début il fonctionne presque toujours bien.

Ce que l'auteur peut dire, c'est que tous les appareils appartenant à cette catégorie sont très réussis comme construction; ils effectuent bien le mélange et la saccharification du moût et assurent la perfection du travail, tout en le rendant plus rapide. Grâce à des moyens mécaniques, ils rendent le moût très fluide et évitent ainsi l'engorgement des pompes, des clapets et des colonnes à distiller.

On peut en outre y adapter très facilement des dispositions spéciales permettant d'enlever les morceaux non désagrégés de pommes de terre atteintes de pourriture sèche et les corps étrangers comme la paille, les brins de balais, etc.

Il faut encore ajouter à l'actif de ces appareils leur puissance de mélange. La vidange du cuiseur pouvant se faire très rapidement et la masse cuite étant vite refroidie par l'action de l'exhausteur et du système réfrigérant de la cuve à saccharifier, un agitateur ordinaire serait en effet tout-à-fait insuffisant, tandis que le mélange s'effectue très bien au moyen des broyeurs centrifuges qui communiquent au moût un mouvement continu énergique et permettent ainsi d'éviter que certaines parties ne s'échauffent trop. Ce mélange rapide du malt avec l'empois présente aussi l'avantage de diminuer la durée de la saccharification, quoiqu'on ne puisse nier que la durée de cette opération dépende surtout de l'état dans lequel l'amidon sort du cuiseur.

Mais le progrès le plus important qu'ont réalisé les nouveaux appareils, consiste, comme Delbrück le fait remarquer avec juste raison, en ce qu'ils ont permis de rendre la cuve à saccharifier plus libre.

Ils permettent en effet de supprimer l'ancien agitateur qui était inévitable dans les anciens appareils, car on obtient un mélange meilleur en installant un broyeur centrifuge au milieu de la cuve et en donnant aux cuves à saccharifier une forme plus propre à favoriser le mouvement que l'on veut communiquer au moût. Ce n'est que depuis cette suppression de l'agitateur qu'il a été possible de bien suivre la saccharification, en plaçant un thermomètre à l'endroit pouvant donner les indications les plus sûres, c'est-à-dire au centre de la cuve à saccharifier. C'est de l'observation attentive de cette température que dépend tout le succès de la saccharification.

et même, dans une certaine mesure, de la fermentation, car si la diastase est tuée, elle ne peut exercer plus tard une action complémentaire sur la dextrine. Le mérite des broyeurs à moût consiste donc autant à assurer le mélange et la régularité de la température du moût qu'à produire un broyage parfait.

Le second groupe de broyeurs comprend les appareils qui sont reliés directement au tuyau de vidange des *cuiseurs*.

On a, pendant un certain temps, laissé un peu de côté ces appareils auxquels on n'attribuait pas une puissance de broyage suffisante, mais on est revenu depuis quelques années de cette opinion et l'on a reconnu qu'il est possible d'obtenir un bon broyage avec une soupape de décharge convenablement disposée.

Disons enfin quelques mots des appareils broyeurs placés en dehors des saccharificateurs, comme le *dépéleur* de *Bohm*. Ce petit broyeur produit un excellent travail et s'est répandu partout. On le relie, soit à la cuve à saccharifier, soit à l'appareil de *Hollefreund* soit enfin à l'ancien saccharificateur de *Bohm*.

En arrivant maintenant à la construction *des cuves à saccharifier* qui sont employées pour transformer en sucre l'empois sortant des cuiseurs, nous signalerons l'extension qu'a prise la réfrigération des moûts, non-seulement pendant la décharge du cuiseur et la saccharification proprement dite, mais aussi après cette opération, dans le but de refroidir le jus sucré à la température favorable à la fermentation.

*J. Hampel* est le premier qui soit entré dans cette voie avec sa cuve à saccharifier que nous avons déjà décrite. Un grand nombre d'autres constructeurs ont essayé, en adoptant des dispositions analogues, de produire le même effet; parmi ces appareils celui d'*Eckert*, à réfrigérant tubulaire fixe, peut être considéré comme type. Citons encore la cuve à saccharifier de *Bohm*, puis les nouveaux appareils comme celui de *Pluntsch*, dans lesquels on a délaissé les poches réfrigérantes pour revenir aux simples serpentins. *Schmidt*, de Custrin, a aussi construit un bon réfrigérant tubulaire.

On attache actuellement, et avec raison, une grande importance à ce que les diverses parties des poches réfrigérantes ou des réfrigérants tubulaires soient démontables, pour que le nettoyage de ces appareils puisse se faire avec la plus grande facilité. Cette condition est nécessaire pour qu'un réfrigérant puisse être regardé

comme satisfaisant, car le tartre qui se dépose sur les surfaces réfrigérantes en diminue bientôt la conductibilité.

Rappelons ici que le cuivre est, en somme, préférable au fer pour la construction des appareils réfrigérants, car si ce dernier métal est meilleur marché que le cuivre, il est, par contre, moins durable et les usines qui emploient des appareils de réfrigération en fer feront bien d'être toujours munies de pièces de rechange.

La *marche méthodique* des jus et de l'eau dans les réfrigérants, qui a été adoptée pour la première fois par *Nægeli*, s'est aussi perfectionnée; dans cet ordre d'idées nous devons recommander les réfrigérants de *Venuleth* et *Ellenberger* et de *Paucksck* qui sont basés sur ces principes, mais sont bien supérieurs aux anciens appareils.

Nous terminerons enfin ce chapitre en disant que les *appareils à broyer le malt* ont aussi subi des perfectionnements nombreux, qui en ont fait des appareils excellents. Nous citerons, en particulier, les appareils de *Bohm*, celui de *Leinhaas* et le *broyeur excelsior* de *H. Gruson*, de Buckau, destinés au broyage du malt vert.

## CHAPITRE IV.

---

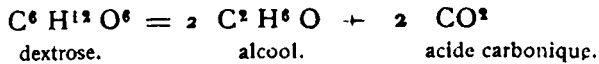
### PHÉNOMÈNES DE LA FERMENTATION.

---

#### 1. FERMENTATION ALCOOLIQUE.

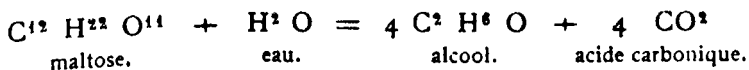
On appelle fermentation alcoolique la transformation que subissent certains sucres sous l'influence d'un ferment organisé, la *levure*. Les principaux produits de cette transformation sont l'alcool et l'acide carbonique.

Voici la formule de la transformation de la dextrose :



D'après cette formule, 100 parties de sucre doivent donner 51,1 parties d'alcool et 48,9 parties d'acide carbonique. A vrai dire, la quantité d'alcool produite est un peu moins forte, par suite de la formation de produits accessoires, comme la glycérine et l'acide succinique.

D'autres sucres, parmi lesquels la maltose nous intéresse spécialement, doivent d'abord se combiner avec une certaine quantité d'eau pour se transformer en alcool et en acide carbonique. Voici, par exemple, la formule de la fermentation de la maltose :





EXPOSÉ HISTORIQUE DE NOS NOTIONS SUR LA FERMENTATION  
ALCOOLIQUE

Les premières notions que l'on a eues sur la préparation des liqueurs fermentées, remontent, chez tous les peuples, aux temps les plus reculés. D'après la Bible, c'est Noé ; d'après les Egyptiens, Osiris ; d'après les Grecs, Bacchus, qui, les premiers, ont préparé une boisson fermentée avec le raisin, c'est-à-dire le vin. Il s'est cependant écoulé un temps considérable avant qu'on ait reconnu quels étaient les produits de la fermentation et quels étaient les corps susceptibles de fermenter. Les alchimistes dirigèrent les premiers leurs recherches peu éclairées sur le vin et la bière, et *Basilus Valentinus* en retira par voie de distillation un corps spiritueux, l'esprit de vin (*spiritus vini*).

La nature de la fermentation était cependant si peu connue des alchimistes, qu'ils croyaient que l'alcool existait tout formé dans les corps fermentescibles et que la fermentation ne faisait que le mettre en évidence en le séparant. Ils expliquaient ce phénomène en disant que la fermentation était une épuration pendant laquelle les substances qui emprisonnaient l'alcool, se séparaient et montraient en écume à la surface (la levure).

Le célèbre chimiste, *Van Helmont*, en faisant des recherches sur la fermentation, au milieu du 17<sup>me</sup> siècle, remarqua qu'il se dégageait un gaz (l'acide carbonique) que les notions de chimie encore bien rudimentaires de cette époque, ne lui permirent pas de reconnaître.

Par contre, Van Helmont se rendit fort bien compte qu'il est indispensable pour que la fermentation se produise, qu'il y ait un agent de fermentation (*fermentum*). D'après ce que nous savons maintenant de la nature de la levure, analogue à une plante, nous voyons que c'était bien la levure que ce chimiste indiquait comme agent de fermentation et qu'il caractérisait en disant que ce corps pouvait être comparé à une semence qui, en se développant, produisait la fermentation.

Le chimiste et médecin allemand *Becher* fit faire en 1696 un sérieux pas en avant aux connaissances qu'on avait sur la fermenta-

tation, en établissant que les sucres seulement pouvaient donner naissance à la fermentation alcoolique.

Il reconnut que l'alcool n'existait pas tout formé dans certains corps, comme le croyaient les alchimistes, mais qu'il se produisait pendant la fermentation. *Becher* se rendit compte de ce fait en voyant qu'il ne pouvait pas retirer d'alcool en distillant des solutions sucrées non fermentées, tandis qu'il en obtint après fermentation.

Le 18<sup>me</sup> siècle apporta de nouvelles données sur la fermentation. Ce furent d'abord les hypothèses théoriques de *Stahl et Willis* (Théorie mécanique de la fermentation), puis *Marc Bride* qui reconnut, en 1764, que le gaz qui se dégagait pendant la fermentation était l'acide carbonique et *Cavendish* qui, en 1766, en détermina la quantité.

Mais ce fut le grand réformateur de la chimie, *Lavoisier*, qui fit le premier des recherches quantitatives sur les produits de la fermentation. Il trouva que la fermentation ne donnait lieu qu'à une simple transformation du sucre en alcool et en acide carbonique, en équivalents égaux.

Ce fait n'était cependant pas exact, ainsi que le démontrèrent plus tard *Thénard, Gay-Lussac* et *de Saussure*. Le premier de ces chimistes trouva que 96 % du sucre seulement se transformaient suivant les indications de Lavoisier et que les 4 % restant, donnaient naissance à des produits accessoires.

*Thénard* reconnut que la levure était très riche en azote, ce qui lui fit croire qu'elle était de nature animale.

*Gay-Lussac* remarqua que la fermentation des jus de fruits ne pouvait commencer sans la présence de l'oxygène. La nature des sucres fermentescibles fut enfin reconnue par *Dumas* et *Boullay* qui trouvèrent que le *sucre de canne* n'était point directement fermentescible et qu'il devait d'abord se combiner avec une certaine quantité d'eau. *Dubrunfaut* et *Rose* établirent presque en même temps que le sucre de canne se transformait alors en un sucre de même composition que le sucre de raisin.

Quoiqu'on fût déjà assez avancé dans la connaissance des propriétés de la levure, il régnait encore une grande obscurité sur la nature de l'agent de la fermentation. On ne savait guère sur la

structure des ferments, que ce que *Læwenhoek* avait pu constater en 1680, c'est que la levure se composait de globules ovales ou ronds. *Exleben* émit, le premier, l'idée que la levure devait être un organisme qui en se développant produisait la fermentation. Ce ne fut que lorsqu'on eut des microscopes perfectionnés qu'on put faire des recherches exactes sur la levure. *Cagniard de Latour*, en étudiant la levure au microscope, trouva qu'elle se composait de petits globules ronds ou ovales, entourés d'une membrane et renfermant un contenu granuleux. Cette observation l'amena à reconnaître que la levure n'était autre chose qu'une plante inférieure, un champignon.

Les recherches de ce chimiste ne laissèrent plus aucun doute sur ce fait que le champignon de la levure se multipliait par la formation de bourgeons, comme c'était déjà connu pour un grand nombre de ferments. En résumé, *Cagniard de Latour* établit d'une manière certaine que la levure était une plante qui croissait et se multipliait et qui, en se reproduisant, donnait lieu à la fermentation des solutions sucrées.

Ce fait fut ensuite confirmé par les recherches de *Schwann*.

Les observations de *Cagniard de Latour* et de *Schwann* ouvrirent la voie à une série de recherches sur le développement de la levure, et les ouvrages scientifiques de 1838 à 1842 relatent toutes ces études (Turpin et Klutzing).

Mais il faut dire qu'à côté de certaines notions justes, il y en eut beaucoup d'erronées qui embrouillèrent plutôt la question.

Ensuite, vinrent les observations de *Mitscherlich* (1843) qui distingua deux levures : la haute et la basse ; la *levure haute* apparaît à la surface des liquides fermentant à haute température ; la *levure basse* s'assemble au fond du vase où le liquide fermente, quand la fermentation se fait à basse température. *Mitscherlich* regardait ces deux levures comme étant différentes. Il fit, en outre, la remarque suivante : c'est qu'il est nécessaire pour que la fermentation se fasse, que la levure soit en contact immédiat avec la solution sucrée, ce qui montre bien que c'est la levure même qui donne naissance à la fermentation.

A la même époque *Lüdersdorff* constata que si l'on désorganise de la levure en la broyant, elle n'est plus susceptible de produire la fermentation.

Ces expériences sont suivies d'un temps d'arrêt, pendant lequel cependant, *Liebig* émet la *théorie mécanique de la fermentation*. Selon lui, l'altération des composés organisés de la levure produit un mouvement qui se communique aux molécules du sucre qui se décompose alors en alcool et en acide carbonique.

La connaissance des véritables propriétés de la levure ne date en somme que des expériences classiques de *Pasteur* (de 1858 à nos jours). Ce fut lui qui, reprenant les anciennes observations de *Cagniard de Latour* et de *Schwann*, qui étaient presque tombées dans l'oubli par suite des théories de *Liebig*, détermina d'une manière certaine la nature végétale de la levure. Voici les résultats auxquels il arriva :

1° Il est indiscutable que la levure est une plante, car elle vit et est organisée comme d'autres plantes.

2° La levure se nourrit comme les autres plantes des groupes inférieurs.

3° Les matières nécessaires à la nutrition de la levure sont, d'une part, des substances azotées, de l'autre, des matières minérales dont les principales sont les sels de potasse et les phosphates.

4° La levure peut aussi se nourrir avec des sels ammoniacaux et les transformer en albumine, à l'aide des carbures du sucre.

5° Il n'y a que 94 à 95 % du sucre qui soient transformés en alcool et en acide carbonique, les 5 à 6 % restant donnent naissance à de l'acide succinique (0,7 %) et à de la glycérine (3,5 %). Environ 1 % du sucre sert au développement de la levure.

6° L'acide succinique et la glycérine sont des produits réguliers et normaux de la fermentation.

7° La levure croît plus vite en présence de l'oxygène de l'air, mais sa puissance comme agent de fermentation est moins grande (contesté plus récemment par *Nægeli*.)

8. La levure se trouvant à l'abri de l'air, croît moins vite, mais la transformation du sucre est plus énergique.

9. En l'absence de sucre, la levure fermente elle-même en donnant naissance à de l'alcool et de l'acide carbonique (contesté également par *Nægeli*).

10. La levure en train de croître et de se reproduire peut seule déterminer la fermentation (également contesté.)

Toutes les fermentations secondaires, comme les fermentations lactique, acétique, butyrique, ammoniacale et visqueuse, sont dues à des ferments organisés spéciaux.

Tels sont les principaux résultats des recherches de *Pasteur*, qui donnèrent une grande impulsion à l'étude de la fermentation. C'est ainsi qu'*Adolphe Mayer* tourna principalement ses recherches vers les matières propres à la nutrition de la levure ; il trouva que l'albumine était peu propre à sa nourriture, tandis que les peptones diffusibles lui convenaient. Cette propriété des peptones d'être propres à la nourriture de la levure, a trouvé une application importante dans la préparation du levain. *Adolphe Mayer* trouva que la diastase et la syntonine étaient peu propres à la nourriture de la levure, tandis qu'on peut employer dans ce but l'urée, la *guanine*, l'*allantoïne*, l'*asparagine* et même l'*acide urique*. Cette remarque présente aussi de l'intérêt, car l'*asparagine* se trouve dans les mouls de pommes de terre et peut servir à la nourriture de la levure. Il trouva enfin que la *créatine* et la *créatinine* ne pouvaient pas servir à la nourriture de la levure et que celle-ci ne pouvait pas non plus emprunter aux nitrates l'azote qui lui est nécessaire.

*Pasteur* et *Mitscherlich* avaient déjà constaté que la levure fermentant dans un milieu ne pouvant lui restituer son azote, devenait elle-même pauvre en azote. *Mitscherlich* put, par exemple, constater que la substance sèche d'une levure ayant fermenté dans ces conditions, ne contenait plus que 5 % d'azote au lieu de 10 %. *Pasteur* avait trouvé une déperdition de 9,77 à 5,50 %, soit 4,27 %.

*Mayer* démontra aussi que l'acide phosphorique et les sels de potasse sont indispensables à la nutrition et à la croissance de la levure. Ces deux éléments suffisent au début au développement de la levure, mais ne peuvent entretenir une reproduction active. D'autres substances minérales sont donc nécessaires à la reproduction de la levure, parmi lesquelles il faut citer principalement les *sels de magnésium* et très probablement le *soufre*. On ne sait guère si la levure a besoin pour sa croissance de *chaux* qui est indispensable aux plantes vertes, mais il est certain qu'elle n'exige pas de sels de soude et de fer. Peut-être faut-il en conclure que la chaux et le fer (c'est certain pour ce dernier) ne sont nécessaires qu'aux cellules vertes. Les substances minérales des cellules de la

levure sont donc au nombre de quatre : l'acide phosphorique, la potasse, la magnésie et le soufre.

*Reez* étudia la nature du champignon-levure et prouva qu'il se reproduit par bourgeons, le plus souvent du moins, mais que la reproduction de la levure pouvait aussi être déterminée par un mycoderme que *Jules de Seynes* avait déjà reconnu pour être le *Saccharomyces mycoderma*.

Les observations de *Reez* lui montrèrent aussi que la levure de bière différait complètement de la levure de vin.

Il put aussi confirmer la différence entre la levure haute et la levure basse que *Pasteur* avait déjà constatée.

*Reez* laisse cependant entrevoir la possibilité que ces deux levures proviennent d'une source commune, c'est-à-dire d'une même levure qui se décompose ensuite en ces deux variétés.

D'autres découvertes très importantes au point de vue de la fermentation avaient été faites vers la même époque. *Bail* avait déjà avancé en 1857 et *Hoffmann* l'avait confirmé plus tard, que d'autres organismes inférieurs n'appartenant pas à la famille de la levure pouvaient dans de certaines circonstances et en l'absence de l'air produire une fermentation. C'est ainsi que les spores du *mucor racemosus*, sorte de moisissure qui, en présence de l'oxygène, produit des filaments de mycélium, lorsqu'ils sont placés dans une solution sucrée, donnent naissance à la fermentation alcoolique. Le *mucor* se développe par bourgeons comme la levure. On sut donc d'une manière certaine, après les expériences de *Reez*, *Pasteur* et *Fitz*, que plusieurs organismes inférieurs pouvaient, de même que la levure, produire la fermentation, en donnant naissance à des produits analogues.

Il faut remarquer cependant que tous ces ferments, à l'exception peut-être du *mucor circinelloïdes* qui est un agent énergique de fermentation, ne donnent pas, en décomposant le sucre, une aussi forte quantité d'alcool que la levure ; c'est ainsi que ces organismes ne sont plus susceptibles de produire la fermentation dès que la solution contient 4 1/2 % en poids d'alcool, tandis qu'il en faut 14 % pour arrêter l'action de la levure.

Après avoir parlé de la fermentation due à des champignons, nous avons aussi quelques mots à dire de la fermentation spontanée des fruits ou des parties des plantes qui contiennent du sucre. Cette

fermentation se produit, par exemple, lorsqu'on place des fruits sains contenant du sucre à l'abri de l'air, soit en les recouvrant d'une couche de mercure, soit en les environnant d'une atmosphère d'acide carbonique; le sucre du fruit se décompose alors en alcool et en acide carbonique, sans l'intervention et l'aide de levure ou d'un autre ferment.

Ce fait a d'abord été constaté par *Dæbereiner*, *Doeping* et *Struve*, plus tard par *Chartier* et *Bellamy*, *Pasteur*, *Traube* et enfin par *Brefeld*. Pour que cette fermentation se produise, il est nécessaire que la plus grande partie des fruits soient entiers ou soient divisés en morceaux formant un tout (par exemple des quartiers d'orange). La fermentation spontanée dont nous donnerons la théorie dans un chapitre prochain, est donc une propriété des cellules vivantes, non endommagées et contenant du sucre, quand on les préserve du contact de l'oxygène de l'air. Toutes les plantes ou les parties de plantes se trouvant dans ces conditions et qu'on a expérimentées, ont donné naissance à la fermentation spontanée, entr'autres les grains de raisins, les oranges, les prunes, les pommes, les poires, les feuilles vertes et même le bois des buissons et des arbres.

Après ces digressions sur la fermentation due à un champignon et la fermentation spontanée, revenons à la question historique. Les théories de Pasteur étant opposées à celles de Liebig, il était probable que ce dernier les combattrait; c'est ce qu'il fit en effet, mais sans parvenir à les réfuter. La nature végétale de la levure et la manière dont elle produit la fermentation ne font doute maintenant pour personne.

*Brefeld* fit ensuite une série d'essais très complets qui, quoique contestés dans plusieurs des résultats obtenus, ont cependant augmenté nos connaissances sur les phénomènes de la fermentation.

Il est arrivé aux conclusions suivantes :

1<sup>o</sup> La levure qui croît et se multiplie peut produire la fermentation.

2<sup>o</sup> Une fermentation peut aussi être produite par de la levure ne croissant pas et ne vivant presque plus.

3. La levure peut aussi croître dans certaines circonstances sans entraîner la fermentation, c'est ce qui arrive principalement si la levure se trouve en contact avec une grande quantité d'oxygène.

4° La faculté de pouvoir produire la fermentation et la croissance de la levure sont donc deux propriétés distinctes.

Les expériences de Brefeld soulevèrent un déluge de contestations et de rectifications. *Mayer*, *Traube* et *Pasteur* rectifièrent ce que Brefeld avait avancé au sujet de la nécessité de la présence de l'oxygène pour que la levure puisse croître. Ce dernier prouva que la levure peut vivre sans être en présence de l'oxygène. Dans tous les cas ce n'est que la levure fraîche et très vivace qui peut se multiplier à l'abri de l'air. Nous reparlerons plus loin des nouvelles expériences de Pasteur qu'il a publiées dans son remarquable ouvrage « Études sur la bière ».

Les recherches les plus récentes ont été faites par *Nägeli*. Nous les trouvons dans son ouvrage (La théorie de la fermentation) qui parut en 1879, et dans lequel l'auteur, combattant les théories émises par Pasteur, traite la question de la fermentation et ses causes à un point de vue tout nouveau.

Les différentes données que nous avons réunies dans les paragraphes précédents et qui montrent les étapes qui ont été parcourues dans la connaissance des phénomènes de la fermentation, prouvent combien ont été nombreuses et suivies les études faites à ce sujet. Il faut reconnaître, cependant, qu'en dépit de ces recherches, les phénomènes de la fermentation ne sont pas encore complètement connus, mais la science qui progresse sans cesse ne tardera pas, sans aucun doute, à mettre en lumière les points qui peuvent rester encore dans l'ombre.

#### LES THÉORIES DE LA FERMENTATION.

Dès l'origine des recherches sur la fermentation on a émis des théories pour expliquer ce phénomène.

Ces théories sont liées tellement intimement au développement des connaissances sur la fermentation que leur étude est des plus instructives.

La théorie la plus anciennement connue est celle des alchimistes, qui admettaient que la fermentation n'était qu'une épuration, par laquelle l'alcool existant déjà tout formé dans les corps fermentescibles, mais retenu et emprisonné par d'autres substances, était mis en liberté.



Ces substances se séparaient alors sous la forme d'écume (la levure).

Cette théorie tomba d'elle-même, lorsqu'on reconnut qu'il fallait un certain agent, un ferment, pour produire la fermentation et qu'on eut étudié les corps fermentescibles, les sucres. (Becher). On se rendit alors facilement compte que l'alcool n'existait pas tout formé dans ces corps, mais qu'il était un produit de leur altération.

La théorie qui suivit, fut celle de *Willis* et *Stahl*, qui regardaient la fermentation comme un *mouvement du liquide*, produit par le mouvement de la levure se transmettant à toute la masse. Les molécules des corps fermentescibles étaient alors séparées et se transformaient en d'autres produits dont le dernier était l'alcool.

*Lavoisier*, *Thenard*, *Gay-Lussac* cherchèrent moins à expliquer les causes de la fermentation, qu'à se rendre compte, par des expériences, comment se produisait la transformation du sucre et quelle était la composition de la levure. Ils arrivèrent à des résultats si concluants, que la théorie émise par *Fabbroni* que c'étaient les acides végétaux qui produisaient la transformation du sucre en alcool et acide carbonique, fut de suite réduite à néant.

On arriva aussi à expliquer tous les phénomènes chimiques, ainsi que la fermentation, par la *théorie électro-chimique*, qui prit naissance en 1830. D'après cette théorie la fermentation se produisait indubitablement sous l'action de l'électricité et l'on supposait qu'il en était de même pour toutes les combinaisons chimiques.

*Schweigger*, un ardent défenseur de cette théorie, expliquait la fermentation en disant que la levure formait avec ses globules microscopiques des éléments de pile donnant naissance à un courant électrique qui, de même que l'eau est décomposée par un courant en hydrogène et en oxygène, décomposait le sucre en un élément électro-positif, l'alcool, et un élément électro-négatif, l'acide carbonique.

Il faut d'ailleurs remarquer que *Schweigger* qui soutenait cette théorie, n'essaya jamais de dédoubler le sucre en acide carbonique et alcool, au moyen de l'électricité.

Il n'est donc pas étonnant que cette théorie ait trouvé des contradicteurs. *Berzélius* s'éleva contre elle et montra qu'il fallait, pour produire un courant électrique, deux corps solides différents, comme du fer et du zinc mouillés par un liquide. Ce n'est pas ce

qui se passe dans la fermentation, puisqu'il n'y a qu'un corps solide, le ferment, qui est entouré de tous côtés par la solution sucrée.

Mais *Berzélius* se ménage une porte de sortie lorsqu'il ajoute : « Si l'on admet que les propriétés électriques des corps jouent un rôle dans les phénomènes chimiques, il est clair que la fermentation ne peut non plus se produire sans le concours de l'électricité, mais il reste alors à déterminer comment le ferment met en mouvement les forces électriques. »

*Berzélius* hasarda très timidement une autre explication qui fut reprise plus tard par *Mitscherlich* sous un autre nom. Il attribuait à la levure une propriété, *catalytique*, qui consistait à pouvoir transformer les autres corps d'une certaine manière sans être altérée elle-même. Il fut amené à admettre cette action catalytique de la levure en constatant qu'une très petite quantité de levure pouvait transformer de grandes quantités de sucre.

*Mitscherlich*, en établissant une théorie, ne fit que changer le nom de celle de *Berzélius*, en attribuant la fermentation à une force de *contact*, au lieu d'une force catalytique. Il arriva à cette théorie en remarquant que la levure ne produisait la fermentation que quand elle était en contact direct avec le sucre. Il en concluait que, de même que l'acide sulfurique ne transforme l'amidon en sucre qu'en agissant directement sur lui; que l'éponge de platine n'effectue la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène que si elle est en contact avec ces gaz; que l'acide sulfurique transforme l'alcool en éther, sans que ces agents transformateurs soient eux-mêmes altérés, le sucre était aussi dédoublé en alcool et acide carbonique par simple contact avec la levure.

Les théories de *Berzélius* et de *Mitscherlich* ne se répandirent guère parce que, par le fait, elles n'étaient pas satisfaisantes.

Ce n'était pas une explication d'admettre ainsi une force mystérieuse et, lorsque la connaissance plus complète des phénomènes chimiques vint expliquer un à un ceux qu'on attribuait avant au contact ou à un *effet catalytique*, ces théories ne purent continuer à subsister et restèrent seulement dans le domaine historique.

*Cagniard de Latour* et *Schwann* firent plus tard des recherches qui établirent la nature végétale de la levure, et ils attribuèrent à l'action de la levure se développant, la transformation du sucre en alcool et

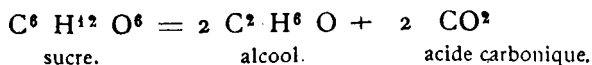
acide carbonique ; de là le nom de théorie de la *fermentation végétale* ou *vitale*. *Cagniard* et *Turpin* établirent d'une manière certaine que la fermentation, transformant le sucre en acide carbonique et en alcool, était un acte physiologique corrélatif du développement d'un organisme (végétal ou animal), qui commençait avec sa vie et se terminait à sa fin.

La théorie de la fermentation végétale ou vitale renfermait déjà le germe de la véritable explication de ce phénomène ; elle fut cependant vivement combattue par *Juste de Liebig*, qui dans la discussion ne ménagea pas à son adversaire des traits acérés et mordants (Annales de chimie et de pharmacie, vol. 29, 1839). Il remplaça la théorie de la fermentation vitale par celle du *mouvement mécanique*, qui, paraissant concorder parfaitement avec les faits alors connus, fut bientôt généralement admise. Voici comment Liebig exposait sa théorie dans son ouvrage. « Des applications de la chimie en agriculture et en physiologie » (1841) :

« Les éléments des corps fermentescibles sont déplacés sans peine » et ont peu d'affinité les uns pour les autres, aussi peuvent-ils » facilement former des groupes nouveaux.

» Pour que cette transformation s'opère, il faut que ces éléments » reçoivent une impulsion mécanique et c'est l'agent de la fermentation, le ferment en un mot, qui la donne. Les ferments ne sont » pas des corps d'une espèce spéciale, toutes les matières azotées en » voie de décomposition peuvent agir sur les corps fermentescibles.»

D'après *Liebig*, il faut donc considérer la levure comme une substance azotée peu stable, c'est-à-dire s'altérant facilement ; cette décomposition a lieu pendant la fermentation et, pendant qu'elle s'opère, toutes les molécules de la levure sont animées d'un mouvement continu. Les molécules des corps fermentescibles des sucres ne possèdent, à vrai dire, pas de mouvement propre, mais peuvent cependant se grouper différemment sous une impulsion extérieure et c'est ainsi que le sucre se dédouble en alcool et en acide carbonique, d'après la formule :



La théorie de la fermentation mécanique eut cours jusqu'en 1858 ;

elle devait tomber lorsqu'on prouva que la levure était organisée, car, comme nous l'avons dit plus haut, Liebig admettait que toutes les substances azotées susceptibles de s'altérer pouvaient produire la fermentation.

*Ce fut Pasteur qui le premier démontra avec toute certitude que non-seulement la fermentation alcoolique, mais toutes les autres fermentations, ne peuvent prendre naissance sans la présence d'un être organisé et que, par suite, les idées émises par Liebig étaient erronées.*

Il établit que lorsque la fermentation se produisait par le moyen de matières azotées en décomposition, c'est qu'il y avait quelque part des globules de levure organisée, apportés par l'air ou de toute autre façon, et que c'étaient ces globules qui faisaient fermenter, et non les matières azotées qui ne servaient que d'aliment à la levure organisée.

*L'organisation de la levure et la fermentation sont absolument liées l'une à l'autre, d'après la théorie de Pasteur. C'est le développement de la levure et non sa décomposition qui produit la fermentation. L'alcool et l'acide carbonique sont, soit les corps que rejette la levure après avoir absorbé le sucre nécessaire à son développement, soit les produits engendrés par un ferment accessoire, développé lui-même par la levure et qui agit sur le sucre.*

Comme on le voit par le paragraphe précédent, Pasteur laisse un certain doute sur la manière dont le sucre est décomposé en alcool et en acide carbonique.

A. Mayer est plus précis, quand il dit : « *Il n'est pas trop hardi d'admettre que le sucre est employé par la levure pour sa nourriture et que celle-ci rejette l'alcool, l'acide carbonique et les autres produits accessoires de la fermentation (glycérine et acide succinique).* »

Il n'est pas étonnant que la théorie de la fermentation mécanique ait été supplantée par celle de la fermentation vitale, alors que chaque nouvelle recherche rendait de plus en plus évidente la nature végétale de la levure. C'est ainsi que l'on apprit successivement que la levure contenait de l'albumine, de la cellulose, des matières grasses et des substances minérales, comme les autres plantes ; que ses cellules sont formées d'albumine, de sucre et de certaines substances minérales ; que, comme les autres plantes, elle

pouvait transformer l'ammoniaque en albumine ; qu'en un mot elle était bien un végétal.

Liebig essaya, sans grand succès, de combattre l'impression produite par les travaux de Pasteur dans un nouvel écrit où il adaptait avec une grande habileté à sa théorie les faits nouveaux mis en lumière par Pasteur. Dans cet ouvrage Liebig ne nie plus que la levure ne soit un être organisé, mais il conteste que *la fermentation et la croissance de la levure soient deux phénomènes connexes*. Cette manière de voir, contraire à celle de Pasteur, semble avoir été confirmée par les expériences de *Brefeld*.

Voici quelle est en somme la théorie de Liebig :

La levure se compose de cellules qui se multiplient dans une solution renfermant du sucre, des albuminates et des matières minérales.

La majeure partie du contenu des cellules est formée par un composé de sucre et d'un corps albuminoïde. Dès que la croissance de la levure est terminée, il se produit à l'intérieur des cellules un mouvement moléculaire.

La combinaison de sucre et d'albumine qui se trouve à l'intérieur des cellules pendant la croissance de la levure, se décompose alors et le sucre se transforme en alcool et en acide carbonique.

Si la levure se trouve dans de l'eau pure, la transformation s'arrête quand il n'y a plus de sucre dans les cellules, mais si elle se trouve dans une solution sucrée (le sucre a d'abord été interverti par la levure), des parcelles de sucre pénètrent dans les cellules à travers les membranes et y sont décomposées, à leur tour, au contact de l'albumine en alcool et en acide carbonique. Le composé d'albumine et de sucre reste donc intact tant que la levure croît et s'organise ; il ne se décompose et par suite la transformation du sucre en alcool ne commence que lorsque la levure a fini de croître et meurt.

*C'est le mouvement moléculaire à l'intérieur des cellules qui produit le nouveau groupement des molécules du sucre.*

Liebig désigne donc clairement la fermentation comme étant la conséquence, non de la croissance de la levure, mais au contraire de sa mort et de la dissolution des combinaisons chimiques se trouvant dans les cellules en croissance.

*En résumé, la croissance et l'organisation de la levure, d'une part, et la production de la fermentation, d'autre part, sont, d'après Liebig, deux phénomènes absolument distincts, le second ne commençant que lorsque le premier a pris fin.*

Cette théorie est exacte au point de vue de la distinction qu'il faut faire entre les deux phénomènes ; par contre, elle ne l'est plus quand elle fait commencer la fermentation après la mort seulement de la levure. La croissance de la levure et la fermentation sont, au contraire, deux phénomènes indépendants l'un de l'autre mais pouvant se produire ensemble.

La réponse de Pasteur à Liebig n'apporta pas tout d'abord de nouveaux éléments à la discussion, mais bientôt le savant français dut transformer sa théorie de la fermentation, après s'être rendu compte *que d'autres plantes que la levure peuvent produire la fermentation dans les solutions sucrées, quand on les met à l'abri de l'air.*

Pasteur explique donc dans un nouvel écrit (comptes-rendus 1872, volume 75, pages 785-792, « faits nouveaux pour servir à la connaissance des fermentations proprement dites ») que la fermentation est un phénomène qui n'est pas dû uniquement à l'action de la levure, mais qui peut être produit dans de certaines circonstances par toute cellule organisée.

Les agents producteurs de la fermentation ou ferments sont des êtres organisés possédant la propriété de pouvoir croître et se multiplier à l'abri de l'oxygène de l'air, qui est indispensable à la vie de tous les autres organismes.

Quelques uns de ces ferments (le ferment butyrique, etc.) périssent même dès qu'on les met dans un milieu renfermant de l'oxygène.

Quant à la levure, le plus énergique de ces ferments, elle ne perd pas complètement sa propriété fermentative quand elle est placée dans ces conditions, mais elle perd cependant une partie de cette force, lorsqu'elle croît dans un milieu riche en oxygène.

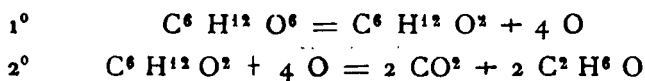
*La fermentation doit donc être regardée comme un phénomène vital qui se produit en l'absence d'oxygène.* La cellule de levure ou, d'une manière plus générale, toute cellule organisée, placée au contact de l'oxygène de l'atmosphère, se procure la force nécessaire à son développement par l'oxydation des corps carburés ; si cet

oxygène vient à manquer, elle se procure cette force par la transformation des hydrates de carbone, par la fermentation. On a une preuve de la force que produit la fermentation, dans le dégagement de chaleur qu'elle entraîne et dans ce fait que la somme des forces moléculaires des produits de la fermentation (alcool et acide carbonique) est plus petite que celle du sucre.

La levure et les autres ferments ne se distinguent des plantes ordinaires qu'en ce qu'ils peuvent vivre et même croître et se multiplier sans le secours de l'oxygène de l'air, grâce à leur faculté de pouvoir se procurer la force nécessaire à leur développement par la décomposition des composés carburés. Toute cellule végétale peut, du reste, être considérée dans ce sens comme un ferment, car lorsqu'on la met à l'abri de l'air, elle vit aux dépens des composés oxygénés qu'elle transforme en un produit riche en oxygène, l'acide carbonique, et un produit pauvre, l'alcool, donnant ainsi naissance à la fermentation.

Un certain nombre de chimistes allemands n'ont pu se résoudre à accepter la théorie de Pasteur sur la fermentation ; ils expliquent ce phénomène par l'action spéciale des ferments et les transformations chimiques qu'ils produisent. C'est pourquoi l'on appelle cette théorie, qui a été surtout appuyée par *Moritz-Traube* et *Hoppe-Seyler*, la théorie chimique de la fermentation. Suivant cette théorie les cellules de levure renferment, à côté d'un grand nombre de corps, un composé spécial qui agit sur le sucre comme ferment et le transforme en divers corps de la même façon que l'invertine qui peut-être facilement isolée de la levure, transforme le sucre de canne en deux sucres différents. C'est ainsi que la levure renfermerait le ferment alcoolique et les autres champignons, des ferments butyrique, lactique, ammoniacal, etc., etc., qui produisent les fermentations de même nom.

D'après cette théorie, l'action de ce ferment alcoolique peut être représentée par les formules suivantes :



Elle peut être divisée en deux périodes ; pendant la première, de

l'oxygène est mis en liberté; pendant la seconde, il se produit une véritable oxydation.

Naturellement le ferment ne peut exercer avec énergie son action oxydante qu'à l'abri de l'air.

Le ferment se trouve vraisemblablement dans le protoplasma des plantes, c'est pourquoi les cellules entières et non déchirées peuvent seules produire la fermentation et seulement en cas de manque d'oxygène.

De ce que ce ferment n'a pas encore pu être isolé, il ne faut pas conclure qu'il n'existe pas, car son existence est absolument liée à celle de la cellule vivant à l'abri de l'oxygène.

Le jus provenant des cellules pressées a subi non-seulement des transformations mécaniques, mais aussi des altérations chimiques, comme celle qui se produit par suite de la coagulation de l'albumine; ce sucre n'est donc pas identique à celui qui se trouve dans la cellule entière et il n'est nullement étonnant qu'il ne donne pas lieu à la fermentation spontanée.

Naegeli a soulevé récemment des objections importantes contre les théories précédentes, celle de Pasteur et celle des ferments.

La théorie de Pasteur repose sur la donnée que l'exclusion de l'oxygène est nécessaire à la fermentation. Naegeli prouve, au contraire, que la fermentation se produit aussi, dans certains cas, en même temps que des phénomènes non équivoques d'oxydation, par exemple en même temps que la formation d'éther acétique dans les moûts. C'est ainsi que si l'on met dans une bouteille un peu de moût de raisin de façon à ce qu'il soit exposé à l'air, l'éther acétique qui se produit presque toujours en même temps que la fermentation est une preuve que l'exclusion de l'oxygène n'est pas nécessaire, la formation de l'éther acétique reposant sur un phénomène d'oxydation. Naegeli va même plus loin et fait entendre que, d'après ses expériences, l'oxygène serait même favorable à la fermentation.

Quant à la théorie dite chimique, voici quelles sont les objections qu'il lui oppose: D'une part, l'existence d'un ferment n'a pas été prouvée et, d'autre part, la transformation du sucre n'est nullement un phénomène de même nature que ceux auxquels les ferments donnent naissance.

Sous l'action des véritables ferments, en effet, il se produit une



transformation de certains corps végétaux ou animaux impropres à la nutrition en composés solubles ou diffusibles, propres à être assimilés.

C'est ainsi que l'amidon se transforme en sucre sous l'action de la diastase, l'albumine en peptone sous celle de la pepsine du suc gastrique et ainsi de suite. Il ne se produit rien de semblable dans la transformation alcoolique, car l'acide carbonique n'est en aucune façon un aliment et l'alcool est un véritable poison pour la levure. La transformation du sucre ne peut donc être assimilée aux phénomènes produits par les ferments.

Naegeli remplace les deux théories précédentes qu'il repousse, par une autre qu'il désigne sous le nom de théorie physicomoléculaire. D'après lui la fermentation est due à ce que le mouvement vibratoire que possèdent les molécules et groupes atomiques des composés réunissant le plasma vivant des cellules, se communique à la matière fermentescible dont il rompt l'équilibre moléculaire et produit ainsi sa décomposition. A première vue, cette explication semble présenter de l'analogie avec la théorie moléculaire de Liebig, mais elle en diffère en réalité sensiblement. Liebig admettait, en effet, dans sa première théorie, l'existence dans les cellules de composés protéiques spéciaux se transformant en alcool et en acide carbonique et produisant ainsi un mouvement moléculaire qui se communique au sucre et entraîne sa décomposition. La présence dans les cellules de ces composés spéciaux n'a, du reste, jamais été démontrée. Dans la théorie de Naegeli, au contraire, il n'existe pas de corps particuliers pouvant se décomposer et le mouvement est transmis au sucre simplement par le contact du plasma vivant de la cellule, dont les molécules vibrent mais ne subissent pas de transformation chimique.

La théorie physicomoléculaire de Naegeli se rapprocherait donc plutôt de la vieille théorie de la fermentation par contact de Mitscherlich.

La théorie de la fermentation de Naegeli met en lumière des faits qu'on n'avait pas pu dans les anciennes théories expliquer d'une manière satisfaisante.

C'est ainsi, par exemple, qu'elle explique pourquoi la fermentation est liée à la vie de la cellule et qu'elle enlève tout espoir

de pouvoir isoler et retirer des cellules un ferment pouvant servir d'agent de fermentation.

Elle permet de se rendre compte que la fermentation ne se produit pas seulement à l'intérieur de la cellule, comme on le supposait auparavant, mais qu'elle peut s'étendre au milieu environnant, car on s'explique fort bien que le mouvement du plasma de la cellule puisse se transmettre au milieu environnant, en s'affaiblissant peut-être, de même que le son ne fait que diminuer d'intensité en passant à travers un carreau de vitre.

Cette théorie donne aussi la clef de la formation des produits secondaires, glycérine, acide succinique, etc., car on conçoit fort bien qu'il se produise pendant la fermentation, au lieu d'une séparation simple et régulière telle qu'elle se produirait sous l'action d'un ferment, plusieurs transformations, non en proportion définie, mais variant suivant les différences que peut présenter chaque cellule individuelle, tout en ayant toutes un point commun, la formation d'alcool et d'acide carbonique.

L'observation, faite par Pasteur, que chaque espèce de levure et chaque genre de nourriture de la levure donnent un goût différent aux liquides fermentés, trouve également son explication dans la théorie de Naegeli.

Celui-ci a donc apporté dans la discussion des éléments tout nouveaux ; sa théorie n'est point indiscutable, cependant, et l'on doit s'attendre à ce que de nouvelles observations de Pasteur viennent la rendre moins plausible.

## COURT EXPOSÉ DES FAITS RELATIFS A LA FERMENTATION.

---

### I. DE LA LEVURE ET DES CONDITIONS NÉCESSAIRES A SON DÉVELOPPEMENT.

1. L'agent producteur de la fermentation dans les moûts et dans les brassins est un champignon du genre *saccharomyces*, le *saccharomyces cerevisiae*.

2. Le champignon de la levure est un organisme à une seule cellule de forme plus ou moins ovale et ayant, la plupart du temps,

ses extrémités, non pas aplaties, mais arrondies. La cellule est entourée à l'extérieur d'une membrane solide dont l'identité avec la cellulose des cellules des plantes supérieures n'a pas encore été démontrée. Ce que l'on sait, c'est que cette membrane ne donne pas avec l'iode les réactions connues de la cellulose. On peut observer cette membrane d'une façon très distincte quand on tue la cellule, l'intérieur de celle-ci se contractant alors et se retirant de la membrane. L'intérieur de la cellule se compose d'un protoplasma grenu à grains très fins et écumeux.

On distingue souvent au milieu de la cellule (fig. I *b*) et dans de certaines circonstances (fig. II *b* et *c*) une zone circulaire claire; elle indique la position à l'intérieur du protoplasma du suc de la cellule (dessin de *Brefeld*, Landw. Jahrb. 1884, page 77),

La cellule, au lieu d'une seule grande vacuole peut en présenter plusieurs petites. On les reconnaît d'une façon particulièrement distincte dans des cellules ayant été lavées et surtout lorsqu'elles ont séjourné dans l'eau. On ne voulait pas admettre jusqu'à présent la présence d'un noyau dans les cellules, mais les expériences récentes de Schmitz semblent la rendre probable, non-seulement dans le *saccharomyces cerevisiae*, mais aussi dans tous les organismes à une seule cellule. Dans tous les cas, on arrive, en se servant de colorants, à distinguer un corps ayant une grande analogie avec un noyau.

La multiplication de la levure dans les solutions sucrées se fait par bourgeonnement. Il se produit un bourgeon à une extrémité ou à tout autre endroit de la levure-mère. Ce bourgeon affecte tout d'abord la forme sphérique, puis à mesure qu'il se développe, il se rapproche de celle de la levure-mère, à laquelle il reste tout d'abord rattaché par un petit isthme étroit (fig. II *a*).

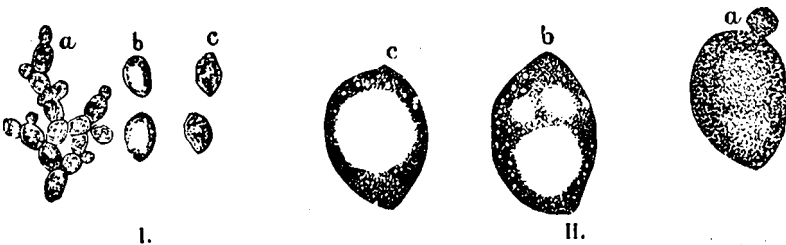


Fig. 150.

La cellule nouvellement formée possède la propriété de bourgeonner à son tour (fig. I a), pendant que la levure-mère continue aussi à donner naissance à un nouveau bourgeon. La multiplication se produit ainsi au moyen de bourgeons, poussant sur les jeunes et les vieilles cellules sans qu'aucune règle détermine la position des bourgeons et le moment de leur apparition, de telle sorte qu'ils finissent par former une agglomération revêtant l'aspect le plus différent suivant la position et le nombre des bourgeons. A mesure que la multiplication se produit et que de nouveaux bourgeons se forment aux extrémités des cellules, les plus vieux qui étaient déjà séparés de la cellule-mère par une membrane formant la partie étranglée qui les reliait encore, s'en détachent complètement.

Chaque cellule avec ses bourgeons, ainsi détachée de la masse, devient à son tour cellule-mère et centre de reproduction, autant que son âge et sa fertilité le permettent, et elle continue à bourgeonner tant que le milieu dans lequel elle se développe contient les substances nutritives nécessaires.



Fig. 151.

La reproduction de la levure est très rapide, un bourgeon pouvant pousser en une demi-heure ou un quart d'heure quand la température est favorable. Aussi quelques cellules suffisent-elles pour remplir de levure en quelques jours une grande quantité de liquide.

3. Naegeli donne les indications suivantes sur la grandeur des cellules de la levure de bière :

Diamètre.....	0,001 mm.
Surface.....	0,0003 mmq.
Volume.....	0,0000005 mmc.
Poids.....	0,0000000005 g.
Substance sèche.....	17 %.

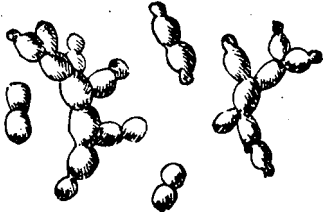
4. L'aspect d'une cellule varie suivant qu'elle se reproduit, qu'elle est en repos ou qu'elle est morte (fig. 151, dessin de Brefeld. Landw. Jahrb. 1876, tableau I et II.)

Tandis que les cellules croissant normalement renferment à l'intérieur un corps grenu traversé par des vacuoles (fig. 1), il s'y produit un changement quand elles commencent à croître pendant la fermentation à l'abri de l'oxygène libre. L'intérieur de la cellule s'épaissit, devient moins aqueux et sans doute aussi plus riche en azote, et les vacuoles disparaissent.

L'aspect de la levure reste le même pendant la durée de la fermentation jusqu'à ce que la transformation du sucre en alcool étant complète, la fermentation cesse. Il ne se forme pas d'agglomération de cellules de levure pendant la fermentation, les nouveaux bourgeons se séparant promptement de la levure-mère (fig. 2-5). Quelquefois deux cellules sont réunies (fig. 2-3). Au bout d'un certain temps, des semaines ou des mois, il se forme des petits grains à l'intérieur des cellules (fig. 3-4); enfin les membranes se gonflent, indiquant par ce signe certain que la cellule est morte (fig. 5-7). Quelques cellules de levure vivent, cependant, pendant plusieurs mois dans des liquides ayant fermenté, le vin par exemple.

5. Le champignon produisant la fermentation dans les moûts de vin diffère de la levure de bière. D'après *Reess*, il n'y aurait pas moins de six espèces de ces champignons, qui sont représentés page 104.

Un seul de ces divers saccharomyces, le saccharomyces ellipsoïdes est semblable à la levure de bière. Les autres ont cependant avec elle un point commun, c'est qu'ils se reproduisent par bourgeons dans les liquides en fermentation.



Sacch. ellipsoïdus agrandi 600 fois.



Sacch. conglomeratus agrandi 600 fois.



Sacch. apiculatus agrandi 600 fois.



Sacch. Reessii agrandi 350 fois.

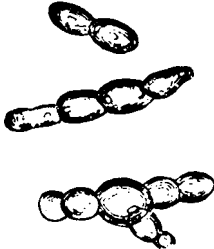


Sacch. Pastorianus agrandi 600 fois.

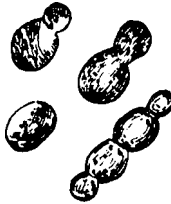


Sacch. exiguus agrandi 350 fois.

Fig. 152.



1. Levure haute bourgeonnant agrandie 400 fois.



2. Levure basse agrandie 400 fois.



3. Levure basse cultivée dans des moûts de haute fermentation.



Levure haute au repos.

Fig. 153.

6. *Pasteur* dit avoir obtenu par la sélection des cellules de la levure de bière, de nouvelles espèces de levure ayant des propriétés fermentatives spéciales.

7. La fermentation n'est pas seulement produite par des champignons du genre *saccharomyces*, mais aussi par d'autres organismes (*mucor mucedo*, *mucor racemosus*, *mucor stonolifer*, *mucor circinelloïdes*) quand la fermentation s'accomplit complètement à l'abri de l'air.

Ces champignons ne donnent lieu qu'à une seule reproduction par bourgeons après laquelle ils ne se multiplient plus. Leur force fermentative est inférieure à celle des *saccharomyces*; cependant celle du *mucor circinelloïdes* est égale à celle du *saccharomyces cerevisiae*.

On a prétendu que le *saccharomyces cerevisiae* produisait une fermentation plus pure que les mucors, mais cela n'a pas été démontré.

8. Il se produit dans les cellules renfermant du sucre, lorsqu'elles sont complètement soustraites à l'action de l'air, une transformation du sucre en alcool et acide carbonique, appelé « fermentation spontanée », qui ne doit pas être identifiée avec la fermentation proprement dite produite par la levure.

9. La *levure haute* et la *levure basse* ne doivent pas être regardées comme une seule et même levure. *Reess*, par exemple, n'a pu arriver à atténuer les différences qui existent entre ces deux levures, en cultivant à plusieurs reprises de la levure basse dans des moûts de fermentation haute.

Les dessins de la fig. 153 montrent les différences existant entre les deux levures observées par *Reess*. On peut dire, cependant, que l'examen au microscope ne permet pas de distinguer avec quelque sûreté ces deux levures l'une de l'autre.

10. En outre de la reproduction par bourgeons dont nous venons de parler, la levure peut aussi se reproduire par une fructification (*Brefeld*) ou par formation d'askospores (*Reess*). Il se forme dans la cellule-mère, ainsi qu'on peut le voir dans les dessins suivants de *Reess* (*Chimie de A. Mayer et de Brefeld, landwirtschaftliche Jahrbücher, 1876, table II*), de petites cellules fermées qui sont susceptibles de bourgeonner après avoir fait éclater la cellule-mère.

Le dessin de Reess montre 6 askospores dans une cellule (fig. 154), mais *E. Chr. Hansen* croit que ce n'est là qu'une exception et que le nombre en est généralement inférieur.

Ce genre de multiplication se produit surtout sous l'action de l'oxygène fourni en abondance. La levure ne se reproduit que par bourgeons dans les moûts en fermentation (Reess).

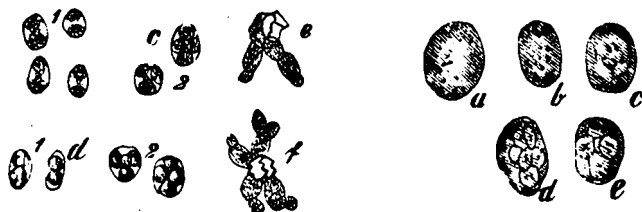


Fig. 154.

La levure de bière a du reste peu de tendance à la fructification, tandis que les diverses levures naturelles (les levures de vin) se reproduisent toujours de cette façon lorsqu'elles ont à leur disposition une quantité d'oxygène suffisante.

11. La levure renferme un ferment inversif qui transforme le sucre de canne en dextrose et lévulose (sucre interverti). Ce ferment étant soluble, se répand dans le liquide dans lequel la levure se développe et peut ainsi exercer son action indépendamment de celle de la levure. Le ferment inversif conserve son énergie après la mort de la levure, alors que celle-ci a perdu sa force fermentative. Il se diffuse même mieux dans le milieu environnant quand la levure est morte, que quand elle est vivante.

Tous les champignons-levures ne possèdent pas, d'après Hansen (Annales du laboratoire de Carlsberg, cahier III, page 183) un ferment inversif. C'est ainsi que le *sacch. apiculatus* en est dépourvu et ne peut pas, par suite, faire fermenter le sucre de canne.

12. Tandis qu'on admettait autrefois que la transformation du sucre pendant la fermentation ne s'opérait qu'à l'intérieur des cellules, on peut aujourd'hui admettre, d'après les expériences de Nægeli, qui ont conduit cet observateur à la théorie moléculaire, que l'action transformatrice de la levure peut aussi s'étendre dans le liquide environnant.

La fermentation ne peut cependant s'établir que dans la proximité des globules de levure; Nægeli estime que ceux-ci exercent leur



action transformatrice à une distance de  $1/30$  à  $1/40$  mm. de leur surface.

13. Nægeli donne l'indication suivante sur l'intensité de l'énergie fermentative : 1 gramme de levure basse a pu faire fermenter complètement en 24 heures 70 grammes de sucre dans une solution au  $10^{\text{me}}$  à  $40^{\circ}$  C., aérée constamment pendant la fermentation. En 18 heures le poids de la levure avait doublé.

Il reste à savoir si cette donnée peut être généralisée et appliquée aux moûts de distillerie.

14. Comme la moyenne des forces moléculaires, des produits de la fermentation (alcool et acide carbonique) est inférieure à celle du sucre, la fermentation doit avoir pour effet de rendre disponible de la force sous une forme quelconque. Cette force est, en partie, employée à la croissance de la levure et se dégage aussi, en partie, en chaleur

Dubrunfaut estime la production de chaleur provenant de la transformation d'un kgr. de sucre de canne ou de maltose ou de 1,0526 kgr. de glucose en 0,51 kgr. d'alcool, à 146,6 calories. Une solution de sucre à 20 % pourrait par suite s'échauffer pendant la fermentation de  $29^{\circ}$  C. En pratique l'élévation de température n'est pas aussi considérable,  $17,5^{\circ}$  C. environ, par suite de la quantité de chaleur que l'acide carbonique enlève en se dégageant et de celle qui se perd par rayonnement ou par transmission au milieu ambiant.

15. On obtient une levure pure, d'après Nægeli, en ensemençant une grande quantité des individus dont on veut opérer la sélection et en veillant à ce qu'ils ne soient pas mélangés à des organismes étrangers.

La propriété fermentative d'un champignon est en effet diminuée lorsque d'autres champignons se développent et se nourrissent dans le même liquide fermentescible ; les organismes les plus faibles sont étouffés par les plus forts, mais ces derniers aussi souffrent du voisinage des autres.

Nægeli explique ce phénomène par sa théorie physico-moléculaire de la façon suivante : Chaque agent de fermentation, appelé communément ferment, produit dans le liquide fermentescible des vibrations ou ondulations d'une amplitude déterminée qui se communiquent aux molécules de sucre dans le voisinage immédiat du ferment et produisent sa décomposition. Les molécules plus

éloignées du ferment ne sont pas décomposées par ce mouvement, mais elles le reçoivent, quoique affaibli, et vibrent à l'unisson. Si l'on ensemence, par exemple, de la levure à laquelle est mélangée une petite quantité seulement de ferment lactique, la vibration particulière à la fermentation alcoolique se propage bientôt aux molécules de toute la masse, ce qui empêche les vibrations accompagnant la fermentation lactique de se produire. Si c'est le ferment lactique qui est en excès, c'est le contraire qui se produit, c'est-à-dire que c'est la fermentation lactique qui se développe, empêchant la formation des vibrations propres à la levure. Cette lutte se produit non-seulement entre les agents produisant des fermentations différentes mais aussi entre des organismes donnant naissance à la même fermentation. C'est ainsi, par exemple, que le sacch. cerevisiae empêche le développement du sacch. apiculatus (Hansen, Annales du laboratoire de Carlsberg, cahier III, page 183).

16. D'après *Pasteur* et *Nägeli*, on peut aussi obtenir la levure à l'état de pureté en introduisant dans la solution fermentescible une petite quantité d'acide libre de façon à lui donner une réaction acide, les ferments parasites (acide lactique et acide butyrique) ne pouvant se développer dans un milieu acide. La fermentation alcoolique se produit, au contraire, particulièrement bien dans une solution sucrée faiblement acidulée.

17. La levure morte ne peut donner naissance à la fermentation; ce phénomène est donc une manifestation de la vie de la cellule.

18. La levure peut croître dans des solutions non-sucrées sans produire la fermentation, mais seulement lorsqu'elle trouve dans l'atmosphère une quantité suffisante d'oxygène.

Dans ces conditions, elle se nourrit de la même façon que les autres plantes.

19. La levure peut aussi se développer à l'abri de l'air dans les solutions nutritives, mais seulement lorsque ces solutions sont sucrées et que la levure produit une fermentation active. La levure diffère donc des autres champignons en ce qu'elle peut se développer sans le concours de l'oxygène, à la condition d'être placée dans des conditions où elle puisse produire la fermentation.

20. L'action fermentative qu'exerce la cellule de levure, favorise en toutes circonstances sa propre croissance.

21. L'oxydation qui se produit sous l'influence de l'oxygène libre.

favorise la croissance de la levure et, par suite, sa puissance fermentative.

22. La levure possède au plus haut degré la propriété d'absorber l'oxygène. Son pouvoir absorbant dépasse celui de tous les autres corps organisés connus.

23. La fermentation se produit aussi bien sous l'action de la levure en pleine croissance, que lorsque la levure a cessé de croître ; elle est cependant plus active dans le premier cas.

La levure, par contre, perd en mourant sa force fermentative. La croissance de la levure et sa puissance fermentative sont deux propriétés distinctes.

*Schutzenberger* en donne une preuve dans ce fait qu'une levure qui s'est développée jusqu'à épuisement, ne possède plus la propriété de se multiplier, tandis qu'elle peut fort bien produire la fermentation.

24. La fermentation spontanée de la levure, admise par *Pasteur* et par *Liebig*, n'existerait pas d'après *Nægeli*. Cette fermentation s'explique, comme on le sait, en disant que lorsque la levure est placée dans des circonstances favorables à la fermentation, mais dans un liquide peu sucré, elle commence par faire fermenter le sucre contenu dans cette solution, puis son action fermentative continuant, elle l'exerce aux dépens de son propre tissu qu'elle transforme ainsi en alcool et en acide carbonique.

D'après *Pasteur*, cette fermentation spontanée pourrait même se produire quand la levure est placée dans de l'eau pure, à la condition qu'elle le soit à la température de la fermentation.

*Nægeli* qui nie la fermentation spontanée, explique les phénomènes qui ont donné naissance à cette théorie, par l'action de ferments qui transformeraient la cellulose ou les mucilages de la levure en sucre, lequel subirait simplement la fermentation alcoolique normale.

25. Les produits de la fermentation varient suivant que la levure est en état de croissance, de repos ou de dépérissement. Ils sont d'autant plus purs, c'est-à-dire que l'alcool y est en proportion d'autant plus forte, que la levure est mieux nourrie et plus vivace. L'alcool amylique et les autres mauvais-goûts sont probablement dus à une levure peu nourrie ou en train de périr.

26. Tandis que les produits normaux de la fermentation proviennent aussi de la décomposition du sucre qui se trouve à proximité des cellules de levure, mais dans le liquide ambiant, les produits secondaires paraissent ne se former qu'à l'intérieur des cellules. (Nægeli).

27. La composition chimique de la levure est la suivante :

a) Analyse élémentaire.

*Dumas* (traité de chimie) :

Carbone.....	50,6
Hydrogène.....	7,3
Azote.....	15,0
Oxygène et soufre.....	27,1
	100,0

*Mitscherlich* (Elemente der Chemie) :

Carbone.....	47,0
Hydrogène.....	6,6
Azote.....	10,0
Soufre.....	0,6
Oxygène.....	35,8
	100,0

*Schlossberger* (Annalen der Chemie und Pharm. 1845, vol. 51) :

	Levure haute.		Levure basse.	
Carbone.....	50,05	49,84	48,03	47,93
Hydrogène.....	6,52	6,70	6,25	6,69
Azote.....	11,84	12,44	9,80	9,77
Oxygène.....	31,59	31,02	35,92	35,61
	100,00	100,00	100,00	100,00

b) Composition d'après Payen :

Matières azotées.....	62,73
Cellulose.....	29,37
Matières grasses.....	2,10
Matières minérales.....	5,80
	100,00

La proportion de substances minérales renfermées dans la matière sèche de la levure varie entre 2,5 % (*Schlossberger* et *Wagner*) et 7,5 % (*Mitscherlich*) ; la moyenne est donc 5 %.

La composition des cendres de levure est la suivante d'après Mitscherlich :

	Levure haute.	Levure basse.
Acide phosphorique.....	41,8	39,5
Potasse.....	39,8	28,3
Soude.....	—	—
Phosphate de magnésie....	16,8	22,6
Phosphate de chaux.....	2,3	9,7
	100,7	100,1
Proportion de cendres.....	7,65	7,51

Les cendres de levure se composent donc en majeure partie (70 à 80 %) d'acide phosphorique et de potasse.

Quant à la substance organique de la levure, les matières azotées en composent la plus grande partie. Comme l'activité de l'échange de matières est souvent en rapport direct avec la richesse en azote, on comprend sans peine qu'il n'y ait pour ainsi dire pas d'autre organisme pouvant donner naissance à un phénomène d'une intensité pareille à la fermentation que produit la levure.

La nucléine phosphorée paraît devoir être rangée parmi les matières azotées de la levure, quoique *Loew* et *Hoppe-Seyler* ne soient pas d'accord sur ce point.

D'après *Stutzer*, la levure contient sans contredit de la nucléine, et l'azote qu'elle renferme serait réparti de la manière suivante :

10,11 %	d'azote sous forme d'amides et de peptones.
63,80 %	» d'albumine.
26,09 %	» de nucléine.

La plus grande partie des matières protéiques des cellules de levure est formée, d'après *Schutzenberger* et *Destrenne*, par un composé de la formule  $C^{12} H^{24} Az^3 O^3$  (sans soufre). Il faut cependant objecter à cette assertion que le contenu de la cellule de levure est formé par du protoplasma, c'est-à-dire par un corps dont la composition est des plus complexe et auquel nous ne pouvons pas, par suite, attribuer une formule empirique quelconque. On ne peut pas non plus se prononcer sur l'exactitude de l'hypothèse de *Schutzenberger* qui admet que la cellulose des cellules de levure est analogue à celle des plantes supérieures et lui attribue la formule  $C^9 H^{18} O^5$ .

Les cellules de levure renferment, en outre, des composés très complexes qui sont formés par des éléments des hydrates de carbone et des matières protéiques et se comportent, au point de vue chimique, d'une façon analogue aux glucosides. L'enveloppe extérieure de la cellule de levure ne se distingue de l'intérieur qu'en ce qu'elle renferme plus d'éléments tirés des hydrates de carbone.

28. Les données que l'on possède sur la nutrition du champignon-levure sont les suivantes :

a) La cellulose que contient le tissu de la levure (25 à 40 % de la substance sèche) et qui n'est probablement pas identique à la cellulose des plantes supérieures, tire son existence du sucre de la solution.

b) Par analogie avec ce qui se passe dans le corps des animaux, les corps gras que contient la levure (5 %), proviennent des matières nutritives azotées préalablement décomposées, ou du sucre.

c) La levure, de même que les autres plantes, exige pour sa nourriture, en outre du sucre, des matières azotées et des substances minérales.

d) Les meilleurs aliments azotés ne sont pas, comme on le croyait autrefois, les véritables corps albuminoïdes végétaux ou animaux, mais les peptones, non coagulables et diffusibles, qui sont produits par l'action d'un ferment spécial (la pepsine) sur les corps albuminoïdes. Aussi la peptonisation des matières azotées destinées à l'alimentation a-t-elle été bien souvent préconisée, mais l'utilité de cette opération reste, cependant, encore à démontrer.

e) La levure se développant dans une solution sucrée peut, avec le concours du sucre et des substances minérales, tirer des sels ammoniacaux l'azote nécessaire à son alimentation. La fermentation et la reproduction de la levure sont cependant moins actives dans ce cas que lorsque l'azote est distribué à la levure sous la forme d'éléments azotés plus appropriés.

Peut-être l'oxygène est-il alors particulièrement nécessaire.

f) *Les champignons inférieurs et parmi ceux-là la levure, peuvent entièrement tirer l'azote nécessaire à leur existence du groupe de corps que l'on désigne sous le nom d'amides.*

Un certain nombre de ces composés, l'asparagine par exemple, peuvent aussi fournir à la levure son carbone, tandis que d'autres de ces corps, tels que l'urée, ne peuvent lui fournir que l'azote. Tous les *sels ammoniacaux* peuvent procurer l'azote à la levure ; les *sels nitriques* ne peuvent le fournir qu'à certaines catégories de champignons, comme les moisissures et les schizomycètes, et ne sont pas susceptibles de servir de source d'azote aux champignons à bourgeons.

*L'azote libre* et les composés du cyanogène (composés de carbone et d'azote) ne peuvent pas davantage servir à la nutrition de la levure.

La liste suivante se compose de corps carbonés et azotés, qui ont été rangés par Nægeli suivant leur valeur nutritive. Les corps peu solubles et ceux qui exercent une action toxique sur la levure en ont été exclus :

1. Albumine (peptone) et sucre,
2. Leucine et sucre,
3. Tartrate d'ammoniaque,
4. Albumine (peptone),
5. Leucine,
6. Tartrate d'ammoniaque, succinate d'ammoniaque, asparagine,
7. Acétate d'ammoniaque.

g) *Nægeli* fournit les données suivantes sur les corps azotés auxquels la levure donne naissance :

La levure ne rejette dans les solutions faiblement ou fortement acides que des peptones et pas d'albumine, lorsqu'elle ne produit pas la fermentation. Lorsqu'au contraire elle agit comme ferment et donne naissance à une fermentation active, elle expulse à travers les membranes des cellules, de l'albumine si le liquide ambiant est neutre ou faiblement acide, et des peptones s'il est fortement acide.

La levure rejette aussi pendant la fermentation de véritables produits de la décomposition de l'albumine, parmi lesquels la présence de la leucine a été démontrée.

*Schutzberg* et *Destrenne* ont remarqué que l'expulsion de l'azote sous forme d'amides solubles est plus forte quand la levure se trouve dans une solution sucrée en pleine fermentation, que lorsqu'elle végète dans un milieu ne renfermant ni sucre ni oxygène libre.

Par suite de cette expulsion d'azote, le tissu de la levure qui ne croît plus, mais produit la fermentation, devient plus pauvre en azote. D'après des expériences de *Mitscherlich*, la teneur en azote de la substance sèche de la levure tombe de 10 à 5 %; d'après *Pasteur*, de 9,77 % à 5,50 %. On appelle ce phénomène « l'involution ».

b) Les substances minérales qui sont absolument nécessaires à la levure et en notable quantité, sont l'acide phosphorique et la potasse. La magnésie et le soufre ne sont pas complètement indispensables, mais paraissent avoir leur utilité; quand à la nécessité de la chaux n'a elle pas été démontrée. Les azotates et le fer, ne sont pas nécessaires à la levure.

29. Les conditions les plus favorables au développement de la levure sont les suivantes :

a) *Une certaine concentration de la liqueur sucrée.* On admet, en général, qu'une concentration de 35 % de la solution sucrée est la limite maxima à laquelle la levure peut encore produire la fermentation. Cette donnée concorde avec l'observation de *Meissner*, que les cellules de levure ayant 70 à 80 % d'eau sont seules aptes à se reproduire; des solutions sucrées plus concentrées s'emparent d'une partie de l'eau de la levure et rendent ainsi cette dernière impropre à la reproduction.

*Hayduck* a trouvé cependant (*Zeitschr. f. Spiritus Ind.* 1881, page 27) que cette notion généralement admise n'était confirmée qu'en partie par les faits, et il a prouvé que si, en effet, certaine levure perdait sa propriété fermentative à la limite de concentration indiquée plus haut, il en est d'autres qui peuvent donner naissance à une fermentation active dans des solutions renfermant 50 % de sucre et même davantage. Dans ce dernier cas la fermentation est seulement un peu ralentie.



Le tableau suivant donne les résultats des expériences de *Hayduck* à ce sujet :

Concentration de la solution.	Poids total du sucre dissous.	Contenance en alcool après fermentation avec 10 gr. de levure.	Contenance en alcool après la fermentation.	Poids total de l'alcool formé.	Sucre transformé pendant la fermentation
sucre %.	gr.	% en vol.	% en poids	gr.	gr.
30	120	15,4	13,48	49,92	92,7
50	200	7,65	6,18	24,72	45,9
60	240	4,2	3,36	13,44	24,9
70	280	1,0	0,80	3,20	5,9

b) *Berzélius* indique la concentration de 1 % comme la limite inférieure à laquelle la levure peut produire la fermentation, mais l'exactitude de cette assertion n'est pas démontrée.

c) La concentration la plus favorable à la marche normale de la fermentation et au développement de la levure peut être fixée à 10 à 15 %.

d) On peut cependant faire fermenter complètement des solutions plus riches en sucre en employant une quantité abondante de levure bien active.

La pratique de la préparation des moûts épais, à laquelle l'impôt basé sur la capacité des cuves a donné une forte impulsion, a prouvé que l'on pouvait parfaitement faire fermenter des moûts renfermant 20 à 22 % de sucre, ce qui correspond à 24 à 26 degrés du saccharomètre.

e) Les températures les plus favorables à la fermentation sont celles qui se trouvent entre 25 et 40° C. et d'après les expériences les plus récentes surtout celles qui avoisinent 32 à 34°.

30. Quant aux circonstances qui gênent la fermentation, voici ce que l'on peut en dire :

a) La fermentation se ralentit aux températures inférieures à 10°; elle ne s'arrête pas totalement aux températures avoisinant le point de congélation, mais elle ne marche plus que très lentement.

La levure dégénère cependant à ces températures inférieures et perd sa propriété reproductrice, c'est pourquoi les brasseries tra-

vaillant par le procédé bohémien sont obligées de renouveler souvent leur levure.

b) La fermentation s'arrête naturellement au point de congélation, car, à cette température, la levure est en grande partie tuée et désorganisée.

(On peut conserver les liquides fermentescibles par la congélation).

c) A partir de 50° C. la levure perd sa propriété fermentative.

d) La levure ne meurt cependant qu'à la température correspondant à la coagulation de l'albumine, soit à 70° C. Elle perd alors naturellement d'une façon définitive sa propriété fermentative.

e) Cette température doit être maintenue assez longtemps pour que toute une agglomération de cellules de levure soit tuée, car certains globules paraissent conserver leur vitalité même après l'ébullition du liquide qui les renferme.

On voit, en effet, souvent la fermentation s'établir spontanément et la levure se reproduire dans des liquides ayant été portés à l'ébullition.

f) La levure peut parfaitement supporter la dessiccation, si cette opération est faite avec soin et à une température de 35 à 40° C. Ses propriétés fermentative et reproductrice sont alors, il est vrai, un peu affaiblies, mais la levure séchée n'en garde pas moins sa vitalité très longtemps et peut servir à la préparation de levains frais.

g) Les sels de plusieurs métaux lourds tels que le cuivre, le plomb, l'argent et particulièrement le mercure tuent la levure et empêchent la fermentation.

h) D'autres corps qui sont des poisons violents pour les tissus animaux sont sans action sur la levure. L'acide cyanhydrique est dans ce cas. Les acides libres comme l'acide azotique, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique, qui notoirement coagulent l'albumine de la levure, empêchent la fermentation quand ils sont répandus en grande quantité dans les solutions sucrées.

i) Les acides dont l'action antiseptique est connue, tels que l'acide salicylique, l'acide benzoïque, le phénol, sont aussi anti-fermentescibles; ils gênent cependant davantage les fermentations des schizomycètes que la fermentation alcoolique.

k) Les corps inférieurs de la série grasse à savoir les acides formique, butyrique, valérique, caproïque exercent une action anti-fermentescible très-marquée et spécialement les acides butyrique et caproïque. (On en a une preuve dans la difficulté qu'on éprouve à faire fermenter certaines mélasses de betteraves). L'acide acétique, employé en grande quantité, empêche aussi la fermentation, mais son action est bien moins énergique que celle des acides précités.

l) Une solution fortement alcaline arrête la fermentation et tue la levure en coagulant l'albumine de ses tissus.

m) L'éther éthylique tue rapidement la levure.

n) L'alcool concentré tue également la levure dont il coagule l'albumine.

Lorsqu'une solution fermentescible renferme 14 % de son poids d'alcool, la fermentation s'arrête complètement ; la levure cesse de s'accroître déjà à 12 % (*Brefeld*).

Ces proportions d'alcool dans le liquide fermenté ne tuent cependant pas la levure. La fermentation engendrée par le mucor est déjà arrêtée par une proportion de 4  $\frac{1}{2}$  à 5 % d'alcool dans le moût.

## II. CORPS FERMENTESCIBLES.

Les divers sucres *directement fermentescibles* sont les suivants :

1° *La dextrose*  $C^6 H^{12} O^6$ . ou *glucose*

2° *La lévulose*  $C^6 H^{12} O^6$ .

Ces deux sucres se rencontrent dans un grand nombre de fruits et dans les raisins. Ils s'y trouvent généralement en quantité égale. On obtient aussi un mélange par moitié de *dextrose* et de *lévulose* par l'inversion du sucre de canne. Ces deux sucres, pris isolément ou ensemble, sont directement et facilement fermentescibles.

3° *La maltose*  $C^{12} H^{22} O^{11}$ , qui est produite par l'action de la diastase du malt sur l'amidon, est aussi directement fermentescible.

*Les sucres non directement fermentescibles, mais qui le deviennent après avoir été intervertis, sont les suivants :*

1° *Le sucre de canne*  $C^{12} H^{22} O^{11}$ . Ce sucre exige dans toutes les circonstances une inversion préalable pour pouvoir fermenter, mais la plupart du temps on n'est pas obligé de faire artificiellement

cette opération, consistant à faire bouillir le liquide avec un acide étendu, grâce à un ferment contenu dans la levure, l'invertine, qui accomplit l'inversion très facilement.

Peut-être l'inversion artificielle du sucre de canne doit-elle être conseillée dans certains cas. (Voir le chapitre sur le travail des mélasses).

2° *Le sucre de lait* ( $C^{12} H^{22} O^{11}$ ). Le sucre de lait ou lactose n'est pas directement fermentescible, mais si on laisse longtemps en contact avec une grande quantité de levure la solution qui le contient, la fermentation se développe peu à peu, sans doute parce qu'il se forme un sucre interverti d'une façon analogue à ce qui se passe pour le sucre de canne. Ce sucre interverti serait le même que celui que l'on obtient en faisant bouillir lentement une solution de sucre de lait ou rapidement lorsqu'elle est acidulée, et qui est directement fermentescible.

*Certains hydrates de carbone ne sont pas directement fermentescibles et ne sont pas non plus intervertis par les ferments de la levure ; ce sont :*

1° *La dextrine*. Il paraît exister des dextrines directement fermentescibles, se formant en diverses circonstances, entr'autres sous l'action du malt sur l'amidon.

Il est certain cependant que la dextrine (achroodextrine) qui est un produit normal de la saccharification, n'est pas directement fermentescible ou l'est si peu qu'on peut la regarder en pratique comme ne l'étant pas.

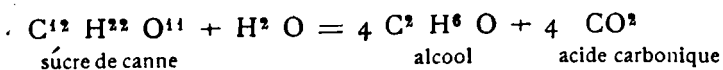
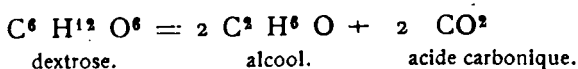
2° *L'inuline et la lichenine*. Ces deux corps ne peuvent fermenter qu'après inversion, obtenue par l'ébullition avec un acide dilué.

3° *L'amidon*. Cet hydrate de carbone qui constitue la matière première principale de l'industrie de la distillerie, doit, pour pouvoir fermenter, être transformé en maltose par la diastase, ou en dextrose par l'ébullition avec un acide étendu.

4° *La cellulose* qui, portée à l'ébullition avec un acide, donne aussi naissance à un sucre fermentescible, probablement la dextrose.

### III. PRODUITS DE LA FERMENTATION.

1. La levure active, croissant sans le concours de l'oxygène de l'air dans une solution sucrée, produit presque exclusivement de l'alcool et de l'acide carbonique, d'après la formule :



Plus la levure est pure et active, plus la proportion d'alcool et d'acide carbonique se rapproche de celle donnée par cette réaction. (*Brefeld*).

La levure peu vivace donne naissance, à côté de l'alcool et de l'acide carbonique, à des produits secondaires, comme des acides organiques, du fusel, etc. La quantité de ces produits est probablement d'autant plus grande que la levure est plus près de mourir. (*Brefeld*).

3° D'après *Pasteur*, 5 à 6 % du sucre se transforment pendant la fermentation en *glycérine* et en *acide succinique*, qui doivent être regardés comme des produits normaux de la fermentation. D'après *Brefeld*, la glycérine et l'acide succinique ne se formeraient que lorsque la levure n'a presque plus de vitalité et la levure active et saine ne donnerait pas naissance à ces produits.

4° La formation du *fusel* ne peut cependant pas être attribuée exclusivement à une levure dépourvue de vitalité, car certaines matières premières, telles que les moûts de grains qui sont très favorables au développement et à la nutrition de la levure et sont employés pour la fabrication de la levure artificielle, donnent plus particulièrement naissance au fusel.

5° Les quantités théoriques d'alcool et d'acide carbonique que l'on devrait obtenir par la fermentation des principales matières employées à la fabrication de l'alcool sont les suivantes :

$\text{C}^6 \text{H}^{12} \text{O}^6 + \text{H}^2 \text{O}$	dextrose cristallisée. 46,46 %	d'alcool, 44,44 %	d'acide carb.
$\text{C}^6 \text{H}^{12} \text{O}^6$	dextrose anhydre... 51,11	» 48,88	»
$\text{C}^{12} \text{H}^{22} \text{O}^{11}$	súcre de canne..... 53,80	» 51,46	»
$\text{C}^6 \text{H}^{10} \text{O}^5$	amidon..... 56,78	» 54,32	»

Ce qui revient à dire que l'on peut obtenir théoriquement de :

100 kilos de dextrose cristallisée.....	58,59	litres d'alcool pur.
» de dextrose anhydre.....	64,45	»
» de sucre de canne.....	67,84	»
» d'amidon... ..	71,60	»

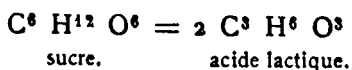
En tenant compte de la donnée de Pasteur que 6 % du sucre ne se transforment pas en alcool et en acide carbonique, les rendements maxima que l'on pourrait obtenir sont les suivants :

De 100 kilos de dextrose cristallisée.....	55,07	litres d'alcool pur.
» de dextrose anhydre.....	60,58	»
» de sucre de canne.....	63,77	»
» d'amidon .....	67,30	»

## 2. FERMENTATIONS SECONDAIRES.

### 1. FERMENTATION LACTIQUE.

Le sucre se décompose, sous l'action du ferment lactique, en partie d'après la formule



Il est cependant probable que la transformation du sucre en acide lactique n'est pas aussi simple et que, si cet acide est le produit principal de la fermentation lactique, il se forme encore, à côté, des produits secondaires tels que l'alcool, la mannite et du mucilage (?).

En outre de ces corps, l'acide carbonique serait aussi un produit de la fermentation lactique. On n'a pas encore pu déterminer dans quelles proportions ces différents composés se trouvent dans une solution ayant subi la fermentation lactique; il est cependant certain qu'une partie d'acide lactique provient, non d'une partie de sucre, mais de plusieurs.

Nous verrons dans le chapitre intitulé « Pratique de la fermentation », que la fermentation lactique doit être regardée comme un mal nécessaire en distillerie, l'acide lactique servant, à cause de

ses propriétés spéciales, à la production de la levure à l'état de pureté.

La fermentation lactique est provoquée par un ferment organisé (Pasteur) qui se compose, non de globules comme la levure, mais de bâtonnets allongés, qui sont deux fois plus longs que larges et légèrement étranglés au milieu. Ce ferment appartient à la classe des schizomycètes (bactéries), il possède un mouvement vibratoire tout particulier et se reproduit, non par bourgeonnement, mais par partage des cellules et par formation de spores, ainsi que le font, du reste, toutes les bactéries.

La fig. 155 représente le ferment lactique d'après le dessin de *Pasteur*.

Du reste, la levure lactique des moûts à alcool semble être tout autre que celle de *Pasteur*. Il paraîtrait donc y avoir deux champignons différents qui transforment le sucre en acide lactique. La fig. 156 tirée de la « *Gaerungschemie* d'Adolphe Mayer, 3<sup>e</sup> édition » représente le ferment lactiqué des moûts alcooliques.

Tous les essais que *Pasteur* a faits sur la nutrition de la levure et les substances nécessaires à son développement, ont été répétés pour le ferment lactique.

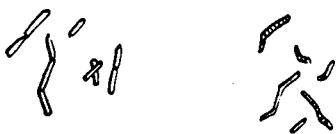


Fig. 155.



Fig. 156.

Ce ferment paraît se comporter comme la levure alcoolique au point de vue de ses besoins en matières minérales (*Pasteur*).

Le développement de la levure lactique diffère cependant de celui de la levure alcoolique en ce que l'oxygène qui est nécessaire au plus haut point à la végétation de ce dernier ferment, gêne la croissance de la levure lactique, et, dans certains cas même, l'arrête

complètement.

*A. Mayer* a donné la preuve que le ferment lactique pouvait croître et se multiplier sans le secours de l'oxygène. On savait, du reste, depuis les expériences d'*Alexandre Muller* (landw. Versuchstationen 1865-66) sur l'acidification du lait que le libre accès de l'oxygène retardait la fermentation lactique.

L'atmosphère contient presque partout des germes ou des individus complets de levure lactique, aussi les solutions sucrées qui renferment de l'albumine et des matières minérales en quantité suffisante, ne tardent-elles pas à subir spontanément la fermentation lactique lorsqu'elles sont exposées à l'air.

Toutes les substances pourries sont excellentes pour servir de point de départ à la fermentation lactique ; c'est ainsi, par exemple, que le fromage gâté détermine très facilement cette fermentation dans les liquides sucrés.

Chaque parcelle de résidus de moût qui reste adhérente aux parois des vases ou aux murs de la distillerie, peut être la cause de la multiplication à l'infini de l'acide lactique et d'autres ferments ; c'est pourquoi une propreté scrupuleuse est la condition essentielle de l'exclusion de l'acide lactique qui est si souvent pernicieux pour la fermentation.

La levure lactique est surtout adhérente aux grains et se trouve en grande quantité dans la poussière avec laquelle ils sont mélangés.

On ne peut donc que conseiller de débarrasser de cette poussière les grains et l'orge destinée à la préparation du malt.

La température la plus favorable au développement du ferment lactique est celle de 30 à 45° C. ; elle est donc un peu plus élevée que celle qui convient le mieux à la levure alcoolique.

Il s'en suit qu'il faut s'efforcer, lorsqu'on refroidit les moûts à la température de la fermentation, de les laisser séjourner le moins longtemps possible à celle qui est propice au développement de l'acide lactique

Comme on arrive plus facilement à ce résultat en hiver qu'en été, on comprend sans peine que les moûts aient plus de tendance à s'acidifier pendant cette dernière saison.

Comme la levure lactique est répandue en grande quantité dans l'air, on doit recommander tous les procédés de réfrigération qui permettent de ne laisser le moût en contact qu'avec peu d'air pendant la période dangereuse de 30 à 45° C. A ce point de vue le réfrigérant tubulaire de Nægeli est parfait, car l'air n'a pas accès dans cet appareil pendant toute la durée de l'opération.

La fermentation lactique se poursuit le plus activement dans les solutions neutres. Aussitôt que, par suite de la fermentation



lactique, il s'est rassemblé dans la solution une certaine quantité d'acide lactique libre, la formation de cet acide cesse complètement. Les praticiens savent parfaitement bien, qu'un moût-levain, par exemple, qu'on a laissé s'acidifier, n'arrive jamais à marquer plus de 6,5 à 7° d'acidité à l'acidimètre de *Lüdersdorff*.

L'acide lactique est un ennemi doublement à craindre en distillerie, car, d'une part, il vit aux dépens du sucre qu'il enlève à la transformation alcoolique, et, d'autre part, il a une influence funeste sur la fermentation.

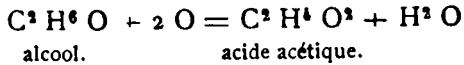
On attribuait autrefois la mauvaise fermentation des moûts qui s'étaient fortement acidifiés à ce que la levure alcoolique et le ferment lactique ayant besoin pour leur alimentation des mêmes substances nutritives, à savoir le sucre, l'albumine et les sels, il s'établissait entre ces deux ferments une « lutte pour l'existence » dans laquelle la levure lactique, plus vigoureuse, remportait la victoire, surtout aux températures élevées, favorables à son développement. Cette explication ne peut plus guère être admise et, dans tous les cas, doit être regardée comme incomplète depuis que l'on sait (voir les essais sur les opérations chimiques de la fabrication de l'alcool que Maercker a publiés dans les *Landw. Jahrbücher*, 1876, complément), que l'acide lactique nuit au plus haut point à l'action de la diastase et, dans certains cas, la détruit entièrement. Nous savons que pendant la saccharification proprement dite, une partie seulement de l'amidon est transformée en sucre fermentescible (maltose) et que l'autre est à l'état de dextrine (non directement fermentescible) qui ne fermente qu'après avoir été transformée en maltose sous l'action complémentaire de la diastase, qui s'exerce pendant la fermentation. Si donc cette action complémentaire de la diastase est détruite, ainsi que c'est le cas lorsque le moût contient une forte quantité d'acide lactique, il n'est pas étonnant que la fermentation de ce moût soit incomplète.

Il paraît être certain, d'après les expériences les plus récentes, que les bactéries qui se développent à côté de l'acide lactique sont encore plus nuisibles à la fermentation que le ferment lactique.

Nous parlerons de ces fermentations dues aux bactéries dans un paragraphe prochain.

## II. FERMENTATION ACÉTIQUE.

L'acide acétique est le produit de l'oxydation de l'alcool selon la formule :



*Pasteur* attribue également cette fermentation à la présence d'un ferment organisé, la mère du vinaigre, tandis que *Liebig* regarde l'acide acétique comme étant, dans certains cas, (par exemple dans le procédé de fabrication rapide du vinaigre) un simple produit de l'oxydation de l'alcool, sans qu'aucun ferment organisé joue un rôle dans sa formation.



Bactéries  
d'acide  
acétique.

Fig. 157.

*A. Mayer* partage la manière de voir de *Pasteur* et l'on peut admettre que dans la plupart des cas cette opinion est justifiée. Nous devons cependant ajouter que *Liebig* n'a pas pu constater la présence de la mère du vinaigre sur les copeaux de hêtre d'un acétificateur en plein travail d'une fabrique de vinaigre par le procédé rapide.

D'après la description et le dessin de *A. Mayer* (*Lehrbuch der Gärungschemie*, p. 143) la mère du vinaigre, qui se présente sous la forme d'une peau recouvrant la surface des liquides alcooliques en train de devenir acides, se compose de petites cellules, longues de 1,5 à 3 micr. environ (1 micr. = 0,001 millimètre), de telle sorte qu'on ne peut les étudier qu'à l'aide d'instruments grossissants puissants. Ces cellules sont soudées les unes aux autres et forment comme une chaîne; seulement quand le partage des cellules n'est pas encore visible, elles se présentent sous la forme de bâtonnets recourbés.

La reproduction se fait par le partage de la cellule, transversalement par rapport à la longueur. D'après *Pasteur*, les cellules sont étranglées dans le milieu et sont deux fois plus longues que larges.

Les conditions nécessaires à la vie de la mère du vinaigre offrent de grandes analogies avec celles de la levure alcoolique; elle a besoin comme cette dernière et comme les autres plantes pour son alimentation de substances minérales et de matières azotées.

On arrive facilement à produire cette mère du vinaigre dans une solution renfermant les éléments que contiennent ses cendres et des sels ammoniacaux ; elle apparaît alors bientôt sous la forme d'une peau tendre. Si l'on enlève le liquide sur lequel cette végétation s'est produite et qu'on le remplace par une solution alcoolique à 10 %, la petite plante donne naissance aussitôt, avec le concours de l'oxygène de l'air, à une active production d'acide acétique. Après quelques jours, cette formation d'acide acétique se ralentit par suite même de l'accroissement du degré d'acidité de la solution, mais elle peut reprendre avec énergie et durer plusieurs mois si l'on enlève le vinaigre du produit (sans ôter la mère) pour le remplacer par une nouvelle quantité d'eau et d'alcool.

Le développement du ferment acétique est, du reste, le plus actif dans les liquides renfermant déjà une certaine proportion d'acide acétique (1 %. *A. Mayer*).

La mère du vinaigre n'augmente pas de poids pendant la fermentation ; elle en perd, au contraire, par suite de la cession de son contenu azoté soluble. Si cette perte s'élève à un certain point il se produit alors un phénomène spécial. L'absorption de l'oxygène notamment devient si active que non-seulement l'alcool que contient encore le liquide, mais aussi l'acide acétique déjà formé, entrent en combustion et se transforment en acide carbonique et en eau. Cette donnée concorde avec le fait suivant observé par la pratique, c'est que lorsqu'on garde du fort vinaigre, il peut, dans de certaines circonstances, devenir plus faible.

La fermentation acétique est donc (d'après Pasteur), provoquée par une plante, non quand elle se développe normalement, mais au contraire quand elle végète dans des conditions anormales, c'est-à-dire lorsqu'elle ne se nourrit pas ou qu'elle est gênée de quelque autre façon dans son développement.

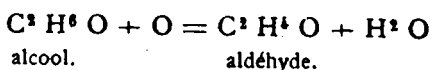
La température la plus favorable à la formation de l'acide acétique est celle de 18 à 35° C. ; en dehors de ces limites, la fermentation est très lente, sans cependant s'arrêter complètement. Le ferment du vinaigre peut du reste se développer à partir de 12 à 15° C. Au-delà de 50° C., les bactéries sont tuées.

Le danger de formation d'acide acétique dans les moûts réside surtout dans l'emploi de températures élevées pendant la fermentation. S'il n'est pas possible, dans l'état actuel des connais-

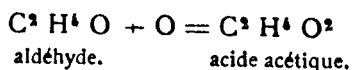
sances relatives aux phénomènes de la fermentation, d'éviter absolument la formation d'une petite quantité d'acide acétique dans les moûts, un excès de cet acide ne peut être attribué qu'à des fautes de fabrication, comme une température de mise en fermentation trop élevée ou un manque de propreté.

On peut voir dans ce cas assez souvent des « ilots » de mère du vinaigre à la surface du moût fermenté.

Il est possible que l'acétification se fasse en deux périodes dont la première est la formation d'aldéhyde :



Pendant la seconde, s'opère la transformation de l'aldéhyde en alcool :



La présence d'aldéhyde dans les produits de la distillation milite en faveur de l'exactitude de cette double réaction.

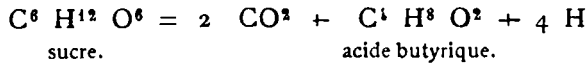
### III. FERMENTATIONS SECONDAIRES NUISIBLES, NOTAMMENT LA FERMENTATION BUTYRIQUE.

Les fermentations secondaires dues aux bactéries sont nuisibles à la fermentation alcoolique parce que, d'une part, les produits de ces fermentations et particulièrement l'acide butyrique et d'autres corps de la série grasse sont de véritables poisons pour la levure, et que, d'autre part, le mouvement moléculaire vibratoire qui se communique au liquide pendant le développement des bactéries, empêche la culture de la levure à l'état de pureté.

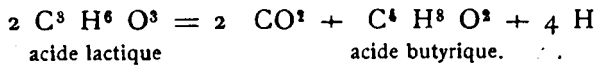
La bactérie de ce groupe, qui a été la plus étudiée, est le ferment butyrique, vibrion butyrique, *Pasteur*; *Amylobacter Clostridium*, *Trécul*; *Bacillus amylobacter. van Tieghem*; *Bacterium navicula*, *Reinke et Berthold*; *Clostridium butyricum*, *Prazmowski*.

Le sucre se transforme, pendant la fermentation butyrique, en

acide carbonique et en acide butyrique avec dégagement d'hydrogène, suivant la formule :



Les lactates peuvent aussi être transformés en acide butyrique, par un ferment différent quelque peu de celui qui transforme le sucre, suivant la formule :



D'après Pasteur, le vibrion butyrique diffère du ferment lactique; il se composerait de bâtonnets un peu plus gros, qui sont arrondis aux extrémités et souvent un peu recourbés au milieu. Ils ont en moyenne une longueur de 0,02 à 0,03 mm. Les bactéries butyriques se rencontrent rarement réunies en chaînettes; elles existent le plus souvent par paires et sont animées d'un mouvement vibratoire donnant l'illusion qu'elles s'efforcent de se séparer. La fig. 158 représente le ferment butyrique d'après Pasteur.

Ce savant ne reconnaît comme ferment butyrique que celui qui transforme l'acide lactique ou le lactate de chaux en butyrate de chaux. Il existe cependant, d'après les communications que *A. Fitz* a faites à Maercker sur ce sujet, d'autres organismes qui transforment le sucre ou d'autres substances en acide butyrique et qui ont été regardés à tort par divers auteurs comme identiques au ferment butyrique de Pasteur.

Un de ces ferments, qui pourrait cependant bien être identique à celui de Pasteur, a été décrit d'une manière très-détaillée par *A. Prazmowski*, dont les dessins ont été reproduits dans l'ouvrage de Zopf, sur les schizomycètes.

La figure 159 représente ces dessins; nous ne pouvons les donner qu'avec une certaine réserve, mais il est cependant certain que lorsqu'on laisse acidifier une solution de malt concassé à une température de 38 à 50° C, il se forme des bactéries présentant la plus grande analogie avec les dessins de Prazmowski. Il est aussi possible que ces bactéries affectent à l'occasion d'autres formes.

Ce champignon est très répandu dans la nature, on le trouve

particulièrement souvent dans les racines charnues, les tubercules de pommes de terre, où il produit la pourriture humide, la choucroute, les concombres aigres, les semences des graines riches

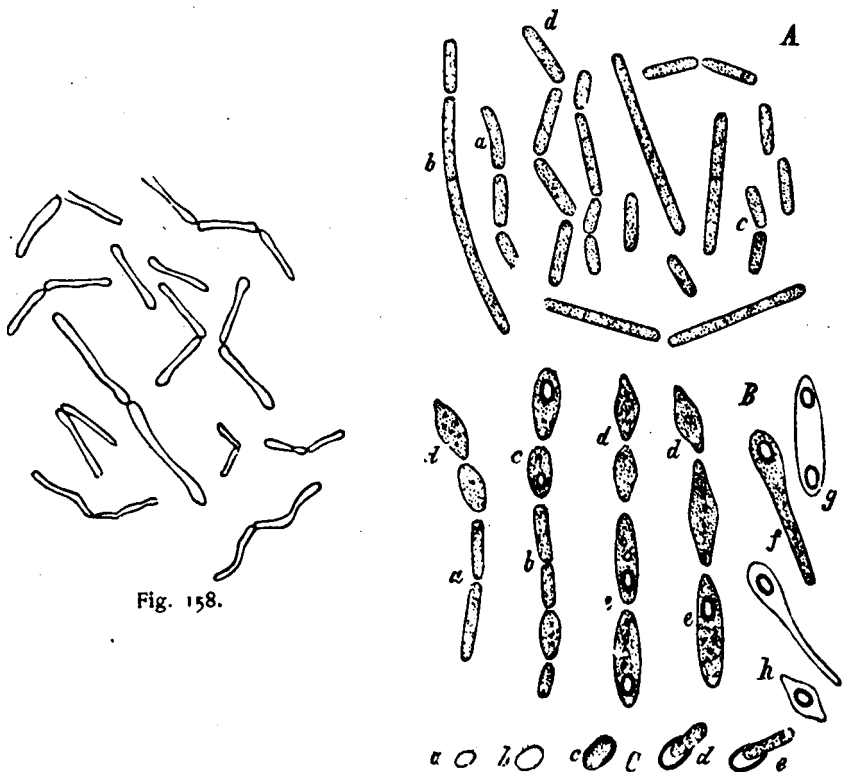


Fig. 158.

Fig. 159.

*Clostridium butyricum*. Prazm. A. état végétatif; *c* bâtonnets courts, *d* bâtonnets longs, *a* et *b* bâtonnets et filaments cintrés comme les vibrions. B formation des spores; *b, d* bâtonnets avant la formation; *c, e* pendant; *f, g, h* après; *c* en forme d'ellipsoïde, *d* et *h* en forme de citron, *e* et *g* en forme de fuseau, *f* en forme de latte. Chez *a*, ces bâtonnets sont encore à l'état végétatif. C formation des spores; la spore *a* se gonfle. *b* montre la différence de la membrane dans l'exo et l'endospore *c, d* la cellule de la spore s'est rompue au pôle, laissant échapper son contenu sous la forme de bâtonnet que l'on revoit plus allongé en *e* (d'après Prazmowski).

en azote, (par exemple les pois, les lupins, les graines d'hélianthème, les moûts de malt, les solutions sucrées, telles que le jus de betteraves dans les sucreries), les solutions de dextrine, celles de lactate de chaux, le vieux fromage, le lait caillé, etc., etc.

Pour ce qui est de la morphologie du ferment butyrique, on ne l'a rencontré jusqu'ici que sous la forme de bâtonnets longs, de bâtonnets courts et de filaments.

On n'y a pas encore constaté la présence de cocci, mais il paraît cependant y en avoir dans les moûts. Les bâtonnets et les filaments sont quelquefois légèrement incurvés à l'instar des vibrions (*A. b.*) On ne connaît pas encore les formes d'involution de l'état végétatif de ce ferment.

Lorsqu'il se forme une spore (mode de reproduction qui est aussi bien particulier aux bâtonnets courts qu'aux longs), il se produit un renflement dans le protoplasma de la cellule. Si ce renflement se produit dans la partie équatoriale, ce qui est généralement le cas pour les bâtonnets courts, la bactérie prend la forme d'un ellipsoïde ou d'un citron; lorsqu'elle se trouve plus au pôle la forme de la bactérie ressemble à une massue ou à une latte (*B. f.*) On ne rencontre, en général, qu'une seule spore par cellule, rarement 2 (*B. g.*) Dans ce dernier cas, les spores sont placées à chaque pôle de la cellule, dans le premier, elle se trouve soit à un pôle, soit à l'équateur. Les spores affectent la forme d'ellipsoïdes.

Au moment de la germination qui est précédée d'un gonflement de la spore, l'exospore solide se rompt en un point et laisse passer le bout d'un petit bâtonnet, qui s'allonge ensuite et devient tout-à-fait libre. L'axe du bâtonnet-germe coïncide avec l'axe longitudinal de la cellule.

Le ferment butyrique est anaérobie et l'oxygène exerce même sur lui l'action d'un véritable poison à certaines périodes de son développement.

La température qui lui est le plus favorable est celle de 35 à 45° C., et c'est aussi à cette température que la formation des spores est la plus rapide. Il est plus sensible que d'autres schizomycètes aux températures élevées; on verra plus loin qu'on tient compte de ce fait dans la préparation du levain et la conduite de la fermentation.

Comme il n'est pas certain qu'on rencontre dans les moûts de distillerie le ferment dont nous venons de parler et que, dans tous les cas, on peut avoir à faire à de nombreuses fermentations secondaires dues à des schizomycètes, nous allons donner ici quelques notions générales sur la nature de ces organismes :

Les schizomycètes revêtent plusieurs formes différentes et peuvent passer de l'une à l'autre ; ce sont en général les suivantes :

1° *Les cocci*, appelés aussi bactéries globulaires, qui ont la forme d'une sphère ou d'un ellipsoïde ; leur grosseur est très variable et oscille entre 0,5 et 12 micr. (1 micr. = 0,001 mm.)

2° *Les bâtonnets*, de forme cylindrique et de dimensions très variables. On y distingue les *bâtonnets courts* ou *microbactéries* et les *bâtonnets longs* ou *bacilles*. Lorsque le bâtonnet revêt la forme de fuseau, on l'appelle *clostridium*.

3° *Les filaments* ou *leptothrix*. Nous avons dit que le même micro-organisme revêt des formes diverses pendant son développement ; il se présente d'abord comme un coccus, puis devient un bâtonnet court et enfin un bâtonnet long.

Lorsque plusieurs bâtonnets longs restent unis les uns aux autres après segmentation, ils forment alors des filaments qui se divisent, à leur tour, en bâtonnets, puis en cocci et ainsi de suite.

La fig. 160, tirée de l'ouvrage de Zopf sur les schizomycètes, donne une image très claire des différentes formes que revêt un même micro-organisme dans les états successifs de son développement (cette fig. est dessinée à un grossissement de 700 fois).

Les schizomycètes ne peuvent guère être classifiés, car ils occupent

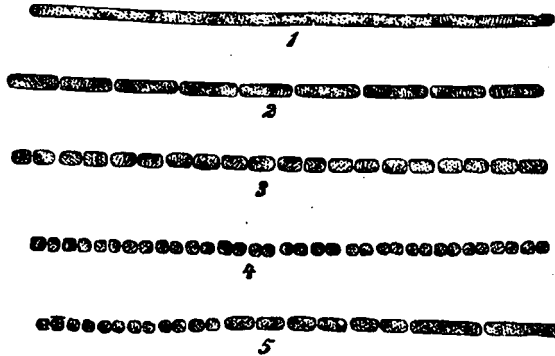


Fig. 160.

Filaments d'un schizomycète (le bacterium *Merismopedioides* de Zopf), vivant dans une infusion de vase, dans les diverses phases de sa formation. 1. état sans segmentation visible. 2. longs bâtonnets (bacilles). 3 bâtonnets courts (microbactéries). 4. cocci. 5. chaînette de bâtonnets longs, bâtonnets courts et cocci.



le premier échelon de tous les organismes connus et possèdent en raison de leur organisation inférieure une grande variabilité dans leurs formes qui changent suivant le milieu dans lequel ils sont nourris.

On ne peut pas non plus indiquer une méthode certaine de détermination de ces organismes.

Il résulte de tout ce que nous venons de dire qu'il n'est pas possible de donner une description exacte des diverses formes de bactéries que l'on rencontre dans les moûts de distillerie, puisque ces formes peuvent être des plus variables suivant les conditions de température et de concentration dans lesquelles le moût se trouve. Cependant, comme il est certain que toutes les bactéries, à l'exception de la levure lactique, sont nuisibles au moût et que l'on a reconnu que les bactéries lactiques affectent toujours la forme de bâtonnets de moyenne longueur, on peut, en général, se fier pour les moûts à la classification suivante :

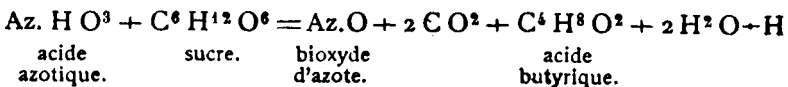
- 1° Bâtonnets très longs (*organismes nuisibles*);
- 2° d° moyens (*acide lactique*);
- 3° d° très courts (*organismes nuisibles*).

Il reste encore naturellement à prouver que les bâtonnets moyens ne peuvent dans aucune circonstance appartenir à des organismes nuisibles.

Dans tous les cas ce sont les bactéries qui sont les ennemis principaux de la fermentation, et l'étude de ces organismes est du plus haut intérêt au point de vue des progrès qu'elle peut faire réaliser dans la conduite de cette opération.

#### IV. FERMENTATION NITREUSE.

On constate quelquefois pendant la fermentation des mélasses qui sont souvent riches en nitrates un dégagement de bioxyde d'azote. *Schloesing* et *Dubrunfaut* attribuent cette production de bioxyde d'azote à une réduction des nitrates, causée par la fermentation, réduction qui peut, par exemple, parfaitement être opérée par l'hydrogène mis en liberté par la fermentation butyrique.



*Reiset* attribue la présence du bioxyde d'azote à une oxydation des sels ammoniacaux et des amides qui se trouvent également dans la mélasse, mais il est évidemment dans l'erreur, car il n'existe jamais d'oxygène libre dans les moûts par suite de l'énergie extraordinaire avec laquelle la levure absorbe l'oxygène.

La véritable explication est celle de Dubrunfaut et Schloesing que nous avons donnée plus haut.

On conseille comme remède aux fermentations nitreuses l'emploi de l'acide sulfurique dont l'action consiste, sans doute, à empêcher le développement des organismes réducteurs. Comme dans la plupart des cas ces organismes ne se multiplient dans les distilleries que par suite de manque de propreté, le préservatif le plus sûr contre les fermentations nitreuses est encore le maintien d'une propreté scrupuleuse. Il y a, cependant, certaines mélasses provenant de sucreries où la propreté manque ou qui n'ont pas été conservées avec soin, qui contiennent déjà des bactéries à leur arrivée à la distillerie. Ces mélasses doivent alors être portées à l'ébullition et cuites pendant un certain temps, de façon à tuer les bactéries. Une petite addition d'acide sulfurique pourrait aussi dans ce cas aider à l'effet de la cuisson, à la condition, cependant, que la mélasse ne contienne pas déjà des butyrates sur lesquels l'acide sulfurique n'aurait d'autre action que de mettre en liberté l'acide butyrique.

---

## CHAPITRE V.

---

### PRÉPARATION DU LEVAIN.

---

Les jus sucrés sont mis en fermentation au moyen d'un ferment spécial « la levure », après qu'ils ont été refroidis à la température convenable pour la fermentation. La distillerie ne produisait pas autrefois elle-même de la levure, elle était tributaire de sa sœur en industrie, la brasserie, qui produisait un excès de levure de bière et lui en fournissait pour mettre en fermentation ses moûts sucrés. Il en a été ainsi tant que la distillation ne s'est faite que sur une petite échelle, et à proximité des villes où se trouvaient des brasseries, mais lorsque cette industrie prit son essor et devint une industrie agricole, elle songea à s'affranchir de la brasserie et à trouver un moyen qui lui fût propre pour faire fermenter ses moûts. C'est là l'origine de *la levure artificielle* ou *levain*.

Dans le cours de cet ouvrage, Maercker s'est toujours efforcé de renseigner exactement ses lecteurs sur les inventeurs des nouveaux appareils et procédés ainsi que sur ceux qui les ont perfectionnés, mais il doit avouer qu'il n'a pas pu recueillir des données certaines sur l'inventeur de la levure artificielle ou *levain*.

*Gumbinner* prétend dans un manuel de la fabrication de l'alcool que l'idée de la préparation de la levure artificielle lui revient.

D'autre part, on a désigné à l'auteur *Pistorius*, comme en étant l'inventeur, sans pouvoir cependant lui fournir des preuves certaines à l'appui.

*Balling* regarde *Kittel*, *Hermbsaedt* et *Pistorius*, comme ceux qui ont jeté les premières bases de la préparation de la levure et *Dorn*, *Livonius*, *Fischer*, *Jakobs* et *Gumbinner*, comme ayant perfectionné les procédés.

D'après une communication de *F. Stehno*, de Buda-Pesth, un pharmacien du nom de *Westrumb* aurait déjà trouvé la préparation de la levure artificielle en 1796.

*Lüdersdorff* s'est occupé activement de perfectionner la préparation de la levure ; il a été le premier qui ait reconnu l'importance de l'acidification des levains, et a inventé un instrument très simple pour en mesurer l'acidité qu'il a appelé *oxymètre* ou *acidimètre*.

La théorie aussi bien que la pratique de la préparation des levains tiennent naturellement une large place dans les occupations de la Station d'essais de l'Union des distillateurs allemands, dont le directeur, le docteur *Delbrück*, a éclairci bien des points qui étaient restés dans l'ombre. Il y a, du reste, peu de domaines dans lesquels se soient glissés plus d'erreurs et de préjugés que dans celui-ci, et il existe des centaines de recettes empiriques pour la préparation de la levure artificielle, qui sont répandues partout.

La préparation de la levure diffère suivant que l'on se sert du malt ou qu'on ne l'emploie pas. Nous nous occuperons de ces deux sortes de levure et commencerons par la levure de malt.

Nous distinguerons dans la préparation du levain de malt, trois opérations diverses :

1° La saccharification ;

2° L'acidification ;

3° L'ensemencement et le développement de la levure.

Les deux premières opérations peuvent être considérées comme préparatoires ; elles ont pour but de préparer un milieu dans lequel la levure puisse trouver la quantité de matières nutritives nécessaires à son développement et sous la forme la plus appropriée. Il faut, en outre, que cette solution soit le moins favorable possible au développement des ferments parasites.

Les éléments nutritifs dont la levure a besoin sont les suivants :

1° Des matières minérales.

2° Des matières organiques non azotées ,

5° Des matières organiques azotées.

On peut admettre que d'une façon générale le levain contient toujours une quantité de matières minérales suffisante pour subvenir aux besoins de la levure.

Il est bon cependant de tenir compte de l'observation de *Salomon* et *Bere* qui ont constaté qu'on obtenait une fermentation plus complète par une légère addition de phosphate de potasse. A plus forte dose, ce sel serait plutôt nuisible.

### I. SACCHARIFICATION DU MOÛT-LEVAIN.

Cette opération a pour but de former les matières non azotées destinées à la nutrition de la levure ; elle consistera donc à traiter le malt par de l'eau chaude pour transformer l'amidon insoluble, en amidon soluble d'abord, puis en maltose. On pourrait croire, d'après cela, qu'on n'a qu'à procéder en tous points de la même façon que pour la saccharification ordinaire, et, par suite, opérer à la même température. Ce n'est pourtant pas absolument le cas, car, en préparant le moût-levain, on doit veiller surtout à former un milieu peu propre au développement d'autres champignons, dans lequel la levure puisse se développer sans être gênée par des organismes étrangers. Or on ne peut arriver à ce résultat qu'en saccharifiant à une température plus élevée que celle qui est nécessaire pour obtenir le maximum de sucre. Dans toutes les recettes que nous allons donner pour la préparation des levains, on opère de manière à arriver à une température finale de 65 à 68° C., température qui est assez élevée pour tuer la majeure partie des champignons et à laquelle la diastase conserve encore une action suffisante.

Il ne faudrait cependant pas croire que cette température suffise pour tuer tous les champignons, car même à 75°, il y en a quelques-uns qui résistent ; il ne faut donc pas se borner à employer une température de saccharification élevée, mais il faut encore avoir soin d'employer un malt exempt de moisissures et bien sain.

On ne peut naturellement pas dépasser certaines limites pour la température de la saccharification du moût-levain, c'est ainsi qu'il ne faut pas aller au-delà de 65 à 68° C., car la force de la diastase

serait trop amoindrie et la quantité de matières nutritives azotées serait diminuée par suite de la coagulation de l'albumine. Les distillateurs connaissent bien ce danger et concentrent tous leurs efforts et leur attention sur le mélange du malt avec l'eau chaude, de manière à obtenir le plus rapidement possible une température égale dans toute la masse, et pour éviter que certaines parties ne soient surchauffées.

On atteint cette température régulière de 65 à 68° C. d'une manière plus sûre qu'en opérant le mélange à la main, en se servant des appareils mécaniques spéciaux qui sont employés pour la fabrication de la levure dans nombre de grandes distilleries.

Tous les appareils à lait de malt sont aptes à remplir cet office, et parmi ceux-ci, il faut citer en première ligne l'appareil de *Bohm* dont nous avons donné le croquis précédemment. Mentionnons aussi spécialement l'appareil d'*Ellenberger*, qui se compose d'un vase en tôle en forme d'auge, muni à la partie inférieure d'une double paroi et d'un agitateur (fig. 161).

Voici comment fonctionne cet appareil : On commence par y introduire le *lait de malt*, puis on remplit d'eau l'espace se trouvant entre les deux parois ; on met l'agitateur en train et on laisse alors

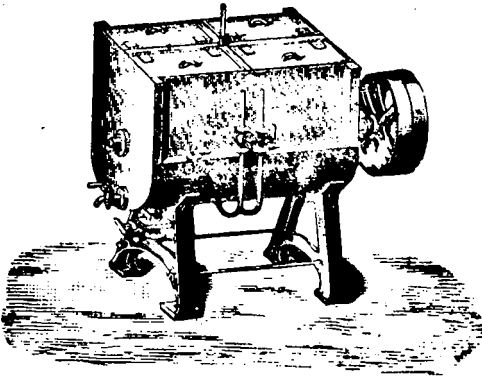


Fig. 161.

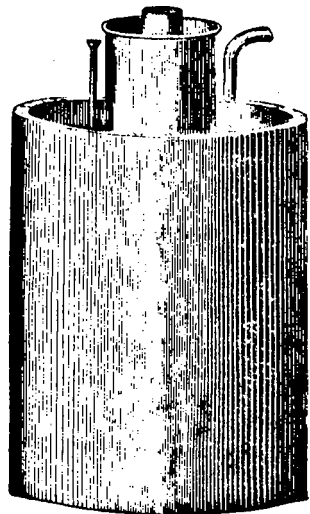


Fig. 162.

la vapeur arriver lentement dans l'eau renfermée entre les parois. Celle-ci s'échauffe petit-à-petit et communique sa chaleur à la masse qui est en mouvement dans l'intérieur de l'appareil et qui atteint bientôt elle-même la température maxima voulue. On laisse alors la saccharification s'opérer pendant une heure environ, puis on coule le jus dans les cuves à levain.

On construit maintenant nombre d'appareils analogues à celui que nous venons de décrire, qui jouissent de la faveur des distillateurs ; ils ont, en effet, sur les anciens l'avantage de ne pas exiger l'emploi d'une certaine quantité d'eau chaude variant avec la température extérieure et celle du malt et d'arriver rapidement à une concentration régulière, car ils sont tous munis de dispositions spéciales pour chauffer l'eau.

Lorsqu'on travaillait d'après les anciens procédés, il fallait prolonger davantage la durée de la saccharification, deux heures de plus généralement, et on laissait la cuve à saccharifier couverte pendant toute l'opération pour éviter le refroidissement du jus.

Passons maintenant à l'acidification du levain.

## II. ACIDIFICATION DU MOUT-LEVIN.

Lorsque la saccharification est terminée, on enlève le couvercle du vase à levure afin de permettre au moût de se refroidir à 50° C. environ et, comme il se trouve dans toutes les distilleries des ferments lactiques répandus dans l'atmosphère, le jus ne tarde pas à s'acidifier. On laisse cette acidification s'opérer pendant 12 à 14 heures, après lesquelles on l'arrête en abaissant la température du moût à 17° à 19° C, à l'aide de réfrigérants en cuivre dont les vases à levure sont munis et dans lesquels on fait circuler de l'eau froide. On emploie généralement dans ce but les réfrigérants en cuivre à doubles parois dont un des types les plus connus est celui représenté par la fig. 162. (Construction de E. Heckmann, à Berlin). Ces appareils massifs sont cependant moins pratiques que les serpentins en cuivre que l'on emploie aussi et qui se placent dans les cuves à levure, car ces derniers appareils ont l'avantage de présenter une plus grande surface de réfrigération et de permettre une circulation du moût entre les parois et le serpent.

La fig. 163 représente un type de serpentin construit par *Gætzze*, de *Giebichenstein*, près de *Halle*.

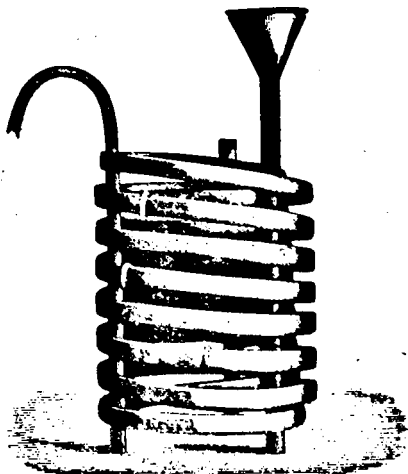


Fig. 163.

*Francke* décrit un réfrigérant original, employé dans une grande fabrique de levure pressée, dont la particularité consiste en ce qu'il n'est pas à demeure dans la cuve, mais qu'il peut être relevé et abaissé de 35 cm. à l'aide d'un levier.

On peut avec cet appareil refroidir en dix minutes de 47° à 25° un levain composé de 55 kilos de seigle concassé et de 55 kilos de malt sec, ce qui correspond à une concentration de 29° saccharométriques.

Celui qui connaît le temps qu'il faut pour refroidir avec les réfrigérants ordinaires un moût aussi concentré et particulièrement quand il fait chaud, et qui sait combien il importe de ne pas garder longtemps le moût à la température favorable au développement des champignons nuisibles, appréciera ce réfrigérant à sa juste valeur. La fig. 164 représente le mécanisme servant à relever et abaisser le serpentin. La fig. 165 représente une vue en plan du réfrigérant.

Après avoir ainsi refroidi le moût à levure, on recouvre le vase dans lequel il se trouve et l'on procède à l'ensemencement de la levure-mère.

#### 1. *But de l'acidification.*

Lorsqu'on veut ensemer de la levure sur un moût qui n'est pas acide, on reconnaît bientôt qu'il est impossible d'obtenir un ferment normal et actif et qu'il est indispensable d'acidifier au préalable le moût. Etudions donc quelles peuvent être les causes de ce fait.



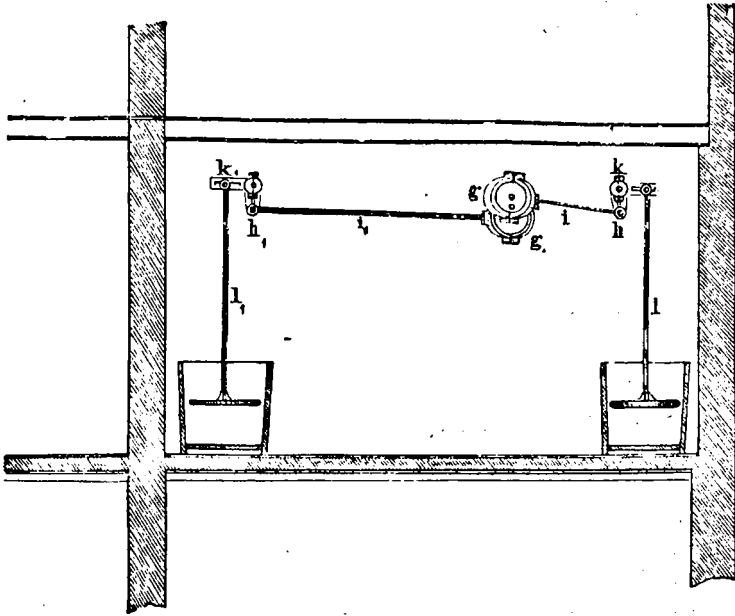


Fig. 164

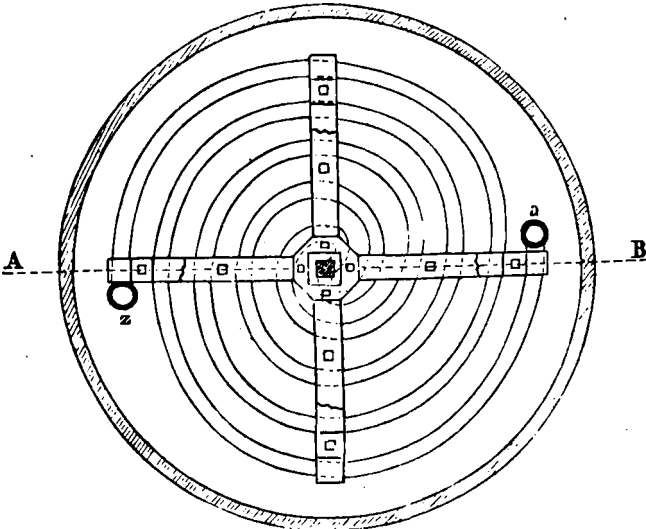


Fig. 165.

Lorsque *Gorup*, de Besanez, eut prouvé l'existence dans divers grains germés, entr'autres dans le malt, de ferments pouvant digérer l'albumine, on crut que ces ferments, de même que la pepsine du suc de l'estomac, ne pouvaient transformer qu'à l'aide d'acides les matières albuminoïdes insolubles, en peptones solubles qui constituent d'une façon notoire un excellent aliment pour la levure. Cette théorie peut cependant être mise en doute, car *Gorup* n'a pu prouver l'existence de son ferment que dans le malt sec et non pas dans le malt vert, qui est cependant employé avantageusement dans les distilleries.

D'ailleurs, comme le montrent les chiffres suivants obtenus par *Delbrück*, il n'est pas prouvé qu'il se forme des peptones dans la levure acide de malt vert.

Rapport de l'azote dialysable au non-dialysable :

	Moût-levain sucré.	Moût-levain acide.
Levain de pommes de terre....	43,1 : 56,9	55,5 : 44,5
Levain de drèches.....	53,5 : 46,5	67,8 : 33,2
Levain de malt vert.....	51,7 : 48,3	53,5 : 46,5

On ne peut pas, du reste, identifier les peptones avec les matières diffusibles, et dans les moûts à levure acide on n'obtient que peu ou point de peptones.

Il n'est donc pas prouvé que l'acidification soit nécessaire pour aider à la digestion de l'albumine. Que l'albumine soit rendue soluble en certaine quantité par l'acidification, cela est possible, mais n'a pas été encore démontré expérimentalement. On pourrait croire aussi que l'acidification a pour simple effet de préparer un milieu acide plus favorable qu'un liquide neutre à la multiplication de la levure.

D'après les essais de *Werenskiold* et *Hayduck* une proportion de 0,2 à 1 % d'acide lactique dans le moût favorise la multiplication de la levure ; c'est ainsi qu'ils purent obtenir dans un milieu d'une acidité de 0,5 % une reproduction de levure dans les proportions de 1 à 13,3, tandis que dans un liquide neutre elle ne se multipliait que dans le rapport de 1 à 10,3. On ne peut donc nier qu'une acidité de 0,5 à 1 % d'acide lactique n'exerce une influence favorable sur la multiplication de la levure, mais l'effet obtenu n'est cependant pas assez important pour expliquer la nécessité absolue

de l'acidification. Si celle-ci est indispensable c'est donc par suite d'une autre cause qu'il nous faut rechercher.

*La véritable raison qui rend indispensable l'emploi de l'acide lactique est que cet acide empêche le développement de champignons qui, soit par eux-mêmes, soit par suite des fermentations secondaires auxquelles ils donnent naissance, sont nuisibles à la levure.*

Nous ne comprenons pas dans ces champignons nuisibles le ferment lactique, dont le produit de fermentation est l'acide lactique qui, lorsqu'il n'est pas en quantité dépassant les doses dont nous avons parlé, est non-seulement inoffensif pour la levure, mais peut encore, dans de certaines conditions, favoriser son développement. Nous voulons parler des fermentations secondaires se produisant aux dépens du sucre ou de l'acide lactique sous l'action d'organismes spéciaux qui affectent la forme de bâtonnets allongés ou de globules et donnent naissance à l'acide butyrique et à d'autres acides gras volatils.

Ces champignons arrêtent la multiplication de la levure, soit qu'ils communiquent au liquide un mouvement vibratoire contraire à son développement (Nægeli), soit que l'acide butyrique et les autres produits auxquels ils donnent naissance exercent sur elle l'effet de véritables poisons.

Maercker avait déjà fait depuis plusieurs années, en collaboration avec Neale, des essais sur les mélasses fermentant difficilement et avait constaté que c'était l'acide butyrique qui les empêchait de fermenter. Les expériences faites en même temps par Neale avaient aussi apporté quelque lumière sur les propriétés anti-fermentescibles de l'acide butyrique et d'autres acides.

Sur les conseils de Maercker, *Werenskiold* étudia l'influence de l'acide butyrique et d'autres acides sur la multiplication de la levure, tandis que *Hayduck* poursuivait de son côté la même étude, mais principalement au point de vue des acides minéraux.

Enfin, *E. Juslin*, également sur l'instigation de Maercker, a repris les essais faits à Halle et a éclairci quelques points qui étaient restés obscurs. Les conclusions de ces expériences sont les suivantes.

1° Les corps inférieurs de la série des acides gras, à savoir les acides formique, acétique, proprionique, valérique, butyrique et caproïque

possèdent des propriétés anti-fermentescibles et spécialement les acides butyrique et caproïque dont la proportion de 0,05 % gêne considérablement la fermentation, et dont 0,1 % l'arrête complètement.

2° L'effet de ces acides se fait sentir plutôt sur la multiplication de la levure, que sur ses propriétés fermentatives. Voici à l'appui de ce fait quelques chiffres obtenus à la suite d'essais faits *sur l'acide butyrique* :

Gêne dans ses propriétés fermentatives à .....	0,05 %
Arrêt complet " " .....	0,1 %

La levure se multiplie dans les proportions de 1 à :

Sans acide butyrique .....	10,3 %
Avec 0,01 % " .....	8,7 "
" 0,02 " .....	8,5 "
" 0,03 " .....	5,8 "
" 0,04 " .....	2,2 "
" 0,05 " .....	1,5 "
" 0,06 " .....	1,4 "
" 0,07 " .....	1,2 "
" 0,08 " .....	1,0 "
" 0,09 " .....	1,2 "

*Sur l'acide acétique :*

Gêne dans ses propriétés fermentatives à .....	0,5 %
Arrêt complet " " .....	1,0 "
Gêne dans la reproduction de la levure à .....	0,2 "
Arrêt " " .....	0,6 "

*Sur l'acide lactique :*

Gêne dans les propriétés fermentatives à .....	1,5 %
Arrêt " " .....	4,5 "
Gêne dans la reproduction de la levure à .....	1,5 "
Arrêt " " .....	3,5 "

La présence de l'acide lactique est donc moins nuisible à la fermentation, que celle des acides précédents.

Parmi les acides minéraux l'acide muriatique est particulièrement anti-fermentescible ; il gêne déjà la fermentation d'une manière appréciable à 0,1 %, fortement à 0,18 % et l'arrête complètement à

0,5 % ; l'acide sulfurique commence à la troubler à 0,2 % ; l'acide phosphorique à 0,4 à 0,5 %.

Une quantité de 0,7 % d'acide sulfurique suffit pour arrêter complètement la fermentation, tandis que 1,3 % d'acide phosphorique ne l'arrête pas tout-à-fait. D'après *Hayduck*, le fusel aurait aussi une action anti-fermentescible très énergique, il aurait déjà une influence à 0,5 % et enrayerait complètement la fermentation à 2 %. L'acide succinique et la glycérine ne paraissent pas agir sur la levure.

De petites quantités d'acide favorisent au contraire l'action du ferment ; ce fait a été établi par *Werenskiold* pour l'acide lactique et par *Hayduck* pour les acides sulfurique et lactique. Il faut même ajouter que c'est aussi le cas pour l'acide butyrique, mais quand il existe seulement en très petite quantité. C'est ce que démontrent les essais suivants faits par *Juslin* :

Proportion d'acide butyrique.	Teneur alcoolique.	Production de levure.
0,000	6,09 % en vol.	6,34 %
0,005	6,27 "	6,18 "
0,01	6,39 "	5,20 "
0,05	6,46 "	2,24 "

La force fermentative de la levure augmente donc encore alors que son développement est déjà enrayé.

Ces expériences démontrent que les produits de fermentation des champignons exercent une influence très marquée sur la propriété de reproduction de la levure. Il ne faut pas croire cependant que les champignons ne soient nuisibles que par leurs produits de fermentation. D'après *Naegeli*, la levure ne prospère que quand elle peut se développer dans un milieu de culture pur, c'est-à-dire exempt d'organismes étrangers. Il explique cette théorie en disant que le développement des ferments parasites produit des mouvements vibratoires de la solution nutritive, qui contrarient celui qui est engendré par le développement de la levure.

La présence de champignons peut donc être préjudiciable à la levure, alors même que leurs produits de fermentation ne le seraient pas, mais il va sans dire que leur influence est encore plus pernicieuse quand leurs produits de fermentation sont eux-mêmes nuisibles. Dans tous les cas, quand on veut cultiver la levure, il

faut tenir compte de ce fait que les champignons empêchent son développement.

Les instruments servant à déterminer l'acidité du levain ne donnent que son degré d'acidité et ne fournissent aucune indication sur la nature de l'acide qui s'y trouve.

Nous savons cependant que la nature de l'acide n'est pas indifférente et qu'une certaine acidité produite par de l'acide lactique pur n'a pas le même effet que la même acidité provenant par exemple d'un mélange d'acide lactique et d'acide butyrique, car dans le premier cas on a à faire avec un milieu très propice à la reproduction de la levure et dans le second à un milieu qui lui est absolument contraire. Aussi les anciens distillateurs avaient-ils bien raison quand ils attachaient une grande importance à ce que le levain eût un goût acide bien franc, ce goût ne pouvant être donné que par l'acide lactique et non pas par l'acide butyrique, véritable poison pour la levure et qui a un goût rance très désagréable.

On ne devra donc pas, dans les cas douteux, s'attacher uniquement à déterminer l'acidité d'un levain, mais on devra aussi se rendre compte de la proportion des acides volatils et surtout suivre à l'aide du microscope la formation des bactéries sphériques et allongées.

De ce fait bien acquis que le seul acide qui ne nuise pas au levain est l'acide lactique, il résulte qu'il faut avoir soin de conduire l'acidification du moût dans toutes circonstances de manière à ce qu'il ne contienne que de l'acide lactique et non des acides volatils. *Delbrück* a étudié cette question qui avait déjà été effleurée par *Stumpfëld* de *Wopersnow* et a trouvé qu'à une température de 50° C. il ne se forme presque que de l'acide lactique dans le moût qui s'acidifie, tandis qu'à 40° C., il se produit de grandes quantités d'acide butyrique. Voici les résultats de quelques essais de *Delbrück* :

1° L'acidification s'est opérée à 40° C.	Goût qui n'est pas franchement acide; le microscope dénote la présence de bâtonnets et de globules.
	En ensemençant 10 cc. de moût lactique dans 200 cc. de moût on obtient :
	Acidité totale . . . . . 4,3 cc. de solution normale de soude.
	Acide non-volatil . . . . . 3,5       "       "       "
	Acides volatils . . . . . 6,8       "       "       "

2° L'acidification s'est opérée à 50 C.	Goût franchement acide et prononcé; le microscope ne dénote que des bâtonnets. En ensemençant 10 cc. de ce moût lactique dans 200 cc. de moût on obtient : Acidité totale . . . . . 3,6 cc. de solution normale de soude. Acide von-volatil.. 3,4           "           " Acides volatils . . . . . 0,2           "           "
---	---

Le moût-levain préparé à 50° est, comme on le voit, sensiblement moins infesté d'acide butyrique que celui qui a été préparé à 40°.

Le ferment butyrique produit une acidification moindre que le ferment lactique, aussi lorsqu'il y a des globules contenus dans un moût, le degré d'acidité de celui-ci est-il moins grand que lorsqu'il ne renferme que des bâtonnets de ferment lactique. Delbrück en donne les exemples suivants :

Acidification par des bâtonnets lactiques purs	3,3 cc. de solution normale de soude		
" "	2,6	"	"
	Moyenne . . . . .	3,0 cc.	" "
Acidification par des bâtonnets lactiques			
mélés à des globules butyriques . . . . .	2,2 cc.	"	"
" "	1,8	"	"
	Moyenne . . . . .	2,0 cc.	" "

Il résulte donc de ces expériences que lorsque l'acidification du moût n'est pas suffisante, cela provient pour la plupart du temps de la formation d'acide butyrique.

La mise en pratique pour la préparation de la levure des observations que nous venons de rapporter, sera donc de s'attacher absolument à conserver au levain pendant toute la durée de l'acidification une température de 48° à 50° C., car lorsqu'on la laisse s'abaisser on ne peut éviter le développement des bactéries de l'acide butyrique. Pour arriver à maintenir cette température de 48° à 50° C., il faut s'inspirer des considérations suivantes :

- 1° La température de la salle à levain ne doit pas être trop basse, car, sans cela, le refroidissement se poursuivrait rapidement.
- 2° On pourrait entourer les cuves à levure pendant l'acidification de corps mauvais conducteurs de la chaleur.
- 3° *Delbrück* recommande aux distillateurs qui travaillent en

double, de ne préparer qu'un grand vase de levain pour deux cuves à fermentation, car la température voulue pourra se maintenir plus facilement dans un grand vase que dans deux petits.

4° Si malgré ces précautions la température s'abaisse au-dessous de 48° C., la nécessité de réchauffer le moût s'impose. On y arrive en se servant d'un réfrigérant à levure, dans lequel on fait couler de l'eau chaude au lieu d'eau froide, ou d'un des petits appareils que *J. Schreibner* construit spécialement dans ce but.

Il se compose d'un tube en cuivre, muni d'une poignée à son extrémité supérieure et d'une tubulure latérale qui sert à le raccorder à la conduite de vapeur, à l'aide d'un tuyau en caoutchouc. Ce tube est garni à son extrémité inférieure d'une quantité de petits trous destinés à laisser échapper la vapeur.

Lorsqu'on veut réchauffer le moût, on n'a qu'à y promener ce appareil des plus simples, jusqu'à ce qu'on ait atteint la température désirée de 50° C.

Quoique cette température de 50° C. pendant l'acidification favorise surtout le développement de la fermentation lactique, il ne faudrait pas croire qu'elle constitue un préservatif absolu contre la formation d'acide butyrique, quand on aensemencé un mélange d'acide lactique et d'acide butyrique.

On ne serait donc pas dans le vrai si, pour mettre en train l'acidification du levain ou pour l'activer, on introduisait sans plus de précautions un peu de levain acide dans le moût, car les ferments secondaires contenus en certaine quantité dans le levain acide, comme le ferment butyrique, se reproduisent et donnent naissance à une acidité nuisible.

Si l'on tient à procéder de cette façon, il faut au contraire avoir soin de porter le levain acide à 67° C. environ, avant de l'introduire dans le moût, car à cette température les bactéries butyriques sont détruites, tandis que le ferment lactique conserve sa vitalité. C'est à ce même point de vue qu'on se place, lorsqu'on conseille de saccharifier le levain à une température plus élevée que celle qui est la plus favorable à la formation du sucre.

Pour pouvoir saccharifier à une basse température, il est essentiel d'avoir à faire à un malt absolument pur et exempt de bactéries.

Il est très difficile de détruire toutes les bactéries; même lors-



qu'on a saccharifié entre 65° et 68° C. et qu'on a laissé le moût s'acidifier à 50° C., il en reste encore des germes ; aussi ne peut-on assez insister sur la nécessité d'employer autant que possible un malt bien pur, le malt étant le principal véhicule des bactéries. C'est ainsi que l'utilité du lavage de l'orge, tel qu'il se pratique d'après le procédé de *Riebe*, n'est pas assez reconnue. Les distillateurs reculent souvent devant la peine qu'occasionne cette opération, qui n'est cependant ni longue ni coûteuse et devrait être pratiquée dans toutes les usines.

Si l'on rencontre des difficultés dans les grandes distilleries pour laver la totalité de l'orge employée, on devrait au moins faire subir cette opération à celle destinée à la fabrication de la levure et pour cela faire une préparation distincte du malt à levure. *Riebe* recommande de ne pas se contenter de laver seulement l'orge devant servir à la préparation de la levure, mais aussi le malt. Il ne fait cependant pas laver dans la distillerie qu'il dirige tout le malt destiné à la production de la levure, mais il prépare un levain avec du malt lavé qui sert le lendemain de moût-levain pour toutes les cuves de levure. Il maintient ainsi une culture bien pure.

Ce procédé ne peut qu'être recommandé puisqu'il a pour but un ensemencement aussi exempt de champignons que possible.

Si l'on veut résumer les données que nous venons de fournir sur la préparation du levain, on pourra les formuler dans la loi suivante qui est le fondement de cette fabrication :

*On provoque la fermentation lactique du levain, parce que l'acide lactique qui se forme pendant cette fermentation empêche le développement des champignons et fournit ainsi un milieu propre à la végétation de la levure.*

On peut se demander maintenant si l'acidification du levain est nécessaire dans toutes les circonstances.

Nous ne pouvons répondre qu'affirmativement à cette question, tant qu'on n'aura pas trouvé un autre moyen pour combattre les *ferments parasites*.

Mais, si l'on peut éviter leur *développement* par un autre procédé, ou s'ils ne se trouvent qu'en fort petite quantité, on pourra se contenter d'une acidité très faible. C'est ce qui explique pourquoi certains distillateurs peuvent travailler avec une faible acidité, tandis que d'autres en ont besoin d'une beaucoup plus forte, les

uns combattant, sans doute, les *champignons* avec plus de facilité que les autres. On trouve aussi l'explication de ce fait que le levain doit être plus acide lorsqu'on a du mauvais malt, que lorsque ce dernier est bon.

Si l'on portait tous les soins voulus à la purification du malt et à l'élimination des champignons qui adhèrent à sa surface, on pourrait travailler avec une acidité très faible. Ajoutons qu'en été lorsque ces ferments sont plus répandus dans l'atmosphère qu'en hiver, ainsi que nous le savons d'après les expériences de *Hansen*, on est obligé de travailler avec une acidité plus forte.

On pourrait citer encore bien des faits tendant tous à prouver que l'acidification du levain a pour but la destruction des champignons.

## *2. L'acide lactique peut-il être remplacé dans le levain par d'autres acides ?*

On s'est posé cette question très souvent, sans parvenir à la résoudre. Aussi longtemps qu'on a attribué l'efficacité de l'acidité à la transformation de l'albumine en peptones, on pouvait espérer remplacer par d'autres acides l'acide lactique, qui est produit par un ferment organisé, nuisible dans d'autres opérations du travail de la distillerie.

On savait que l'acide chlorhydrique et d'autres acides minéraux dissolvent mieux l'albumine à concentration égale que l'acide lactique, et l'on pouvait songer à additionner le levain d'acide chlorhydrique après la saccharification, laisser s'accomplir la transformation en peptones, et neutraliser ensuite afin d'empêcher l'acide chlorhydrique de nuire à la multiplication de la levure. Ce procédé n'a pas été suivi de bons résultats, du moins de résultats certains, et cela se comprend parce que la peptonisation n'est pas, en général, d'un grand secours et que, par contre, la neutralisation est contraire à l'effet que l'on veut obtenir, puisque c'est l'acide libre qui garantit la levure contre le développement simultané des champignons. On ne pourrait cependant se dispenser de neutraliser l'acide chlorhydrique, car cet acide, même en très petite quantité et déjà à 0,1 %, nuit à la reproduction de la levure.

On ne voit donc pas pour le moment de perspective bien certaine

de remplacer l'acide lactique par un autre acide offrant les mêmes avantages, mais on peut espérer de l'avenir sa découverte et la détermination de la proportion dans laquelle il faudra l'employer pour obtenir la meilleure reproduction possible de la levure. Le travail de la distillerie y gagnera beaucoup plus de sûreté.

Delbrück a bien fait quelques essais avec les acides minéraux, ils n'ont pas complètement échoué, mais n'ont pas non plus pu être appliqués d'une manière définitive.

### 3. *Durée de l'acidification.*

Si la théorie que nous venons d'exposer, à savoir que la production de l'acide lactique n'a pour but que de combattre le développement des bactéries, est exacte, il semblerait que la durée de l'acidification importe peu, pourvu que la quantité voulue d'acide lactique ait pu se former. Ce n'est cependant pas le cas et l'expérience a prouvé aux distillateurs que le levain gagne à une acidification aussi lente que possible. Cette donnée de la pratique peut facilement être expliquée, quoique l'auteur n'ait pas d'expériences à citer à l'appui. Une acidification courte correspond à un prompt refroidissement du levain et ne pourrait pas, par suite, se poursuivre à la température de 44° à 50° favorable à la formation de l'acide lactique, mais à une température se rapprochant de 38° à 44° qui est propice à la production d'acide butyrique.

Il est clair que dans ces circonstances, c'est l'acidification lente, c'est-à-dire celle qui se sera faite à la température la plus élevée qui produira le levain le plus sain.

On peut fournir aussi une autre explication de ce fait en disant que les champignons sont plus résistants à une basse température, qu'à une température plus élevée et que, par suite, une acidification lente les détruit plus sûrement.

Ces deux explications parlent en faveur d'une acidification prolongée en tant que celle-ci est étroitement liée à une température élevée.

### 4. *Y a-t-il une corrélation entre l'acidité du levain et celle des jus en fermentation?*

On pourrait se figurer que plus le levain est acide, plus on a à

craindre que le ferment lactique qui y est répandu, ne se multiplie dans les jus mis en fermentation avec le levain. C'est, au contraire, l'inverse qui se produit, et le danger de propagation du ferment est moins grand avec du levain très acide, qu'avec un levain qui l'est moins, de telle sorte qu'on peut en général poser le principe suivant :

*Plus le levain est acide, moins il se formera d'acide dans la cuve à fermenter.*

Nous devons naturellement chercher à expliquer cette contradiction apparente. Le ferment lactique, comme la levure de bière, vit, se nourrit et finit par s'épuiser, de sorte qu'il devient moins propre à se développer dans une autre solution nutritive. Plus l'acidification lactique est avancée dans une solution, plus aussi le ferment est épuisé, de sorte qu'un levain fortement acide ne contient qu'un ferment usé et épuisé, moins apte à se multiplier dans un autre milieu.

Au contraire le ferment existant dans un levain peu acide, possède encore toute sa vitalité et est encore propre à communiquer la fermentation lactique à une solution sucrée. Ce sont ces propriétés du ferment qui donnent l'explication de ce fait que l'acidité des moûts en fermentation est en raison inverse de celle du levain. On a aussi avec un levain très acide plus de garantie de destruction complète des champignons, qui peuvent être semés avec la levure dans le moût et donner naissance à des fermentations secondaires, accompagnées de formation d'acides. Il faut ajouter aussi que la levure se développe davantage et possède plus de vitalité et de force de reproduction dans un levain exempt de champignons que dans un autre moins acide. Aussi, quand on verse dans un moût un levain ne contenant pas de champignons, la levure se développe-t-elle et se multiplie-t-elle en abondance, donnant naissance à une fermentation alcoolique très pure et empêchant ainsi la formation d'acides. Il est bien connu des praticiens que les moûts qui fermentent lentement et sans énergie, ont une tendance à devenir acides, et cela précisément parce que les ferments étrangers ont pu produire des fermentations secondaires, toujours accompagnées de formation d'acides, avant que la levure soit devenue prépondérante. Nous trouvons donc dans ce fait l'explication du principe déjà posé: Que l'acidité des moûts

en fermentation est en raison inverse de celle du levain. Cette règle, cela va sans dire, n'est pas absolue, car il est clair que si l'on arrive à exclure les ferments nuisibles du levain sans l'acidifier fortement et à les éloigner des moûts en fermentation, en veillant avec le plus grand soin à la propreté des cuves et en désinfectant le malt, on obtiendra une fermentation pendant le cours de laquelle l'acidité du moût n'augmentera pas d'une manière sensible, quoique le levain n'ait été que faiblement acidifié. Il n'en est pas moins vrai que dans l'état actuel d'avancement de la fabrication de l'alcool, c'est généralement le contraire qui se produit.

### III. DÉVELOPPEMENT DE LA LEVURE.

Après avoir étudié les opérations préparatoires nécessaires pour obtenir un milieu propre à la nutrition de la levure, nous allons nous occuper des conditions les plus favorables à son développement.

#### A) ETUDE DU DÉVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION DE LA LEVURE DANS LES MOÛTS-LEVAINS ET LES JUS EN FERMENTATION.

Nous allons donner dans ce paragraphe les résultats de quelques expériences faites sur le développement de la levure au moyen de l'instrument bien connu appelé « Compte-cellules ».

Ces résultats, s'ils ne peuvent servir de règles dans toutes les circonstances, donnent du moins une idée de la façon dont la levure se développe. Ces observations ont été faites par *Hayduck*, sur des moûts ayant fermenté normalement, c'est-à-dire jusqu'à 1<sup>o</sup>,5 à 2<sup>o</sup> sacch. :

1<sup>o</sup> L'accroissement de la levure est terminé dès le commencement de la fermentation principale.

A partir de ce moment aussi, le moût n'est plus susceptible de favoriser la multiplication d'une nouvelle quantité de levure fraîche.

2<sup>o</sup> La période de multiplication de la levure est d'autant plus courte que la quantité de levureensemencée est plus grande.

3<sup>o</sup> Une température élevée de mise en fermentation rend la croissance et l'action fermentative de la levure plus rapides, en agissant

cependant davantage sur cette dernière propriété que sur la croissance, de telle sorte que lorsqu'un moût a été mis en fermentation à une température élevée, la reproduction de la levure n'est terminée que lorsque le moût est déjà entré dans la période de la fermentation la plus active, alors qu'avec une mise en fermentation à une température plus basse (15° C.) elle a déjà pris fin avant ce moment.

4° Plus le levain est riche en globules de levure, au moment de son introduction dans le moût, plus la fermentation de ce dernier est rapide.

5° On a constaté les accroissements suivants de levure :

a) Les cellules de levure se sont multipliées dans les proportions suivantes, depuis l'ensemencement, jusqu'au moment où l'on a prélevé la levure-mère :

Distillerie de Lubochin.....	1 : 4,6
» » Lichtenthal.....	1 : 3,4
» » Klanin.....	1 : 3,8
» » Biesdorf.....	{ 1 : 3,0
	{ 1 : 3,3

b) L'accroissement de la levure, depuis le prélèvement de la levure-mère, jusqu'à la mise en fermentation a été le suivant :

à Taschau.....	1 : 1,7	} pas d'accroissement.
Lubochin.....	1 : 1,03	
Lichtenthal.....	1 : 1,02	
Klanin.....	1 : 1,3	
Biesdorf.....	1 : 1,5	

Les cellules se sont donc multipliées davantage pendant cette dernière période, lorsque l'accroissement avait été moins grand pendant la période précédente.

c) L'accroissement total des cellules de levure est donné par les chiffres suivants :

Lubochin.....	1 : 4,7
Lichtenthal.....	1 : 3,4
Klanin.....	1 : 4,9
Biesdorf.....	1 : 4,9
Moyenne.....	1 : 4,5

On peut donc dire que dans la préparation de la levure artificielle, d'après les méthodes les plus généralement pratiquées, la levure se reproduit dans la proportion de 1 à 4,5.

d) On a enfin trouvé que l'accroissement de la levure pendant la fermentation des moûts avait été la suivante :

Distillerie de Sullново. ....	1 : 14,4
» » Taschau.....	1 : 13,5
» » Lubochin.....	1 : 11,2
» » Lichtenthal.....	1 : 15,2
» » Klanin.....	1 : 9,3
» » Biesdorf....	1 : 15,7
Moyenne.....	1 : 13,2

Delbrück aussi s'est livré avec la collaboration de *Schrobe* et d'*Hayduck* à des essais sur la reproduction de la levure ; il l'a étudiée sur un levain de malt sec de seigle provenant d'une fabrique de levure pressée ; sur un levain de malt vert très clair ; et sur toute une série de levains de moûts et de drèches tels qu'on les obtient dans la fabrication de l'alcool et il a pu déterminer, à l'aide du compte-cellules, le poids de levure contenue dans ces divers moûts. Le tableau suivant donne les résultats de ces essais :

LEVAIN de	DEGRÉS du saccharomètre			ÉLEVATION de la température en degrés R.			Levure contenue dans un litre. gr.
	Mise en fermentation.	Chute.	Différence entre a et b.	Température de a	Température de b	Différence entre a et b.	
	a	b					
Malt sec et seigle con- cassé.....	29,5	14,6	14,9	20,0	26,0	6,0	78,4
	29,5	16,0	13,5	20,0	25,0	5,0	75,6
Moût de pommes de terre et malt vert....	18,0	7,5	10,5	15,0	20,0	5,0	84,3
Moût de pommes de terre malt vert et drèche ..	17,0	8,0	9,0	15,0	20,0	5,0	79,8
Moût de pommes de terre et malt vert ....	15,0	7,5	7,5	14,0	16,0	2,0	60,8
Malt vert.....	10,0	4,0	6,0	12,0	15,0	3,0	59,2

Il ressort de ces chiffres les conclusions que voici :

1° La concentration primitive du levain ne peut en aucune façon servir de mesure pour la détermination de la quantité de levure et de son énergie ; la levure peut, en toutes circonstances, se produire en plus grande quantité dans des moûts-levains peu concentrés que dans des moûts plus épais.

2° La quantité de levure formée n'est nullement dépendante de la quantité de sucre du levain ayant fermenté.

3° La quantité de sucre transformé est beaucoup plus en rapport avec l'élévation de température qu'avec la quantité de levure formée. Les indications saccharométriques du levain en fermentation ne peuvent donc pas servir à la détermination de la maturité de la levure.

4° La levure est mûre, (c'est à ce moment qu'on doit procéder à l'enlèvement de la levure-mère), avant que sa croissance soit terminée, c'est-à-dire avant que tous les éléments nutritifs soient absorbés, car la levure-mère doit pouvoir encore fermenter et former de nouvelles cellules. *Delbrück* considère cependant la levure mal mûre comme plus dangereuse que celle qui est trop mûre, parce que, abstraction faite de ses propriétés, elle ne contient pas assez de cellules. L'ensemencement de la levure mal mûre peut, par suite, être comparé à un ensemencement trop faible, car il en offre tous les dangers, c'est ainsi qu'il ne permet pas d'empêcher complètement l'envahissement du moût par les ferments secondaires.

B.) INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA REPRODUCTION DE LA LEVURE, D'APRÈS RASMUS PEDERSEN.

(Annales du Laboratoire de Carlsberg. Cahier 1, page 31.)

Cent cellules de levure,ensemencées à diverses températures, donnèrent naissance aux nombres de cellules suivants :

225	cellules à	4°	C.
476	»	13°	»
1206	»	23°	»
1759	»	28°	»
639	»	34°	»
100	»	38°	»

Le temps nécessaire à la formation d'une génération de cellules



varie suivant la température de la façon suivante, et peut être évalué à :

20 heures à .....	4° C.
10,5 » .....	13°,5 »
6,5 » .....	23° »
5,8 » .....	28° »
9 » .....	34° »

La conclusion à tirer de ces chiffres, est que l'accroissement de la levure augmente avec la température sans cependant lui être proportionnel. La température qui lui est la plus favorable est comprise entre 28° et 34° C. et paraît, d'après Pedersen, être plus proche de 28° que de 34°. Lorsqu'on dépasse ce degré de 34°, la reproduction de la levure décroît rapidement pour s'arrêter complètement à 38° environ.

Ces données sont relatives à la reproduction de la levure pendant le premier jour ; au second, la levure se comporte différemment et l'on a trouvé que l'accroissement maximum avait alors lieu à 13°,5 C.

Pendant le cours du deuxième jour il se forma

19 cellules à .....	4° C.
52 » .....	13°,5 »
20 » .....	23° »

dans l'unité de volume du compte-cellules (0,00025 mmc.).

Le temps nécessaire à la formation d'une génération de cellules de levure fut de :

20 heures à .....	4° C.
16,7 » .....	13°,5 »
65,5 » .....	23° »

La reproduction de la levure avait donc déjà pris fin le deuxième jour à 23°. En laissant la reproduction de la levure durer 8 jours, on obtint à toutes les températures le même accroissement. Les basses températures ne sont donc pas un obstacle et ne nuisent pas à la multiplication de la levure ; elles ne font que la ralentir.

#### C.) INFLUENCE DE L'AIR SUR LA REPRODUCTION DE LA LEVURE.

On sait depuis longtemps que l'oxygène exerce une influence

favorable sur la multiplication de la levure, et les distillateurs connaissent bien l'utilité de l'air, puisqu'ils ont coutume de remuer fréquemment et énergiquement le levain pour le mettre au contact avec l'oxygène de l'air.

De nouvelles expériences de *Rasmus Pedersen* et de *Hansen* (comptes-rendus du laboratoire de Carlsberg, 1<sup>er</sup> cahier) confirment pleinement cette donnée de l'expérience.

Ces essais ont montré que, sous l'influence de l'aération, la reproduction de la levure augmente sensiblement et que la fermentation est plus complète, tandis que la force fermentative de chaque globule de levure, pris isolément, est plus grande lorsqu'on n'aère pas.

Voici quels sont les chiffres de Hansen :

	NON AÉRÉ				AÉRÉ			
	Degrés du saccharomètre.	Degrés de chute.	Nombre de cellules de levure dans l'unité de volume du compte-cellules.	Accroissement du nombre des cellules de levure.	Degrés du saccharomètre.	Degrés de chute.	Nombre de cellules de levure dans l'unité de volume du compte-cellules.	Accroissement du nombre des cellules de levure.
23 mai								
Matin...	10	0	41	1	10	0	41	1
Soir....	9,67	0,33	126	3	9,51	0,49	140	3,4
24 mai								
Matin...	9,18	0,82	179	4,3	8,78	1,22	387	9,4
Soir ...	8,49	1,51	218	5,3	6,91	3,09	960	23,4
25 mai								
Matin...	7,68	2,32	375	9,1	4,95	5,05	1274	31
Soir....	6,99	3,01	465	11,2	3,99	6,01	1470	35,8

On a poursuivi ces expériences à une température de 12 à 14° C.

Le fait seul de couvrir le vase dans lequel se trouve le levain, ce qui empêche le libre accès de l'air, a une influence sur la repro-

duction de la levure et sur l'activité de la fermentation. C'est ce que prouvent les chiffres suivants fournis par Pedersen.

	Substance sèche de la levure formée en gr.			Quantité de sucre fermenté par litre en gr.		
	Aéré.	Vase ouvert.	Vase fermé.	Aéré.	Vase ouvert.	Vase fermé.
En 2 jours.....	2,509	2,230	2,159	51,681	46,840	46,581
» 3 » .....	2,869	2,645	2,189	61,161	57,210	55,736
» 4 » .....	3,213	2,763	2,490	75,675	61,675	61,420

Ici aussi l'accroissement de la levure a été plus grand dans le vase ouvert que dans le vase fermé ; par contre, la force fermentative de la levure n'avait pas augmenté.

Nous ajouterons que des expériences de *A. Mayer* confirment que l'action de l'air ne rend pas la levure plus énergique. Ce résultat cependant a été vivement combattu par *Naegeli*, de sorte qu'on ne peut pas le regarder encore comme concluant ; mais l'aération n'aurait-elle pour effet que d'augmenter la production de la levure, que ce serait une raison suffisante pour préconiser cette opération. Une application immédiate à tirer de l'expérience de Pedersen sur l'influence de l'air sur la reproduction de la levure, c'est que, pendant la fermentation du levain, il vaut mieux laisser le vase à levure découvert, afin de laisser libre accès à l'oxygène et lui permettre d'exercer son influence favorable.

#### D.) INFLUENCE DE L'ALCOOL SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA LEVURE.

On sait aussi depuis longtemps que l'alcool est anti-fermentescible.

D'après Brefeld, il empêche la reproduction de la levure dès qu'il existe dans un moût dans la proportion de 12 % en poids, tandis qu'il n'arrête la fermentation que lorsqu'il atteint la proportion de 14 % en poids, soit 17,3 % en volume. Ces données pourraient faire croire à l'impossibilité d'avoir dans la pratique la fermentation du moût et la production de levure entravées par

suite de la présence d'une trop grande quantité d'alcool, puisqu'on n'a jamais à faire à des vins renfermant de 15 à 17 % d'alcool en volume. Il ne faudrait cependant pas trop se reposer sur les chiffres de *Brefeld*, car des expériences plus récentes de *Hayduck* semblent indiquer qu'on ne doit les accepter qu'avec une certaine réserve. Ce dernier a pu, en effet, constater qu'une proportion d'alcool beaucoup plus faible, soit 2 à 4,6 % en volume, ralentissait déjà d'une manière notable la formation des cellules de levure ; que, lorsque cette proportion variait entre 4 et 6 %, elle exerçait sur la reproduction de la levure une action encore plus sensible ; qu'entre 6 et 8 %, elle l'entravait considérablement, et qu'enfin si elle atteignait 10 %, l'accroissement de la levure était si faible qu'il ne pouvait présenter aucun intérêt pratique.

*Hayduck* a complété ces essais, faits en petit, en étudiant la reproduction de la levure dans les moûts en fermentation à l'aide du compte-cellules.

Il trouva les chiffres suivants :

	Température du moût.	Proportion d'alcool en volume.	Nombre de cellules de levure dans l'unité de volume du compte- cellules.
Au commencement de la fermentation.. . . . .	17°,6 environ	0,55	3,9
Après 13 heures 40 minutes	18°,25	1,75	18,4
» 18 » 25 »	19°,5 »	2,60	22,3
» 21 » 50 »	21°,5 »	3,75	29,0
» 25 » 55 »	23°,75 »	5,00	40,7
» 28 » 55 »	26°,25 »	6,50	41,9
» 31 » 55 »	27°,5 »	7,70	42,1
» 34 » 55 »	28°,75 »	8,70	41,7
» 38 » 5 »	28°,75 »	9,05	41,9

Il ressort des indications que donne ce tableau, qu'à partir du moment où le moût contient 5 p. % d'alcool, la multiplication de la levure est si réduite que l'on n'a pas à en tenir compte dans la pratique.

**E.) CONCENTRATION LA PLUS FAVORABLE DU LEVAIN ET PROPORTION DE MATIÈRES NUTRITIVES QU'IL DOIT CONTENIR.**

La levure se compose principalement, comme nous l'avons vu, d'éléments azotés, et l'on pourrait en conclure qu'il serait suffisant

d'avoir un levain riche en matières nutritives azotées, pour pouvoir compter sur une abondante production de levure. Ce n'est cependant pas là ce qui se passe en réalité, la levure se comportant, au point de vue de ses besoins en matières azotées, comme le corps des animaux. On sait, en effet, que les éléments azotés de la nourriture servent principalement à la croissance du corps des animaux et c'est cette propriété qui les a fait appeler par Liebig éléments plastiques. Mais cette formation de tissus ne peut avoir lieu que s'il se trouve dans la nourriture des animaux, à côté des éléments azotés, des substances nutritives non-azotées, telles que les hydrates de carbone ou la graisse. Ces éléments non-azotés ne concourent pas eux-mêmes, à vrai dire, à la formation des tissus, mais ils servent au développement des forces et épargnent ainsi les éléments azotés qui peuvent dès lors passer dans les tissus.

L'accroissement de la levure se produit d'une façon tout-à-fait semblable, c'est-à-dire qu'il dépend moins de la contenance du liquide fermentescible en albumine ou d'une façon plus générale en matières azotées, que du rapport entre la quantité de sucre et celle des matières azotées.

C'est ainsi, par exemple, que la production de levure dans un moût cesse dès que la proportion du sucre qu'il contient est devenue trop faible par rapport à la quantité de substances azotées.

Si dans ces circonstances on introduit dans le moût une nouvelle quantité de sucre, la reproduction de la levure reprend et dure jusqu'à ce que toutes les substances azotées assimilables aient été absorbées. Ce point de vue, qui a été présenté la première fois par *Delbrück*, peut avoir des conséquences intéressantes pour la production de la levure.

Il en résulte, en effet, qu'une diminution trop rapide de la proportion de sucre du levain est nuisible à la multiplication de la levure, et que le levain doit contenir en quantité suffisante, jusqu'à la fin de la production de levure, du sucre ou des hydrates de carbone que la levure puisse s'approprier. Comme la transformation du sucre dépend surtout de la température du levain, en ce sens qu'elle est plus rapide quand la température du liquide est plus élevée, on a à sa disposition, en maintenant une température régulière dans le levain, un moyen sûr de conserver une quantité

suffisante de matières nutritives non-azotées jusqu'à la fin de la production de la levure.

La question de la concentration la plus convenable à adopter est plus difficile à résoudre, car on doit l'envisager aux deux points de vue suivants :

- 1° Au point de vue de la reproduction de la levure ;
- 2° A celui de sa conservation.

Il n'est pas toujours exact, ainsi qu'on pourrait le croire, qu'un levain concentré, produise une plus grande quantité de levure qu'un levain moins épais. Si, par exemple, un moût d'une densité d'environ 8 à 10° sacch. contient assez de matières nutritives pour la levure, il est clair qu'une plus grande concentration ne serait d'aucune utilité.

*Delbrück* s'est occupé de cette question et nous apprend qu'il a mesuré les quantités de levure produites sur deux levains, l'un très épais et l'autre plus clair ; il a trouvé :

Qu'un levain de 29° sacch. avait donné 70 gr. de levure.
"      10°      "      59 gr.      "

Si l'on compare les résultats de ces deux expériences, on voit que le levain le plus concentré a donné naissance, à la vérité, à une quantité de levure un peu plus grande que l'autre, mais qui n'est pas en proportion avec la différence de concentration, le rapport des densités étant de 1 : 2,9 et celui des quantités de levure produite de 1 : 1,2.

*Rasmus Pedersen* a aussi étudié le rôle que joue la concentration du levain dans la reproduction de la levure. Un moût de bière de 16°,2 sacch. lui a donné 124,6 globules de levure par unité de volume du compte-cellules, tandis qu'un moût moitié moins épais en a produit 124, ce qui revient à dire que la production de levure a été la même pour les deux moûts.

La possibilité de production de la levure avec un levain ne dépassant pas 10° sacch. a été pratiquement prouvée pour la première fois par *Schullze*, de Schutzendorf, qui pendant longtemps n'a pas travaillé autrement dans sa distillerie. Il n'est donc pas douteux qu'on puisse obtenir une reproduction de levure satisfaisante dans des moûts dilués, mais on ne peut pas dire que ces derniers

soient aussi avantageux que les levains plus concentrés par suite de leur conservation moins facile. Quand on se trouve dans des conditions normales et très favorables on peut, il est vrai, travailler à moûts étendus d'une manière satisfaisante, et cela pendant longtemps, mais les praticiens, dès qu'ils se trouvent dans des circonstances un peu défavorables, préfèrent à bon droit aux moûts clairs des moûts très concentrés, une levure diluée étant plus exposée à être altérée par les ferments parasites qu'une autre plus concentrée.

Il est donc sage de ne pas adopter une concentration trop faible pour la préparation du levain.

Un levain dilué doit être travaillé d'une façon différente qu'un levain plus concentré. Il faut s'inspirer pour sa préparation des considérations suivantes :

1° *Un levain dilué doit être préparé à une température très basse.*  
Il ne contient, en effet, qu'une faible quantité de sucre qui à une température élevée serait vite transformée en alcool ; or, comme nous l'avons déjà fait remarquer, le développement de la levure ne dépend pas seulement de la quantité de substances nutritives azotées renfermées dans le levain, mais aussi de la proportion de matières non azotées.

2° *Un levain dilué doit être plus acide qu'un levain plus concentré.*  
Les champignons nuisibles se développent plus facilement dans un levain dilué que dans un levain plus concentré et il convient, par suite, d'en garantir la levure, par la production d'une forte quantité d'acide lactique.

Comme un moût peu épais se refroidit rapidement, la température favorable de 47° à 50° est vite atteinte, ce qui rend l'acidification plus délicate que pour des levains concentrés. C'est là le cas de se servir du réchauffeur de *Schreibner*.

#### F.) DURÉE DE LA FERMENTATION DU LEVAIN.

La durée de la fermentation du levain ne doit pas être inférieure à 10 heures et ne doit pas non plus, en général, dépasser 14 heures. Lorsqu'elle est plus rapide, on est exposé à n'avoir, à côté d'une fermentation complète, qu'une reproduction de levure peu active,

car ces deux phénomènes, ainsi que nous l'avons déjà dit, sont indépendants l'un de l'autre, et la plupart du temps ne marchent pas ensemble.

La température à laquelle le levain a été abaissé pour l'introduction de la levure-mère a une grande influence sur la durée de la fermentation. C'est ainsi que nous avons vu que les levains dilués doivent être préparés à une température plus basse que s'ils étaient plus concentrés, parce que lorsque la levure-mère est introduite dans un moût à une température relativement élevée (20° à 24° C.), il se produit une fermentation tumultueuse qui transforme rapidement les éléments fermentescibles, mais ne donne naissance qu'à une levure peu active. Lorsqu'au contraire le levain est mis en fermentation à une température plus basse, la fermentation ne devient pas tumultueuse, mais il se produit une levure plus abondante et mieux nourrie.

Une température élevée est, cela est connu, surtout favorable au développement de la force fermentative et une basse température, à une abondante production de levure. Maercker croit, d'après ce qui lui a été dit par des praticiens expérimentés, que la levure produite à une basse température est moins délicate, plus résistante et d'une action plus sûre que celle préparée à une température plus élevée.

Le volume du levain n'étant jamais considérable, la température de la masse ne s'élève pas beaucoup pendant la fermentation, à peine de 4° à 5° C.; on n'a même souvent aucune élévation sensible de température par suite de la perte de chaleur par rayonnement. Aussi n'attache-t-on en général guère d'importance à cette question.

Pour ce qui est de la température dans l'atelier de préparation du levain, les opinions diffèrent un peu; les uns préfèrent une température un peu plus basse, les autres une température un peu plus élevée. Ces derniers sont cependant en grande majorité.

Le local où se prépare la levure doit pouvoir se chauffer facilement, on obtient généralement cette condition, en y faisant passer de la vapeur par des longs tuyaux ou par des serpents.

Une levure obtenue à une température froide dans un local plus chaud, donne moins souvent des mécomptes qu'une



levure chaude préparée dans une pièce froide. Cette opinion paraît justifiée.

#### G.) FERMENTATION SPONTANÉE DE LA LEVURE.

Dans certaines circonstances, et sans qu'on ait introduit de la levure-mère dans le levain, il s'y produit une *fermentation spontanée* qui le rend impropre à tout usage. Ce phénomène est peut-être dû à ce qu'on a brassé par mégarde le levain avec un rable servant à remuer des moûts en fermentation et qu'on a ainsi inconsciemment ensemencé de la levure. Si ce n'est pas le cas, la fermentation spontanée n'est autre chose qu'une fermentation butyrique. Cette fermentation butyrique qui, comme on le sait, est accompagnée de dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène se produit dans le levain dans les circonstances suivantes :

1° *La fermentation spontanée du levain se produit principalement dans les premiers jours de la campagne.* On comprend, en effet, que lorsqu'il existe une grande quantité de ferment lactique bien franc, l'excès d'acide lactique empêche le développement du ferment butyrique, mais lorsqu'on reprend la fabrication après l'arrêt de l'été, le ferment lactique est presque complètement détruit, ce qui permet au ferment butyrique de regagner facilement du terrain. Si l'on reprend alors à nouveau l'acidification du levain, la fermentation butyrique s'affaiblit et finit par cesser complètement, surtout si l'on opère entre 48° et 50°.

2° *Un levain dilué est plus enclin à fermenter spontanément qu'un levain plus concentré.* Cela se conçoit aussi sans peine, un levain dilué se refroidissant plus facilement et atteignant plus vite des températures plus basses que 48° C., qui sont favorables au développement de l'acide butyrique.

3° *Un levain préparé avec du seigle moulu ou concassé doit être plus susceptible de donner naissance à une fermentation spontanée qu'un levain de malt pur.* Nous donnerons l'explication de cette observation en disant que la farine de seigle ne se divise pas facilement et forme des boules qui sont enveloppées d'une pâte visqueuse et ne s'échauffent que difficilement à la température nécessaire pour tuer le ferment butyrique. Il sera toujours facile d'éviter les

fermentations butyriques en mettant à profit les connaissances que nous avons sur les propriétés du ferment qui leur donne naissance.

*On n'a pour cela qu'à opérer la trempe du moût-levain à une température assez élevée pour que toute la masse soit sûrement portée à 65° à 68 C. et à acidifier à la température de 48° à 50° C.*

#### H.) PRODUCTION DE LEVURE A L'ÉTAT DE PURETÉ.

Lorsqu'on prépare de la levure, on ne doit pas seulement avoir en vue une forte production de levure active, mais on doit viser aussi à ce que cette levure soit aussi pure que possible, c'est-à-dire exempte de ferments parasites. Pour arriver à ce résultat, on peut procéder de deux manières différentes :

1° On doit employer pour l'ensemencement une levure-mère contenant une grande quantité de véritable levure alcoolique, car les expériences de Nægeli nous ont appris que le développement d'un ferment nuit à celui d'un autre ferment, dans le même milieu, et que si, par exemple, onensemence un mélange de levure alcoolique et de ferment lactique, dans lequel ce dernier predomine, le développement de la levure sera enrayé et pourra même être complètement arrêté. C'est pourquoi l'on fait fausse route quand on ne prélève pas une quantité suffisante de levure-mère. Cette quantité ne devrait jamais être inférieure à  $\frac{1}{10}$  du volume du levain. Si l'on a lieu de croire que l'ensemencement de la levure a été trop faible, il ne faut pas hésiter à le renforcer par une addition de levure de bière de haute fermentation, ou de levure pressée.

2° On ne doit pas seulement veiller à ce que les cellules de la semence soient principalement composées de la levure que l'on désire produire, mais il faut éviter autant que faire se peut, qu'elles se trouvent en présence d'autres levures ou champignons, tels que les spores des moisissures. On peut lire sur ce sujet dans les Annales du Laboratoire de Carlsberg, cahiers II-IV, le récit des expériences fort intéressantes de *Hansen*. Cet expérimentateur rapporte que dans la fabrication de la bière, il ne faut pas seulement observer la propreté la plus scrupuleuse dans l'entretien des appareils et des outils, ainsi que dans les locaux destinés à la préparation de la levure et à la fermentation, mais il ne faut encore faire pénétrer dans ceux-ci qu'un air pur. D'après *Hansen*, il existe en toutes saisons dans l'air

et dans la poussière, mais surtout en juillet, août et septembre, des organismes gênant la fermentation ; aussi ne laisse-t-on pénétrer l'air dans la cave à fermentation du laboratoire de Carlsberg, qu'après l'avoir refroidi au préalable à l'aide de machines frigorifiques et l'avoir purifié au moyen d'une solution de sel de cuisine répandue en pluie fine. Des essais comparatifs établirent qu'on obtenait ainsi un air bien exempt de champignons et une bière meilleure que dans les salles de fermentation ordinaires. (L. C., cahier IV, p. 213.)

*L'étude des formes, de la vitalité et de la reproduction des organismes pouvant entraver le développement de la levure et la marche de la fermentation, telle que l'a poursuivie Hansen au point de vue de la brasserie, doit être aussi d'une grande utilité au point de vue de la fabrication de l'alcool et de la levure pressée.*

Une expérience de *Hayduck* montre dans quelle mesure la levure peut être entravée dans sa reproduction par les champignons, quand ceux ci trouvent un milieu favorable à leur développement.

Il mit en fermentation à deux températures différentes, soit à 16°-17° C. d'une part et 29-30° C. de l'autre, un moût à peu près exempt de ferments parasites et n'ayant reçu qu'une quantité minime de levure-semence. Les champignons pullulèrent bientôt dans le moût mis en fermentation à la plus haute température, tandis qu'ils ne se développèrent pas d'une manière excessive dans celui qui avait été préparé à 16-17° C.

*Hayduck* constata le nombre suivant de cellules de levure par unité de volume, après 44 heures de fermentation :

30	pour le moût de	16—17° C.
15	»	29—30° C.

Une température plus élevée avait donc favorisé le développement des champignons et nuit à celui de la levure.

On savait depuis longtemps qu'une addition d'acide sulfurique arrêtait le développement des ferments nuisibles et n'influençait pas celui de la levure, tant qu'il est employé à dose modérée, et il est intéressant d'apprendre que le danger que présentent les hautes températures peut être corrigé par l'emploi de cet acide.

*Hayduck* trouva que le nombre de cellules de levure contenues

dans l'unité de volume après 113 heures de fermentation était de :

37 pour le moût mis en fermentation à 16-17° C. sans addition d'acide sulfurique.  
Et de 37 aussi " " 29-30° C. avec addition d'acide sulfurique.

Cet observateur fit encore d'autres essais sur un moût fortement infesté par des champignons et trouva que le moût renfermait le nombre suivant de cellules de levure dans l'unité de volume :

11 pour le moût mis en fermentation à 16-17° C.  
7 " " " " à 29-30° C.

Un envahissement plus complet par les champignons avait donc réduit la quantité de cellules de levure dans la proportion de 37 à 11 ; on voit aussi par les chiffres donnés ci-dessus que la haute température de la mise en fermentation avait également nui au développement de la levure. En ajoutant au moût une petite quantité d'acide sulfurique, il put atténuer en grande partie l'effet nuisible causé par les champignons ; il obtint, en effet, après la fermentation du moût préparé à 29-30° C., 26 à 28 cellules au lieu de 37 trouvées dans le moût moins infesté.

3° On a proposé bien souvent l'emploi de l'alcool pour empêcher le développement des bactéries, qu'il arrête à une dose plus faible que celle qui est nécessaire pour entraver l'accroissement de la levure. Il faut alors que le moût en contienne environ 2 à 3 % en volume ; employé en moindre quantité, comme on le fait souvent, il ne produit, la plupart du temps, aucun effet. Ce moyen n'a, d'ailleurs, presque plus d'intérêt pratique, depuis qu'on en a un plus sûr dans l'emploi de l'acide salicylique et de l'extrait de houblon.

4° D'après *Heinzelmann*, une addition d'acide salicylique donne, en effet, des résultats dignes de remarque au point de vue de la conservation et de l'accroissement de la force fermentative de la levure. C'est ainsi qu'en acidulant avec 0,05 gr. d'acide salicylique par litre une levure qui transformait après une demi-heure de fermentation 28,5 gr. d'une solution sucrée à 10 % de sucre, il put arriver à faire transformer par cette même levure, 37,5 gr. de sucre. L'acide salicylique peut donc être employé avantageusement, mais il doit l'être avec circonspection, car à la dose de 0,1 gr. par

litre, il gêne déjà considérablement la fermentation et à celle de 0,25 gr. il l'arrête complètement.

5° De tous les moyens préconisés pour opposer une barrière à l'envahissement des champignons, c'est l'emploi du houblon qui devrait être placé en première ligne, car le houblon est un poison violent pour les bactéries. Etendons nous donc un peu sur les travaux récents qu'ont fait sur cette question *Delbrück* et ses collaborateurs *Hayduck* et *Stenglein*.

Ainsi qu'on le sait, on se sert depuis fort longtemps du houblon en brasserie; mais ce serait une erreur de croire qu'on l'emploie purement pour donner à la bière le parfum voulu. Il a, au contraire, pour but principal de rendre la bière facile à conserver parce qu'il empêche le développement des parasites de toutes sortes qui donnent naissance aux fermentations secondaires. L'élément du houblon qui possède cette action, n'est, d'après *Hayduck*, ni l'huile essentielle qu'il contient, ni le tannin, mais une résine qu'on peut en extraire par l'éther et l'alcool.

D'après cela, du houblon qui aurait été traité par l'alcool et par l'éther, ne posséderait plus la moindre propriété antiseptique. *Hayduck* ne dit pas si c'est la résine molle ou la résine dure que contient le houblon ou toutes les deux qui exercent cette action. La résine du houblon est très peu soluble dans l'eau qui en est rapidement saturée, c'est pourquoi un extrait très concentré de houblon n'est pas plus actif qu'un extrait plus dilué. *Hayduck* constata, par exemple, qu'un extrait d'un gramme de houblon par litre est aussi fortement antiseptique qu'un autre de 15 grammes. Il a remarqué aussi que le vieux houblon est sans effet, tandis que le houblon frais est très actif. Les diverses variétés de houblon se comportent de différentes manières au point de vue de leur action antiseptique. *Hayduck* l'a constaté sans pouvoir établir une relation entre le degré de finesse du houblon et son efficacité, le houblon sauvage étant tout aussi antiseptique que le houblon le plus fin. Ce qui doit être remarqué dans ses observations, au point de vue de la fabrication de la levure artificielle, c'est qu'il n'est pas nécessaire de s'adresser aux qualités de houblon les plus fines et les plus chères et qu'on peut se servir dans chaque région du houblon qu'on y cultive.

Tandis qu'on est obligé de maintenir le levain avec le plus grand

soin à la température de 50° C. pendant la durée de l'acidification pour empêcher le développement du ferment butyrique, on peut ne pas s'inquiéter de la température d'un levain dans lequel on a introduit par 100 litres la quantité d'extrait correspondant à 125 gr. de houblon, et obtenir cependant d'abord une fermentation lactique bien franche, puis avec la levure produite une excellente fermentation suivie d'un rendement élevé en alcool. *Stenglein* n'a pas fait moins de 8 essais comparatifs, qui ont tous confirmé ce fait. Une addition de houblon dans les cuves à fermenter des distilleries a aussi donné d'excellents résultats, et a permis non-seulement d'obtenir une fermentation régulière et un rendement élevé, mais encore de faire fermenter complètement des moûts concentrés jusqu'à 25° sacch. La dose d'extrait correspondant à 120 gr. de houblon suffit aussi pour 100 litres de moût.

D'une manière générale on peut estimer que la quantité d'extrait correspondant à 100 à 125 gr. de houblon doit être la dose normale qu'on doit employer pour 100 litres de capacité des vases à levure ou des cuves de fermentation, surtout pendant l'été. Il ne serait pas étonnant que l'emploi du houblon comme antiseptique fit entrer la conduite de la fermentation et la fabrication de la levure dans une voie toute nouvelle.

*Hayduck* ajoute que le houblon n'agit pas comme antiseptique avec la même énergie vis-à-vis de tous les ferments secondaires, mais qu'il empêche d'abord le développement de la fermentation butyrique et de la pourriture, puis celui de la fermentation lactique. Par contre l'extrait de houblon ne gêne pas la fermentation acétique, il paraîtrait même la rendre plus active.

6° On a obtenu d'excellents résultats en brasserie, tant au point de vue du goût de la bière qu'à celui de sa conservation, en se servant de levure bien pure préparée par *Hansen* au laboratoire de Carlsberg.

La méthode de Hansen pour produire une levure bien franche n'est pas sans offrir de l'intérêt pour les distillateurs, qui à ce point de vue ont encore bien des choses à apprendre de la brasserie.

I.) MOMENT OÙ LA LEVURE EST LE PLUS PROPRE A ÊTRE EMPLOYÉE.  
AVANT TOUT, ON NE DOIT S'EN SERVIR QUE LORSQU'ELLE EST BIEN MÛRE.

Une levure trop jeune, encore incomplètement formée, ne pos-

sède pas la propriété de se reproduire au même degré qu'une levure tout-à-fait formée et dans toute sa vigueur, et c'est justement dans la production et l'emploi d'une levure bien mûre que réside *l'art principal* du fabricant de levure. *Delbrück* estime que l'emploi d'une levure trop vieille est moins préjudiciable que celui d'une levure trop jeune, mais il va sans dire que ce qu'il vaut le mieux, c'est d'ensemencer la levure au moment voulu, c'est-à-dire quand elle se nourrit le mieux, qu'elle est dans son plein développement ; en un mot quand elle est au maximum de sa force. La pratique a essayé de fournir un moyen empirique pour reconnaître ce moment en prescrivant de laisser fermenter le levain au plus jusqu'à ce que le degré saccharométrique du moût ait baissé d'un tiers. Cette donnée peut sans doute être exacte lorsque la fermentation a été conduite à la température voulue, mais lorsque par suite d'une circonstance quelconque la force fermentative de la levure a été plus grande que la reproduction de la levure n'a été active, on obtiendrait un meilleur résultat en laissant le levain fermenter davantage. Dans tous les cas, on doit regarder comme rationnelle la règle, à laquelle on se conforme strictement, de ne jamais enlever la levure-mère que lorsque le degré saccharométrique du moût à levure a baissé de moitié.

On voit, d'après ce que nous avons dit, qu'il n'est pas possible d'indiquer un moyen unique déterminant le moment le plus propice pour la prise de la levure-mère, mais on peut, en général, s'inspirer des règles de conduite suivantes :

1° Il faut laisser fermenter plus longtemps une levure préparée à une température élevée, que celle qui a été préparée à une température plus froide.

2° Il faut laisser fermenter plus longtemps un levain dilué, qu'un autre plus concentré, ce dernier produisant plus rapidement une levure bien mûre.

Il est regrettable qu'on n'ait pas encore pu trouver un moyen pour déterminer exactement le degré de maturité de la levure. L'examen au microscope, la coloration au bleu d'aniline et l'emploi d'autres réactifs ne donnent, en effet, que des indications vagues.

Il est cependant vraisemblable que la détermination de la quantité d'azote contenue dans la levure sera à l'avenir de quelque

secours à cet égard, car d'après les expériences de Hayduck que nous rapportons dans le chapitre suivant, la proportion de cet élément contenu dans la levure est liée intimement avec la force fermentative de cette dernière et ses propriétés reproductrices.

**K.) CONTENANCE EN AZOTE DE LA LEVURE ET RAPPORT EXISTANT ENTRE CETTE PROPORTION, LA FORCE FERMENTATIVE ET LES PROPRIÉTÉS REPRODUCTRICES DE LA LEVURE.**

Nous sommes redevables des chiffres suivants à Hayduck. Il a fait ses expériences sur un litre de solution de sucre à 15 % auquel il avait ajouté la proportion de matières minérales voulue et 2,5 gr. de levure pressée. De l'asparagine était employée comme matière azotée devant servir à la nutrition de la levure.

	Quantité d'azote d'asparagine contenue dans la solution. en gr.	Matières sèches de la levure. en gr.	Teneur en azote de la substance sèche de la levure %	Force fermentative de la levure. en gr. de CO <sub>2</sub>
Durée de la fermentation..6 jours température 30° C.....	0,0186	1,720	3,947	6,0
	0,056	2,601	3,921	6,1
	0,093	2,981	4,595	6,6
Durée de la fermentation..5 jours température 30° C.....	0,186	4,742	4,430	7,4
	0,280	4,797	6,336	8,5
	0,373	4,505	8,435	9,4
Durée de la fermentation..4 jours température 30 C .....	0,930	5,412	9,771	—
	1,860	5,632	10,00	—
Durée de la fermentation.30 heu <sup>res</sup> température 30° C.....	0,465	—	9,607	11,0
	0,93	—	10,00	10,4
	1,860	—	10,303	10,5

Il résulte de ces essais :

1° Que le champignon de la levure est un organisme dont la



teneur en azote est très variable ; dans les exemples que nous venons de citer, elle a varié de 1 à 2,6 (3,92 à 10,30 % d'azote).

2° Les solutions diluées renfermant des matières nutritives azotées produisent des levures ayant une faible teneur en azote qui est constante, mais la quantité de levure produite est proportionnelle à la quantité d'azote que renferme la solution.

3° Lorsque la solution est plus riche en azote (plus de 0,2 gr. par litre) l'accroissement de la levure ne devient pas plus considérable, mais celle qui est produite à une teneur plus forte en azote, à peu près proportionnelle à la richesse en azote de la solution. On n'a donc, pour obtenir une levure plus riche en azote, qu'à augmenter la proportion des aliments azotés de la solution, à la condition toutefois que celle-ci renferme suffisamment de sucre.

4° Lorsque la quantité d'azote contenue dans la solution nutritive dépasse 0,5 gr. par litre, elle n'augmente ni la production de levure, ni la teneur en azote de la levure produite.

5° La force fermentative de la levure est proportionnelle à la teneur en azote de la levure sèche. Hayduck détermine cette force fermentative en mesurant la quantité d'acide carbonique produite par la fermentation, en 24 heures et à 30 C., de 400 cc. d'une solution sucrée à 10 %, avec 5 grammes de levure.

6° La levure riche en azote, produite dans une solution concentrée, se distingue de celle qui est moins riche en ce qu'elle possède une force reproductrice plus grande, alors même qu'elle serait ensemencée sur un moût plus pauvre en azote. On s'expliquera facilement ce fait en remarquant que les jeunes cellules, sans doute plus pauvres en azote, peuvent tirer de la levure-mère le complément d'azote, qui leur est nécessaire.

7° Une levure très riche en azote peut cependant être un danger, car elle bourgeonne et se reproduit moins facilement qu'une levure moins azotée.

Ces observations de *Hayduck* ont une grande importance pour la préparation de la levure, aussi bien en théorie qu'en pratique. Elles apprennent, en effet, qu'on doit chercher à produire une levure riche en azote, afin d'avoir une force fermentative aussi grande que possible, mais qu'il faut cependant éviter que la levure soit par trop azotée car, dans ce cas, ses propriétés reproductrices en souffriraient. La semence que l'on introduit dans les

cuves à fermenter n'a pas uniquement pour rôle de transformer le sucre, mais aussi de se reproduire au commencement de la fermentation. Il est vrai de dire que cette connexité entre la richesse en azote de la levure et ses propriétés n'a pas encore été démontrée dans la pratique ; on doit cependant la regarder comme vraisemblable et admettre que le véritable principe qui doit présider à la préparation de la levure, est de la produire aussi azotée que possible, tout en ne dépassant pas la limite où sa force de reproduction commence à souffrir.

Il importe donc d'apprendre comment on peut enrichir une levure pauvre en azote ou vice-versa et, quoique les expériences faites sur ce point n'aient pas encore été confirmées par la pratique, elles n'en présentent pas moins un grand intérêt.

Voici ce que *Hayduck* nous apprend à ce sujet, d'après des expériences qu'il a faites sur la levure de bière : l'usage prolongé de la levure, en brasserie, la rend bientôt hors d'état de pouvoir servir, non-seulement parce qu'elle perd alors une partie de sa force fermentative, mais par ce qu'elle donne naissance à des perturbations dans la fermentation et à des fermentations secondaires ; aussi le brasseur est-il obligé de changer souvent de levure. La cause de ce phénomène réside dans une levure trop azotée qui, par suite de sa trop grande richesse en azote, devient moins propre à se reproduire et perd en partie son affinité pour l'azote. Comme la bière doit, pour pouvoir être conservée facilement, se débarrasser pendant la fermentation, grâce à l'assimilation de l'azote par la levure, des matières azotées qu'elle contient, il ne faut employer en brasserie qu'une levure peu azotée, qui s'assimile activement l'azote des dissolutions dans lesquelles elle se trouve.

Lorsqu'on ensemence de la levure dans des solutions sucrées ne renfermant que peu ou pas d'azote et ne contenant que la quantité nécessaire de matières minérales, elle s'appauvrit insensiblement, quoiqu'à la longue seulement, surtout quand la reproduction s'opère à une basse température comme c'est le cas en brasserie. Un phénomène digne aussi d'être noté c'est que la levure se reproduisant dans une solution riche en azote, s'en *assimilera d'autant plus que la température sera plus basse.*

Les faits, que nous venons de citer, nous procurent le moyen d'appauvrir une levure riche en azote et vice-versa.

*Si l'on veut enrichir une levure pauvre en azote, on n'aura qu'à l'ensemencer dans une solution sucrée riche en azote à une basse température. Nous avons une confirmation de l'efficacité de ce moyen dans le fait, bien connu des distillateurs, que lorsqu'on veut produire une levure très active avec des moûts épais, on doit maintenir une basse température.*

*Veut-on au contraire appauvrir une levure riche en azote, on l'ensemencera dans un moût ne contenant que peu ou point d'azote, qu'on maintiendra chaud.*

*Hayduck est arrivé en procédant ainsi à réduire très rapidement de 9,669 à 9,251 % la proportion d'azote renfermé dans la matière sèche d'une levure. Il a pu encore obtenir un résultat plus complet et plus rapide en faisant passer un violent courant d'air dans le moût en fermentation. Dans ce cas il a réduit la proportion d'azote à 8,433 %.*

Hayduck recommande d'employer un peu d'extrait de houblon pour empêcher les fermentations secondaires de se produire pendant cette opération. Voilà quelle est sa recette pour régénérer la levure, telle qu'on l'applique dans bien des distilleries.

*Pour appauvrir une levure riche en azote, on prend 8 kilos de sucre de canne, on les dissout dans le même poids environ d'eau bouillante et on écume. Dans un autre vase on fait bouillir  $\frac{1}{4}$  kg. de houblon avec une quantité suffisante d'eau. On mélange ensuite cet extrait filtré avec la solution de sucre en y ajoutant 75 gr. de phosphate de potasse et 25 gr. de sulfate de magnésie et l'on étend le volume total à 100 litres. On y ajoute alors 7,5 kilos de levure de bière pressée, à la température de 15° C. et, lorsque la fermentation est commencée, on fait passer dans le liquide, pendant 6 heures, un courant d'air préalablement épuré. La fermentation dure environ 11 heures et tombe à 1°,5 sacch.*

Enfin, on refroidit le liquide à l'aide de glace afin de faciliter le dépôt de la levure, on la sépare de celle qui adhère fortement au fond de la cuve et on lave cette dernière 2 fois.

En opérant de cette façon, Hayduck a pu abaisser la proportion d'azote de la levure de 10,286 à 8,675 % tout en obtenant un bon rendement en alcool.

*Delbrück a fourni aussi quelques données sur la possibilité de*

modifier la teneur en azote de la levure (*Zeitschrift für Spiritus Industrie*, année 1885, page 266) :

1° Lorsqu'on introduit un excès de levure dans un milieu nutritif, elle ne se reproduit que faiblement et si l'on a semé, par exemple, 50 gr. de levure dans 500 cc. de solution, elle cesse presque complètement de s'accroître. Elle ne se reproduit pas, mais elle s'engraisse ou, pour mieux dire, elle emploie les matières nutritives à augmenter la proportion d'azote qu'elle contient. *Delbrück* vit ainsi la proportion d'azote contenue dans la matière sèche d'une levure augmenter en peu de temps de 2 %.

2° Lorsqu'on travaille avec une quantité de levure moins considérable et qu'on fait varier la proportion de semence, tout en n'allant pas au-delà d'une certaine limite, on remarque qu'en employant beaucoup de semence on obtient une plus grande quantité de levure, mais qui est moins azotée. S'il en est ainsi, c'est que les cellules de levure étant plus nombreuses, ont naturellement une moindre quantité d'azote à la disposition de chacune d'elles. On obtient, par contre, une levure notablement plus riche en n'ensemencant le moût que faiblement.

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes des divers faits que nous venons de signaler :

1° Le maintien d'une température basse pendant la fermentation a pour effet de favoriser l'enrichissement en azote de la levure, tandis que l'emploi d'une haute température aurait pour effet, dans les mêmes circonstances, de rendre plus rapide la croissance de la levure, mais d'affaiblir sa teneur en azote.

2° L'aération du moût pendant la reproduction de la levure produit une diminution de la teneur en azote de la matière sèche de la levure.

3° Lorsqu'onensemence outre mesure un moût, la levure ne s'accroît plus, mais elle s'engraisse et devient plus azotée.

4° Si, sans atteindre la limite précédente, on introduit une assez grande quantité de levure pour qu'elle se reproduise encore abondamment, on obtient une levure pauvre en azote, tandis qu'avec un ensemencement plus faible on produit une levure plus riche en azote. On peut donc produire une levure très azotée, soit au moyen d'un ensemencement excessif, soit au moyen d'un ensemencement très faible.

Ces données n'ont pas encore reçu la sanction de la pratique, mais elles sont basées sur des faits d'une telle importance, qu'elles deviendront sans aucun doute dans l'avenir le fondement des règles de la préparation de la levure.

#### L.) PRÉLÈVEMENT ET RÉGÉNÉRATION DE LA LEVURE-MÈRE.

Lorsque la levure est devenue bien mûre dans les vases où le levain fermente, on en prélève une certaine quantité, appelée *levure-mère*, que l'on réserve comme semence pour une nouvelle opération. Comme le moment de l'enlèvement de la levure-mère ne coïncide pas le plus souvent avec son emploi, le moût à levure devant être saccharifié et acidifié avant de la recevoir, on est obligé de la conserver jusque-là avec toute sa vitalité. C'est ce qu'on fait en la mettant dans des vases en fer-blanc ou en cuivre placés eux-mêmes dans de l'eau froide à 10 à 12°, afin d'interrompre la fermentation active.

Dans la plupart des distilleries on prélève la levure-mère quand la fermentation a réduit la densité de moitié. Quoique le degré saccharométrique du moût ne puisse pas être un signe bien sûr du plus ou moins de maturité de la levure, le moyen empirique que nous venons de signaler doit cependant être regardé comme assez précis et l'on peut, en général, prélever la levure-mère quand le degré saccharométrique du moût a diminué de moitié.

Lorsque la fermentation de la levure-mère a été poussée loin, celle-ci doit toujours être conservée froide, car sans cela elle vieillit et perd de ses forces fermentative et reproductrice.

*Les données sur la quantité de levure-mère qui est nécessaire pour la propagation de la levure* varient peu et l'on admet généralement que le récipient de la levure-mère doit avoir une capacité égale au  $\frac{1}{10}$  du volume des cuves à levain. On ne s'est d'ailleurs pas encore bien rendu compte par des essais précis si cette proportion était bien justifiée et devait être conservée dans toutes les circonstances. Il serait plus rationnel de faire varier la quantité de levure-mère, suivant la saison, c'est-à-dire suivant la température. Lorsque l'ensemencement s'effectue à une basse température, il faudrait employer une forte quantité de levure-mère pour que la levure puisse bien mûrir en temps voulu. Une trop faible quantité de levure-mère, même lorsque la température est élevée, est toujours

dangereuse, parce qu'alors les fermentations secondaires ne tardent pas à se produire et les propriétés reproductrices aussi bien que la force fermentative en souffrent. Quand on veut obtenir une levure pure et saine, il faut faire en sorte que dès le commencement, la semence puisse prédominer, ce qui lui permettra d'étouffer les ferments secondaires.

On a souvent remarqué que la levure devient paresseuse, c'est-à-dire qu'elle perd en partie sa propriété reproductrice. Autrefois, quand on observait ce phénomène, on rejetait purement et simplement la levure-mère, mais on sait maintenant qu'il n'est pas nécessaire de la jeter et qu'on peut au contraire la régénérer.

*Witte*, de Gruna, par exemple, conseille de régénérer une semblable levure en y ajoutant  $\frac{1}{3}$  de son volume de moût frais ; *Schneider* rafraîchit la levure-mère qui devient paresseuse, en y ajoutant, non du moût ordinaire, mais du moût-levain fraîchement saccharifié et croit obtenir ainsi une levure plus facile à conserver.

*Stenglein* prétend que la régénération se fait très bien au moyen de moût de malt ou de levain acide, mais à la condition de maintenir pendant cette opération une température élevée, afin que la levure fermente aussi activement que possible ; il conseille de remplir  $\frac{1}{3}$  de la cuve de la levure-mère avec la levure à régénérer et de remplir les  $\frac{2}{3}$  restant avec un des moûts que nous venons de citer et de laisser fermenter pendant un certain temps, puis de vider de nouveau la cuve au  $\frac{2}{3}$ , de la remplir avec du moût et ainsi de suite jusqu'au moment où cette levure doit être employée.

L'efficacité de cette opération trouve une explication dans les faits que nous avons rapportés dans le paragraphe précédent. Selon toute vraisemblance, le manque d'activité de la levure est dû à ce que celle-ci est trop azotée et il s'agit, par suite, de l'appauvrir pour lui rendre sa force reproductrice. C'est vers ce but que tendent le renforcement de la levure-mère à l'aide du moût et le maintien d'une température élevée. *Heinzelmann* conseille, pour rendre la régénération encore plus complète, d'ajouter au moût-levain 0,1 gr. d'acide salicylique par litre afin d'empêcher le développement des bactéries et il est clair que cette addition ne peut être qu'avantageuse. On arriverait probablement à un résultat encore meilleur par une addition de houblon.

M.) RENFORCEMENT DU LEVAIN, SON ENSEMENCEMENT.

*Cette opération qui consiste à mélanger le levain avec une certaine quantité de moût sucré, a pour effet de produire une fermentation tumultueuse, accompagnée d'une abondante production de levure.*

Le but que l'on cherche ainsi à atteindre n'est pas, comme on le croyait autrefois, de rafraîchir la levure ou de l'habituer insensiblement au milieu dans lequel elle doit se développer plus tard, mais simplement de provoquer l'accroissement du nombre de globules de levure. On arrive ainsi à introduire dans le moût à fermenter une plus grande quantité de cellules et l'on se trouve immédiatement dans les conditions les plus favorables pour obtenir une levure bien pure, car on sait que la culture de la levure dans une solution nutritive donne des résultats d'autant plus sûrs, que le nombre de cellules qui y sont répandues est plus grand.

Voilà donc quelle est l'utilité du renforcement du levain par addition de moût, utilité qui fait de cette opération une des plus importantes de la préparation du levain.

Cette opération peut aussi servir à régler la quantité de levure que l'on veut ensemer. C'est ainsi, par exemple, que si l'on doit mettre en fermentation un moût très concentré qui exige une forte quantité de levure, on mélangera la levure avec une grande quantité de moût chaud et on attendra avant de l'introduire dans la cuve à fermentation un temps suffisamment long pour que les cellules puissent se développer. Si, au contraire, on a à faire à un moût plus dilué, qui peut être mis en fermentation à une température plus élevée, on n'a besoin que de peu de levure et il n'est pas nécessaire de la laisser longtemps en contact avec le moût avant de l'introduire dans la cuve.

Nous aurons à revenir sur ce sujet dans le cours de ce chapitre.

N ) VAUT-IL MIEUX EMPLOYER LA LEVURE DE MALT VERT  
OU CELLE DE MALT SEC ?

Dans les premiers temps de la fabrication de la levure artificielle on ne se servait, en général, que de malt sec, parce qu'à cette époque le malt sec seul aussi était employé pour la saccharification. Lorsqu'on reconnut plus tard que le malt vert était plus économique et

meilleur pour la saccharification que le malt sec, on essaya de s'en servir aussi pour la préparation de la levure et l'on obtint de tels résultats que maintenant l'immense majorité des distilleries de pommes de terre emploient la levure de malt vert.

Cette levure est aussi employée dans le travail du maïs et d'autres grains. Ce n'est que lorsque l'on veut obtenir un levain concentré, comme c'est le cas dans la fabrication de la levure pressée et le travail de la mélasse, qu'on a intérêt à employer le malt sec qui ne contient que 10% d'eau, alors que le malt vert en contient 40 à 45 %.

On comprend sans peine qu'on doive chercher à produire le plus grand nombre de cellules de levure quand on fabrique la levure pressée et que le malt vert n'offrirait pas à ces cellules une nourriture suffisante. Quant à l'emploi du malt sec pour la levure destinée à la mise en fermentation de la mélasse, il s'explique par ce fait que la mélasse ne contient pas par elle-même la quantité de matières azotées nécessaires à la nutrition de la levure.

*Dans tous les autres cas, on peut regarder comme un préjugé l'idée qu'on ne doit pas faire fermenter les moûts avec de la levure de malt vert, et, quand on examine de plus près les cas d'insuccès, on voit qu'ils sont toujours dus à quelque faute commise dans la préparation de la levure, qu'on aurait la plupart du temps pu facilement reconnaître et éviter.*

Disons enfin qu'on peut actuellement, grâce aux appareils à lait de malt qui sont munis de dispositions spéciales pour le chauffage, obtenir un levain plus concentré de malt vert, que lorsqu'on ne pouvait l'échauffer qu'en y ajoutant de l'eau chaude.

#### O.) CONSERVATION DE LA LEVURE-MÈRE.

On n'a généralement dans le travail usuel des distilleries à conserver la levure-mère que d'un jour à l'autre car, lorsqu'on a plus longtemps à attendre, on renonce le plus souvent à la garder et l'on fait le nouvel ensemencement avec de la levure pressée ou de la levure de bière de fermentation haute. Certains distillateurs préfèrent cependant conserver d'une campagne à l'autre leur levure-mère qui, par suite de leurs manipulations, a acquis des propriétés spéciales qu'ils apprécient, espérant qu'elle possèdera ces mêmes qualités pendant la campagne suivante.



Le procédé le plus habituellement employé pour conserver la levure-mère, consiste à la placer dans un vase en métal pouvant être fermé qu'on refroidit, soit en le plongeant dans un puits frais, soit en le gardant dans une glacière.

*Ræhr* a même conservé le levain dans un vase métallique placé dans une glacière sous un mètre de glace. *Delbrück* rapporte aussi qu'à la distillerie d'Alborg, en Danemarck, on conserve régulièrement la levure pendant l'été dans une glacière.

Une question qui se pose est celle de savoir si l'on doit conserver la levure absolument à l'abri de l'air ou le laisser entrer en quantité modérée. *Ræhr* en avait conservé une première fois dans un vase hermétiquement fermé, mais ayant ensuite remarqué qu'il s'était produit dans le métal une déchirure qui n'avait pas empêché la levure de se conserver, il ménage depuis lors à dessein une ouverture dans le couvercle. A Alborg, par contre, on conserve la levure dans une bombe solide en fer affectant la forme d'une poire et dont la partie rétrécie se prolonge par un tuyau muni d'un robinet.

Lorsqu'on veut se servir de la levure, on introduit le tuyau dans la cuve devant la recevoir, on ouvre doucement le robinet et on y projette la masse écumeuse.

L'accès de l'air ne semble donc pas devoir être indispensable à la conservation de la levure.

*E. de Huth* emploie pour conserver la levure un procédé complètement différent de celui que nous venons de décrire ; il pétrit le levain avec du noir animal en fragments de la grosseur d'un pois et bien exempt de poussière et du sucre finement pulvérisé. Le noir animal et la solution sucrée concentrée remplissent dans cette méthode le rôle d'agents de conservation.

*Hasselt*, de Hehner, conseille un autre procédé pour conserver la levure. On mélange la levure à 3 fois son volume d'une eau aussi froide que possible et après 24 heures on sépare par décantation le liquide, de la levure qui s'est déposée. On mélange ensuite la levure à une nouvelle quantité d'eau fraîche, environ la moitié de celle qu'on avait mise la première fois, et on y ajoute du lait de chaux ou du carbonate de soude en dissolution, jusqu'à ce que le liquide n'ait plus qu'une réaction faiblement acide. On y ajoute encore finalement environ 12 gr. d'acide salicylique ou de salicylate de soude par 50 kilos de levure, puis on laisse la levure se déposer de

nouveau. On n'enlève le liquide qui la recouvre qu'au moment de se servir de la levure. Celle-ci est alors pétrie avec un mélange, par parties égales, de sucre et de farine de malt, dans la proportion de 5 kgr. de mélange pour 100 kgr. de levure. Après peu de temps la fermentation se manifeste par un dégagement énergique d'acide carbonique.

On augmenterait encore la force fermentative de la levure en ajoutant en plus 225 gr. d'un phosphate quelconque par 100 kilos de levure.

La dessiccation est aussi un moyen de conservation de la levure qui peut supporter cette opération sans perdre complètement ses propriétés, à condition qu'elle soit faite lentement et à basse température.

D'après *Wiesner*, ce ne sont que les vieilles cellules de levure qui périssent par la dessiccation, tandis que les jeunes et celles qui n'ont pas acquis toute leur croissance peuvent être lentement desséchées sans perdre définitivement leur force fermentative et leur propriété reproductrice. Les cellules toutes jeunes sans vacuoles peuvent subir une dessiccation rapide et même après cette dessiccation être portées à 100° sans devenir impuissantes.

Ces faits démontrent la possibilité de sécher la levure et de la transporter à l'état sec. Maercker a employé la méthode de conservation par dessiccation pour la mise en marche de la première distillerie du Transvaal (Sud de l'Afrique). Pour cela, il découpa en tranches fines de la levure pressée, la fit sécher à 42 à 43° C. et l'envoya au Transvaal dans des boîtes métalliques hermétiquement fermées. Dix mois après sa préparation elle fut employée là-bas à la préparation du premier levain ; la première cuve fut déjà passable et la seconde se trouva réaliser des conditions absolument normales. On ne peut naturellement pas faire usage de la levure séchée pour la boulangerie, parce que, comme nous le savons, les cellules de levure jeunes résistent seules à la dessiccation, de sorte que la levure séchée ne possède que faiblement la propriété de faire lever la pâte.

Dans tous les cas, il a été suffisamment prouvé que la levure peut parfaitement bien être conservée d'une campagne à l'autre, et qu'elle donne tout de suite de meilleurs résultats que la levure pressée que l'on a l'habitude d'employer dans ces circonstances. Rohr cite, par exemple, qu'il a pu retirer des deux premières cuves de fermentation

avec le levain qu'il avait conservé d'une campagne précédente, déjà 8 % d'alcool et de la 3<sup>me</sup>, 9 %.

P.) PRÉPARATION DE LA PREMIÈRE LEVURE AU DÉBUT  
D'UNE CAMPAGNE.

La principale difficulté de la préparation de la première levure consiste dans l'acidification du levain, parce que le ferment lactique a été tué en totalité ou en partie pendant l'arrêt de l'été, et s'il existe encore dans l'atelier à levure, il ne s'y trouve dans tous les cas qu'en fort petite quantité.

On y remédie en ajoutant au moût à levure 10 gr. par litre d'acide tartrique ou d'acide phosphorique, ou 5 gr. par litre d'acide sulfurique.

Une autre méthode consiste à répandre artificiellement le ferment lactique dans l'atelier à levure.

Ce procédé a été introduit avec succès par *Riebe* dans la distillerie de Trotha.

Voici comment on y opère : Deux jours avant le commencement de la campagne, on prépare de la façon habituelle une cuve de levain qu'on laisse s'acidifier, après y avoir ajouté une certaine quantité de lait aigre. On prend ensuite ce moût-levain, on le divise dans plusieurs cuves et l'on frotte le sol de l'atelier à levure avec du lait aigri. Le ferment lactique se développe d'une manière continue, grâce à la grande surface qu'occupe le moût acide et au lait aigre répandu sur le sol, et l'air de la chambre à levure en renferme bientôt une grande quantité.

Le premier levain trouve donc dans l'air ambiant le ferment lactique et s'acidifie aussi bien qu'au milieu de la campagne.

Ceux qui savent combien les fermentations souffrent à l'ordinaire pendant les premiers jours qui suivent la mise en route, apprécieront la valeur de ce procédé que nous recommandons à l'attention générale.

On fera bien de laisser s'opérer l'acidification du moût à levure dans lequel on aura introduit du lait aigre à une température ne s'écartant pas de 50° C, afin d'empêcher le développement du ferment butyrique. On peut aussi produire le premier levain en préparant dans un seau, 3 jours avant la saccharification du moût-levain, une petite quantité de moût, à l'aide de quelques kilos de malt vert ou sec et en l'abandonnant à lui-même dans un endroit chaud ; ce

moût manifestera presque infailliblement une fermentation accompagnée de production d'acide butyrique. On jette alors les 3/4 de ce liquide acide et l'on se sert du reste pour préparer avec du malt frais un second levain. L'acidification se produit presque sans fermentation butyrique et le microscope révèle une diminution dans le nombre de bactéries globulaires. On opère ensuite comme précédemment pour préparer un 3<sup>m</sup>e levain, et si l'on a maintenu une température de 50° C. environ, on obtiendra une production d'acide lactique presque pur; 3 à 4 litres de ce liquide acide, versés dans le moût devant constituer le levain, produiront une fermentation d'acide lactique tout-à-fait pure et une levure donnant les meilleurs résultats.

Il serait, d'ailleurs, encore plus simple de conserver d'une campagne à l'autre quelques litres de levain acide dans des vases fermés pour pouvoir communiquer la fermentation lactique au premier moût à levure.

Cette conservation du levain acide ne devrait pas présenter plus de difficultés que celle de la levure-mère.

Q.) DE LA COMPOSITION DE LA LEVURE ARTIFICIELLE DES DISTILLERIES.

Il n'existe jusqu'à présent qu'une analyse détaillée de la levure artificielle de distillerie, analyse qui a été faite par Maercker en collaboration avec *Ernst Schulze*.

Les deux opérateurs ont trouvé la composition suivante (immédiatement avant le mélange de la levure avec le moût) :

Alcool .....	47,70 gr.	}	62,83 gr. de matières solubles.
Albumine .....	8,34 »		
Maltose .....	14,32 »		
Dextrine .....	22,94 »		
Acide lactique .....	12,77 »		
Matières minérales .....	4,46 »		
Albumine .....	18,56 gr.	}	38,87 gr. de matières insolubles.
Matières minérales.....	2,27 »		
Corps gras .....	2,63 »		
Cellulose et autres matières non azotées .....	15,41 »		
Matières solides par litre : 101,70 grammes.			

R.) CONDITIONS QUE DOIT RÉALISER L'ATELIER DE LEVURE.

L'atelier de levure dans une distillerie doit être clair et bien aéré ; il doit autant que possible être situé au nord, afin de ne pas être trop chaud pendant l'été. Il doit posséder un système de chauffage afin de pouvoir y maintenir pendant l'hiver la température voulue, un serpentín à vapeur par exemple. Nous rappelons ici ce que nous avons déjà posé en principe, c'est qu'il est préférable de préparer la levure à une température peu élevée mais dans un milieu ambiant chaud, que de la préparer à une température élevée, mais dans une pièce froide.

Une grande égalité de température est une condition qu'un bon atelier à levure doit aussi réaliser.

*La plus grande propreté doit régner dans l'atelier à levure car le résultat de la fabrication toute entière dépend plus de la bonne préparation et de la pureté de la levure que de toute autre circonstance.*

Pour faciliter l'entretien de cette propreté, les murailles de l'atelier à levure doivent être revêtues jusqu'à la hauteur à laquelle peuvent atteindre les éclaboussures de moût, d'une matière bien unie et imperméable. C'est ainsi qu'un crépissage à la chaux ne remplirait nullement le but ; il serait préférable d'enduire les parois d'un vernis à l'huile ainsi que nous l'avons recommandé pour la malterie, mais ce qui vaut encore le mieux, c'est de passer sur les murailles un enduit de ciment ou de les revêtir jusqu'à 2 mètres de hauteur de carreaux en ciment. L'auteur a vu également employer à cet usage, dans de belles distilleries, des carreaux vitrifiés, qui sont naturellement excellents.

IV. RECETTES DIVERSES POUR LA PRÉPARATION DES LEVAINS.

*1° Levain de malt vert.*

*A. Riebe*, de Trotha, prépare de la manière suivante sa levure de malt vert avec laquelle il obtient la fermentation complète de moûts de 24° sacch. L'avant-veille du jour où l'on doit employer la levure, vers 3 ou 4 heures de l'après-midi, on met dans le vase à levure 2 kilos (quand c'est le premier levain de la campagne 2  $\frac{1}{4}$  kilos) de malt vert bien écrasé par 100 litres de capacité de cuve de

fermentation ; on ajoute  $\frac{1}{3}$  de litre d'eau à  $66^{\circ}$  C. par kilogramme de malt et l'on fait bien remuer la masse par deux ouvriers de manière à obtenir un mélange bien homogène.

On introduit alors encore dans la cuve à levure  $\frac{2}{3}$  de litre d'eau à  $87$  à  $94^{\circ}$  C. par kgr. de malt vert, suivant la température extérieure, et de manière à arriver à la température exacte de  $66^{\circ}$  C. pour toute la masse et l'on continue à brasser le mélange. Quand on se sert d'un appareil à lait de malt, on met l'agitateur en marche au moment de l'introduction de l'eau.

Lorsque la fluidification s'est effectuée, ce qui ne tarde pas, on n'arrête pas l'agitateur complètement, on le fait au contraire marcher fréquemment.

Cette agitation a pour but de faire pénétrer dans le liquide la plus grande quantité possible des ferments lactiques répandus dans l'atmosphère de l'atelier et d'en faciliter ainsi, par la suite, l'acidification. Lorsque la température du moût s'est abaissée à  $60^{\circ}$  C., on le laisse reposer dans le vase recouvert pendant  $\frac{1}{2}$  heure, on l'agite une dernière fois énergiquement pendant cinq minutes et on l'abandonne à lui-même dans le vase découvert. Le lendemain, entre 5 et 6 heures du matin, on refroidit le levain à l'aide du réfrigérant, après s'être toutefois assuré qu'il a bien l'acidité voulue.

A Trotha, on cherche à obtenir une acidité correspondant à 1,8 à 1,9 cc. de liqueur normale de soude pour un levain marquant 16 à  $17^{\circ}$  sacch.; dans d'autres distilleries on va jusqu'à 2,2 à 2,8 cc. Remarquons, en passant, qu'il est en général plus aisé de travailler avec une acidité élevée qu'avec une faible.

Le refroidissement du levain à 16 à  $18^{\circ}$  C. dure de 3 à 4 heures et quelquefois un peu plus longtemps ; mais il faut autant que possible éviter un refroidissement lent, parce que le levain reste alors trop longtemps à la température favorable à la formation de l'acide butyrique. Le soir, entre 5 et 7 heures, on ajoute au moût la levure-mère. La fermentation part presque aussitôt et se poursuit jusqu'au matin suivant, le moût marquant encore 8 à  $9^{\circ}$  sacch. On remue alors énergiquement et l'on remplit le récipient à levure-mère qu'on place aussitôt dans l'eau froide.

Si par hasard on s'aperçoit, en enlevant la levure-mère, qu'on a laissé fermenter trop longtemps, on met le réfrigérant en

train de manière à abaisser la température à 14-15° C. et on ajoute à la levure un peu du moût destiné à la préparation de la levure du lendemain. On redonne ainsi à la levure le degré saccharométrique qui lui fait défaut.

Lorsque la levure a été traitée de cette manière, on ne doit naturellement pas la renforcer par addition de moût chaud.

En général et lorsqu'on a à faire à des levures normales, cette opération du renforcement est faite aussitôt que le moût avec lequel on doit mélanger la levure a atteint la température de 44° C., de telle sorte que celle de la levure soit de 29 à 31° C. On verse ensuite la levure ainsi préparée dans la cuve à refroidir aussitôt que la température du moût qui s'y trouve est descendue à 25-30° C., lorsqu'on est à l'époque du froid, et à 20-25° C., quand la température extérieure est chaude. Si le refroidissement traînait en longueur, on verserait la levure dans la cuve à fermenter, où elle se répandrait en couche mince et conserverait mieux son énergie vitale que dans le vase à levure. Si au lieu de se servir d'une cuve à refroidir on emploie un réfrigérant tubulaire, il faut naturellement ajouter la levure au moût dans la cuve à fermenter. Si enfin on travaille avec une cuve à saccharifier disposée pour refroidir les moûts au moyen de l'eau froide, c'est dans cette cuve qu'on versera la levure, aussitôt que le moût aura atteint environ 25° C.

*Levain de malt vert préparé en 48 heures et fortement fermenté.*

Le contre-maître *Schultz*, de la distillerie de Werschau, décrit la préparation d'un levain de malt vert, qu'il obtient en 48 heures, en laissant fermenter fortement: 33 kilos de malt vert sont employés pour produire 181 litres de levain. On ajoute d'abord 45 litres d'eau à 69° C. et le reste à 90° C. La saccharification s'opère à 60° C. en deux heures. L'acidification se fait en 21-22 heures et la température pendant cette opération est de 50° C. après 11 heures et de 40° C. après 22 heures. On brasse la levure plusieurs fois pendant l'acidification et on la refroidit aussi rapidement que possible à 19° C.

L'acidité est de 2 à 2,5 cc. de solution normale de soude pour un volume de 20 cc.





mélanger le malt avec de l'eau pas trop chaude, de remuer fortement la masse et d'y ajouter ensuite de l'eau plus chaude.

### *3° Levain de malt et de grains concassés.*

Ce levain est employé plus rarement et avec raison car une levure de malt vert bien préparée suffit à toutes les exigences de l'industrie de la fabrication de l'alcool, du moins en ce qui concerne les distilleries de pommes de terre.

On ne peut même, en général, que mal augurer du travail d'une usine qui essaie toutes sortes de levures, plus ou moins compliquées. Nous ne dirons donc que peu de mots de ce levain de grains et de malt.

On mélange intimement, avant la trempe, le malt et le seigle concassés. Il faut veiller à ce que la balle ne soit pas trop divisée par le concassage, car elle doit former pendant la fermentation de la levure un chapeau constituant un milieu poreux que traverse l'air et qui contribue à l'absorption d'oxygène qui, comme on le sait, est favorable à la formation de la levure.

Le rapport des quantités de malt et de seigle employées est assez variable. On adopte le plus souvent la proportion de 2 à 3 parties de malt sec pour une partie de seigle. On les mélange aussi quelquefois tous deux en parties égales.

Les mêmes principes qui doivent présider à la préparation de la levure de malt vert, doivent aussi s'appliquer à ce genre de levure.

### *4° Levain de pommes de terre*

Ce levain est préparé avec un mélange de malt et de jus sucré de pommes de terre dans la proportion, par exemple, de 50 litres de jus sucré, 50 litres d'eau et 30 kilos de malt vert. On pourrait, cela va sans dire, employer un jus sucré provenant de maïs ou d'autres grains saccharifiés. Cette levure se prépare comme celle de malt vert.

### *5° Levain de drèche.*

Le levain de drèche a été essayé la première fois par *Delbrück* et a été depuis lors employé avec avantage, la vinasse paraissant être riche en matières propres à la nourriture de la levure.

Pour obtenir de bons résultats avec la levure de drèche il faut :

a) N'employer pour sa préparation que des tubercules sains et non pas des pommes de terre atteintes de pourriture sèche ou mouillées ou gelées.

b) Employer des pommes de terre riches en amidon de manière à obtenir un levain assez concentré.

c) Ne pas saccharifier avec une proportion de malt trop réduite, parce que dans ce cas la levure de vinasse paraît perdre plus facilement ses propriétés.

Chaque fois que ces conditions ont été réalisées et qu'on a employé de préférence des drèches de maïs ou de seigle plutôt que celles de pommes de terre, la levure de vinasse a produit des effets satisfaisants. Voici comment *Delbrück* décrit sa préparation :

Pour préparer 100 litres de levain, on prend 50 litres de drèche provenant directement de l'appareil à distiller et on la fait couler à travers un tamis dans le vase à levure ; on la refroidit ensuite à 61° C., on introduit dans le vase à levure 50 litres de jus sucré qu'on a puisés dans la cuve à saccharifier et on mélange avec soin. Cette préparation se fait pendant le temps employé à la saccharification qu'elle remplace ; les autres opérations, comme l'acidification la réfrigération, etc., sont exactement celles qui sont pratiquées pour le levain de malt vert de 40 heures.

Il est indispensable que la vinasse soit fraîche, c'est-à-dire qu'elle provienne directement de l'appareil et non de la fosse à vinasse.

Comme la levure de drèche ne donne pas naissance à un chapeau qui l'empêche de se refroidir pendant la fermentation, on peut la mettre en fermentation à une température un peu plus élevée que celle de la levure de malt ; celle de 20° C. paraît être la plus convenable.

Afin d'obtenir de bons résultats d'une manière suivie, on préfère, en général, ne pas préparer de la levure de vinasse pure, mais y ajouter une petite quantité de malt, afin que la levure puisse produire un chapeau pendant la fermentation, phénomène auquel les praticiens prêtent une grande importance. *Delbrück* recommande la composition suivante :

60 litres de moût  
40 » de vinasse.  
10 kilos de malt vert.

Ajoutons qu'on peut faire un levain de vinasse rien qu'avec du malt et de la drêche, sans addition de moût sucré. A la distillerie de Selchow on emploie :

50 kilos de malt vert.  
90 litres de drêche.

et une quantité d'eau suffisante pour que la densité du levain soit de 13 à 14° sacch.

Cette levure donnerait de très bons résultats.

Lorsqu'on travaille du maïs ou du seigle, l'addition de malt est superflue.

#### 6° *Levain sans malt de Partenheimer.*

(Brevet allemand N° 25211).

Le moût sucré et tamisé est refroidi à 54° C., puis abandonné à lui-même dans un vase fermé pendant 12 heures; on le remue alors et on l'abandonne de nouveau pendant 12 heures environ jusqu'à ce que son acidité soit de 1 1/2 cc. et sa température 40-42° C. On en enlève alors 1/10 destiné à servir à une préparation ultérieure et 28 à 30 heures après, calculées à partir de la mise en saccharification, on le refroidit rapidement à 20° C. L'acidité du moût est à ce moment-là de 2 cc. On y ajoute ensuite la levure-mère, on laisse fermenter pendant la nuit, on en prélève 20 % pour la nouvelle levure-mère et on renforce finalement *la levure mère, non avec du jus sucré, mais avec la partie de moût acide qu'on a mise de côté auparavant.*

C'est cette dernière opération qui constitue la particularité de la préparation de la levure de *Partenheimer*.

Le remplacement de jus sucré par du levain acide se conçoit aisément; il a pour but d'empêcher le développement des bactéries nuisibles.

D'après *Stenglein*, le rendement élevé qu'on attribue à la levure de *Partenheimer* tient, en partie, à ce que le levain est préparé avec un moût renfermant 23 1/2 % de sucre, ce qui représente déjà une quantité sensible d'alcool qui est ajoutée au moût à mettre en fermentation. Au début, pendant la campagne 1883-1884, les avis étaient les plus favorables à la levure de *Partenheimer*, à laquelle on attribuait notamment la propriété de produire une fermentation tranquille permettant de réduire l'espace vide qu'on laisse générale-

ment dans les cuves. Des observations plus récentes paraissent cependant établir que la levure de *Partenheimer* dégénère facilement et s'affaiblit, de telle sorte que la fermentation ne commence que deux ou trois heures plus tard que lorsqu'on se sert de levure de malt vert.

On a pu, il est vrai, remédier à cette dégénérescence en employant une levure-mère provenant d'un levain de malt vert et rendre à cette levure sa vigueur première.

Nombre de distillateurs travaillant avec la levure de *Partenheimer* préparent en même temps une petite quantité de levure avec du malt irréprochable qui sert à régénérer la première. Cette régénération devra être d'autant plus fréquente que les matières premières employées seront moins bonnes.

Tout bien considéré, la méthode de *Partenheimer* donne de bons résultats, l'idée sur laquelle elle est basée à savoir l'empêchement du développement des bactéries nuisibles par le renforcement de la levure avec du jus acide étant parfaitement juste. La levure qu'on produit par ce procédé est sensiblement moins chère que celle provenant du malt et si l'on ajoute à cet avantage le rendement plus élevé en alcool que l'on obtient dans les vases à levure (surtout en comparaison de la levure de vinasse), on voit que la levure de *Partenheimer* mérite une sérieuse attention, à la condition, bien entendu, de la préparer avec soin et de la régénérer quand c'est nécessaire.

### 7° *Levain de germes de malt.*

L'emploi des germes de malt pour la préparation des levains ne s'est guère propagé. Les germes de malt, par suite de la forte proportion d'asparagine qu'ils renferment, contiennent sans doute une grande quantité de matières nutritives azotées, mais ils sont par contre les véhicules d'une infinité de bactéries.

Il n'est donc pas logique ni prudent de préparer les levains avec des germes tels quels, on doit d'abord les cuire à une pression de 2 atmosphères. Comme, d'autre part, l'eau chaude fait gonfler les germes qui produisent un moût épais et peu fluide, il est préférable de ne se servir des germes que sous la forme d'extrait.

Mais ce sont là bien des complications qui font que cette levure ne s'est que peu répandue.

### 8° *Levain de secours.*

Il peut arriver que pour une raison quelconque un levain s'altère et qu'on ait à se demander quelle est la mesure à prendre pour ne pas interrompre le travail.

Le moyen le plus simple qu'on puisse adopter est l'emploi de la *levure pressée*. Deux ou trois heures avant la mise en fermentation des cuves, on prend une portion du moût dont on fait un levain en le faisant fermenter à 31° C. avec de la levure pressée. On fera bien de ne pas économiser sur la levure et d'employer 1 kgr., ou mieux encore 1 1/2 kgr. de levure pressée par 10 hectolitres d'encuvage.

Beaucoup de distillateurs estiment avec raison qu'il est avantageux d'ajouter au jus sucré une petite quantité du moût acide en fermentation. La fermentation que l'on obtient ainsi n'est pas, il est vrai, aussi bonne, aussi complète, que celle que procure la levure artificielle, mais la levure pressée n'en est pas moins une aide sérieuse.

On peut aussi préparer un levain de secours avec du malt, en remplaçant l'acidification naturelle par une addition d'acide. Pour cela on procède à la trempe en employant la proportion de malt que l'on a adoptée pour le travail ordinaire, mais en y ajoutant 5 kilos de seigle concassé, puis après saccharification on verse dans le moût 1 kgr. d'acide sulfurique (des chambres de plomb) par 100 kilos de malt. Ce serait une faute d'ajouter l'acide avant la saccharification car il détruit l'action de la diastase.

On refroidit ensuite le levain à 50° C. en le remuant, on l'abandonne à lui-même pendant deux ou trois heures, puis on met le réfrigérant en train et l'on abaisse la température à 22-23° C. On y ajoute enfin à cette température, soit du moût en fermentation, autant que le vase à levure peut en contenir, soit de la levure pressée. Beaucoup de distillateurs s'accommodent, en cas de besoin, de la combinaison suivante : ils emploient la levure destinée au travail du lendemain et remplacent celle-ci par *une levure de 24 heures*. On prépare celle-ci en traitant d'abord le malt de la façon habituelle, mais après la saccharification on accélère le refroidissement de 62—65° C. à 50° C. en remuant le moût. On y ajoute

ensuite 10 litres d'un moût à levure acide, qui rend l'acidification très rapide et fait encore gagner du temps.

Après 10 heures d'acidification dans le vase couvert, on procède comme pour la levure ordinaire, en ayant soin de mettre en fermentation à une température plus élevée que d'habitude,  $22^{\circ} \frac{1}{2}$  C. environ, pour accélérer encore l'opération.

Si l'on n'a pas de moût acide à sa disposition on le remplace par du lait aigre.

### 9° Préparation d'un levain sans fermentation alcoolique et sans formation de produits secondaires.

D'après les indications de *Rainer*, on peut produire un levain sans fermentation alcoolique en employant une solution nutritive préparée avec des germes de malt, du son et du gluten, ne contenant qu'une partie de sucre pour deux parties de matières azotées, et en mettant le levain dans un vase plat de telle sorte qu'il ne forme pas une couche de plus de 14 cm. d'épaisseur, couche qu'on fait traverser par un courant d'air. La possibilité d'une reproduction de levure sans fermentation dans des solutions riches en azote avait d'ailleurs été déjà démontrée par *Brefeld*, mais nous n'avons pas de données sur l'efficacité de la levure de *Rainer* et les services qu'elle peut rendre dans la pratique.

### 10° Levain d'une faible acidité.

Il est clair que l'on peut préparer de la levure avec un levain très peu acide, car l'acidité n'est qu'un auxiliaire empêchant le développement des bactéries et si l'on arrive à ce résultat à l'aide d'un autre moyen, on peut sans aucun doute travailler avec une acidité très réduite. Ce but est atteint par une addition d'acide salicylique ou de houblon, mais aussi, d'après *Michaelis* et *Jaekel*, par le maintien d'une température de saccharification élevée et l'addition d'un moût exempt de bactéries.

La levure artificielle de *Michaelis* et *Jaekel* qui donnerait, paraît-il, d'excellents résultats, se prépare de la manière suivante : 10 kgr. de malt vert sont mélangés avec  $6 \frac{1}{2}$  litres de moût sucré,  $6 \frac{1}{2}$  litres de vinasse et 10 litres d'eau à  $90^{\circ}$  C., soit 10 kgr. de malt pour 23 litres de liquide. On refroidit ensuite à  $67-69^{\circ}$  C. Ils attribuent

avec raison une certaine importance à cette haute température, parce qu'elle est indispensable à la destruction des champignons ; cette destruction doit d'ailleurs être complète avant l'acidification, car le levain faiblement acide est un milieu des plus propices à leur développement. On ne laisse s'opérer l'acidification initiale que pendant 10 à 12 heures dans un vase fermé, puis on ajoute au levain 50 litres de jus sucré et on complète l'acidification à 42 à 44° C. (Pourquoi pas 48 à 50° C. ?).

#### 11° *Levain double de Petzel.*

*Heinzelmann* décrit la préparation de ce levain de la manière suivante :

On a pour chaque cuve à fermenter de 29 hectolitres deux vases à levure de 154 litres et un vase à levure-mère de 34 litres. On saccharifie dans l'un des vases à levure pendant l'après-midi 25 kilos de malt vert en y ajoutant la quantité d'eau nécessaire, et le matin du lendemain on prépare dans l'autre vase un nouveau moût à levure avec 25 kilos de malt, 2 seaux de moût pris dans la cuve à saccharifier et la quantité d'eau chaude voulue.

On laisse l'acidification du moût A s'opérer jusqu'au lendemain matin à 9 heures ; il pèse après le refroidissement 18° sacch. et a une acidité de 1,7 cc. de solution normale de soude, tandis que le moût du vase B n'est refroidi qu'à 1 heure du matin (il marque alors 19° sacch.).

Le soir à 8 heures, on introduit la levure-mère dans le vase A et, après avoir remué la masse énergiquement, on en prend une partie pour remplir à nouveau le vase à levure-mère et former ainsi une levure-mère destinée à la mise en fermentation du vase B, ce qui a lieu à 4 heures du matin environ. A 7 heures du matin on prélève dans le vase B la levure-mère pour l'opération suivante, on mélange le contenu des 2 vases A et B et on le répartit également dans les deux. On y laisse ensuite la levure jusqu'au moment de son emploi.

#### 12° *Levain de houblon.*

Le levain préparé avec une addition de houblon paraît s'acclimater tous les jours davantage, le houblon étant un excellent antiseptique. On peut, selon toute vraisemblabilité, quand on se

sert de levure de houblon, diminuer de beaucoup l'acidité du levain et, peut-être, s'en passer totalement. On arriverait ainsi à avoir un alcool sensiblement plus pur (Schrohe). Le houblon est un antiseptique si actif que l'on ne craint pas en Amérique la fermentation spontanée des moûts-levains qui en contiennent.

Il semblerait, cependant, d'après les expériences classiques de *Hansen* sur les formes des ferments de levure répandus dans l'air, qu'il est préférable d'ensemencer avec de la levure-mère éprouvée.

Hayduck et Stenglein donnent la recette suivante pour la préparation du levain de houblon :

On prend 120 grammes de houblon par 100 litres de capacité des cuves à levure et on les épuise avec de l'eau chaude. L'extrait obtenu de cette manière sert d'eau pour la préparation du moût à levure.



## CHAPITRE VI

---

### PRATIQUE DE LA FERMENTATION.

---

On obtient la fermentation des moûts en y introduisant le levain, dont nous venons d'apprendre la préparation. Cette addition se fait, soit dans la cuve à saccharifier, soit dans la cuve à refroidir, soit dans celle à fermentation.

Voyons maintenant quelle est la marche de la fermentation :

#### 1. GÉNÉRALITÉS SUR LA FERMENTATION DES MOÛTS.

On peut distinguer dans la fermentation trois périodes distinctes : Après la mise en fermentation, c'est-à-dire après l'introduction de la levure, le moût paraît parfaitement immobile, il ne se dégage pas d'acide carbonique d'une façon appréciable et la température ne s'élève que fort peu. C'est là la première période de la fermentation, que nous appellerons la *fermentation préliminaire*. Après 24 heures environ (pour des moûts de 20° sacch. et qui ont été mis en fermentation à 15 à 16° C.), l'acide carbonique commence à se produire en abondance, accompagné d'une élévation sensible de la température du liquide ; la densité du moût diminue rapidement, pendant que les matières fermentescibles subissent une fermentation tumultueuse.

Nous désignerons cette seconde période de la fermentation sous le nom de *fermentation principale*.

Après que la fermentation principale a duré 12 à 18 heures, le moût reprend une certaine tranquillité qui n'est cependant pas complète, car l'acide carbonique continue à se dégager, faiblement il est vrai, mais d'une manière soutenue et le poids spécifique du moût s'affaiblit encore davantage. Nous appellerons cette dernière période la *fermentation complémentaire* ; elle prend fin 60 heures environ après la mise en fermentation et le vin est alors prêt à être distillé.

Nous avons à étudier maintenant séparément les phénomènes qui accompagnent chaque période de la fermentation.

(a) *De la fermentation préliminaire.*

*La fermentation préliminaire est la période de la formation de la levure.* Aussitôt que le levain a été mélangé avec le jus sucré, la levure commence à bourgeonner et à se reproduire. Lorsque ce mélange est effectué à une basse température, autant que possible dans un liquide saturé d'oxygène, comme c'est en général le cas pour les moûts de pommes de terre et de grains, la levure se reproduit abondamment.

Il est, en effet, connu que les basses températures sont favorables à l'accroissement de la levure mais non à la formation de l'alcool, tandis que les températures élevées favorisent la décomposition du sucre, c'est-à-dire la production de l'alcool, mais aux dépens de la multiplication de la levure.

(b) *De la fermentation principale.*

Lorsque la fermentation principale commence à se manifester l'accroissement de la levure est presque terminé, et la levure n'agit pour ainsi dire plus que par sa propriété de transformer le sucre. *La période de la fermentation principale correspond à la transformation de la maltose* qui est diffusible et se décompose en alcool et en acide carbonique sous l'action de la levure. On ne pourrait pas certifier, cela va sans dire, que pendant la fermentation principale il ne se transforme pas de dextrine ; il est, au contraire, très probable qu'elle se décompose jusqu'à un certain point, mais dans

tous les cas le phénomène qui caractérise la fermentation principale, n'en est pas moins la transformation de la maltose en alcool.

Il est à désirer que la température du moût s'élève notablement pendant la fermentation principale, car la propriété transformatrice de la levure se développe davantage aux températures élevées qu'aux basses températures, et l'on doit regarder comme nécessaire d'atteindre celle de 31 à 33° pendant cette période de la fermentation.

Ajoutons qu'une température élevée est aussi plus favorable à la diffusion qui se poursuit alors plus activement, qu'à une basse température; qu'elle est, de plus, nécessaire si l'on veut que la quantité de sucre diffusé soit en rapport avec la force transformatrice de la levure. On doit chercher à réaliser autant que possible cette condition, car, lorsque ce rapport n'existe pas, l'action de la levure est contrariée et devient moins énergique.

Comme les moûts doivent en toutes circonstances atteindre pendant la fermentation la température de 31 à 33° C. et que, cependant, leur concentration peut varier, on doit régler la température de la mise en fermentation d'après la densité initiale.

Les moûts dilués devront donc être mis en fermentation à une température supérieure à celle des moûts épais, la transformation d'une quantité déterminée de sucre entraînant toujours une certaine élévation de température.

Ce serait, cependant, une faute grossière de laisser la température trop s'élever ou encore de la laisser s'élever trop tôt, car il pourrait se produire le phénomène de *l'involution* qui consiste en ce que la levure se consomme elle-même en fournissant au liquide ambiant de ses propres éléments, notamment des matières azotées, et perd finalement toute sa force fermentative. L'involution doit bien, cependant, se produire dans les moûts en fermentation, comme nous le verrons en étudiant la fermentation complémentaire, mais il ne faut pas qu'elle se manifeste trop tôt, car elle entraîne la mort de la levure qui doit garder son activité jusqu'à ce que toutes les matières fermentescibles aient été transformées.

Les températures élevées hâtant l'apparition de ce phénomène, ainsi que nous l'avons dit plus haut, il faut donc avoir soin de ne pas mettre les moûts épais en fermentation à une température trop élevée.

Ce serait aussi une faute, cela va sans dire, de mettre les moûts dilués en fermentation à une température assez basse pour qu'ils n'arrivent jamais à un degré de chaleur permettant à l'involution de se produire.

(c) *De la fermentation complémentaire.*

*La fermentation complémentaire est la période de la fermentation de la dextrine contenue dans le moût.* C'est là, du moins, le phénomène principal qui la caractérise et qui exige une température assez élevée. Les dextrines qui sont contenues dans les jus, ne sont que peu ou pas du tout fermentescibles et doivent, par suite, être transformées en maltose avant de pouvoir fermenter. Cette transformation s'opère sous l'action de la diastase qui, lorsque les moûts ont été préparés convenablement, a conservé ses propriétés pendant la saccharification et pendant la fermentation. Comme nous le savons, c'est la température de 50 à 56° C. qui est la plus favorable à la saccharification, et plus un liquide contenant de la dextrine et de la diastase se rapprochera de cette température, plus la transformation en sucre sera rapide. Il est donc nécessaire d'atteindre une haute température au point de vue de l'action de la diastase, mais d'autres considérations l'exigent aussi, entr'autres l'accélération de la diffusion.

Le phénomène de la diffusion se produit surtout activement au commencement de la fermentation, alors que la composition de l'intérieur des cellules de levure est très différente de celle de la solution sucrée qui les environne. Si nous supposons, par exemple, que les cellules ne contiennent pas du tout de sucre et qu'elles se trouvent dans une solution sucrée à 20 %, l'équilibre aura plus de tendance à se faire entre les deux compositions, la diffusion sera plus énergique que si le jus ne renferme que 10 % de sucre, et, d'une manière plus générale, que s'il ne contient que peu de sucre. Or cette dernière hypothèse est justement celle dans laquelle on se trouve pendant la fermentation complémentaire qui transforme les dernières quantités de sucre contenu dans le moût et il est difficile de les faire s'infiltrer dans les cellules de la levure. C'est pourquoi il est absolument nécessaire d'activer la diffusion en maintenant une température élevée pendant la fermentation complémentaire.

Nous indiquerons plus loin les conséquences pratiques qu'on doit retirer de cette observation.

Le maintien d'une haute température pendant la fermentation complémentaire est enfin à désirer au point de vue de l'involution de la levure. D'après *Liebig et Pasteur*, cette involution de la levure qui consiste dans la transformation de ses propres éléments en alcool et en acide carbonique, a pour conséquence que le moût dans lequel elle se produit devient plus alcoolique, et l'on doit en déduire qu'il faut toujours conduire la fermentation de manière à ce que lorsqu'elle est à sa fin, il se produise cette fermentation propre de la levure. A vrai dire, *Naegeli* prétend que la fermentation propre de la levure n'existe pas ; il ne nie pas que la levure ne puisse produire de l'alcool dans des solutions ne renfermant pas de sucre, mais il explique ce fait en disant qu'il est dû à des champignons qui transforment d'abord la cellulose et le mucilage de la levure en sucre, lequel subit ensuite la fermentation alcoolique sous l'action de la levure. La présence de ces organismes est fort possible, mais n'a pas encore été démontrée. Quoiqu'il en soit d'ailleurs, *Naegeli*, d'une part, et *Liebig et Pasteur*, de l'autre, ne diffèrent que sur les causes de ce phénomène et il n'en reste pas moins vrai qu'il a pour conséquence une augmentation dans le rendement en alcool et qu'on doit, par suite, le favoriser.

## 2. PRINCIPES SUR LESQUELS DOIT REPOSER LA CONDUITE DE LA FERMENTATION.

Maercker n'avait pu dans les éditions précédentes qu'exposer les considérations générales sur la conduite de la fermentation, mais depuis lors les connaissances sur cette matière se sont accrues considérablement grâce aux travaux de *Delbrück*, à la Station d'essais des fabricants d'alcool, et on est maintenant à même de traiter le sujet plus à fond. Cela ne veut pas dire cependant que l'on connaisse actuellement d'une manière parfaite les phénomènes relatifs à la fermentation ; cette science en est, au contraire, encore à ses débuts et l'on a bien des progrès à faire avant d'en être complètement maître.

Les points principaux sur lesquels on doit porter son attention

dans l'étude de la conduite de la fermentation sont les suivants :

1° La fermentation préliminaire doit être bien accentuée sans cependant être trop rapide;

2° La levure doit être de telle nature qu'elle puisse lutter avec avantage contre les organismes nuisibles à son développement et à son activité;

3° La quantité de levureensemencée doit être réglée de la manière la plus convenable;

4° La température à laquelle on doit mettre le jus en fermentation et celle que l'on doit maintenir pendant la fermentation, doivent être réglées d'après la quantité de levureensemencée et la concentration du moût.

Ces diverses considérations ont une égale importance au point de vue de la conduite de la fermentation. Nous allons les examiner successivement :

#### *1° Fermentation préliminaire.*

Maercker désigne sous le nom de fermentation préliminaire les signes bien caractérisés de fermentation qui se manifestent dans un moût environ deux heures après l'introduction de la levure. Les praticiens attachent une grande importance à une fermentation préliminaire active et s'établissant promptement. Elle permet, en effet, au distillateur de compter sur une reproduction abondante de levure, car elle est la preuve que le ferment a trouvé un terrain favorable à son développement. Or nous savons, d'après les recherches de *Naegeli*, que la multiplication abondante d'un ferment dans un liquide empêche le développement dans cette solution d'autres organismes; on est donc en droit d'espérer éviter les fermentations secondaires, lorsque la reproduction de la levure est active.

C'est avec raison que les distillateurs attachent de l'importance à la rapidité de la fermentation préliminaire, car lorsqu'elle est paresseuse, c'est que la reproduction de la levure est faible et lente, et l'on a, par suite, à craindre le développement des ferments secondaires qui nuisent à l'accroissement de la levure et à son action fermentative. Voici quelles sont les conditions qu'il faut réaliser pour obtenir une fermentation préliminaire active :

*Avant tout, il faut que la levureensemencée soit complètement*

*mûre*. Cette question a déjà été traitée dans tous ses détails quand nous avons étudié la préparation de la levure ; nous savons qu'une levure bien mûre seule peut donner lieu à une reproduction assez abondante pour étouffer les ferments nuisibles.

*Il est, de plus, nécessaire, pour obtenir une fermentation préliminaire rapide et active, que la quantité de levureensemencée soit suffisante.*

Les expériences de *Nægeli* ont prouvé qu'on ne pouvait arriver à produire une levure pure, c'est-à-dire exempte de ferments secondaires, qu'en ensemençant assez de levure pour que ce champignon se trouve dans le moût en excès considérable par rapport à ces ferments secondaires.

Moins cet excès sera grand, moins les ferments nuisibles seront gênés dans leur développement et moins pure aussi sera la fermentation correspondante.

Une fermentation préliminaire active et rapide est toujours le signe d'une quantité de levure suffisante pour se rendre maître des organismes nuisibles ; le distillateur doit donc se préoccuper, non-seulement du degré de maturité de la levure, mais encore de la quantité nécessaire. Nous avons déjà vu que le renforcement plus ou moins énergique de la levure est un moyen de régler la quantité de levure que l'on veut employer, et nous examinerons cette question plus en détail encore en étudiant quelle est la quantité de levure nécessaire à la fermentation.

*Le règlement de la température de mise en fermentation permet enfin d'accélérer ou de ralentir la fermentation préliminaire. Plus cette température sera élevée, plus la fermentation s'établira promptement. On ne doit cependant élever la température de mise en fermentation, dans le but d'accélérer la fermentation préliminaire, qu'avec une certaine circonspection, car une température trop élevée de mise en fermentation aura inmanquablement pour effet d'augmenter l'action transformatrice de la levure, mais par contre aussi d'affaiblir ses propriétés reproductrices. Ce moyen d'accélérer la fermentation de début constitue donc un danger et le distillateur fera mieux de le laisser de côté.*

Il arrivera d'ailleurs d'une manière plus sûre à activer cette fermentation en veillant avec soin à ce que la levureensemencée soit assez mûre et en quantité suffisante.

*2° La levure doit être de telle nature qu'elle puisse lutter avec avantage contre les organismes nuisibles à son développement et à son activité.*

Ce sujet ayant déjà été traité dans divers paragraphes, nous n'avons que peu de mots à en dire ici. Il faut se rappeler seulement que, pendant toute la durée de la fermentation, la levure doit combattre les ferments secondaires dont la multiplication est funeste à son propre développement. Plus la quantité de ces organismes sera considérable, plus la lutte sera difficile, et c'est pour cette raison qu'un des principaux objectifs d'une conduite de fermentation bien entendue est de les écarter autant que possible. Voici dans cet ordre d'idées quelques préceptes qu'il ne faut pas perdre de vue.

*La levureensemencée doit, autant que possible, être exempte d'organismes nuisibles.* On sait en effet que dans ce cas la levure luttera avec facilité contre le développement des ferments nuisibles qu'elle renferme encore, et qu'elle sera beaucoup plus active que dans le cas contraire.

*Le moût dans lequel on sème la levure doit aussi, autant que possible, être exempt d'organismes secondaires.*

Nous n'avons qu'à nous reporter à ce que nous avons dit sur ce point dans l'étude de la saccharification et rappellerons seulement ici que le malt est en général le véhicule des organismes nuisibles à la fermentation. L'emploi d'un malt bien sain est donc la meilleure garantie que l'on puisse avoir pour obtenir un moût exempt de ferments secondaires; mais si l'on a à faire à un malt ne se trouvant pas dans ces conditions, on peut y remédier en tuant ces ferments par une saccharification à température élevée (65° environ).

*Il va sans dire que les cuves à fermentation doivent être débarrassées des résidus de mûts qui adhèrent à leurs parois et peuvent contenir des ferments nuisibles.*

On sait déjà depuis longtemps que la propreté la plus absolue est indispensable à la bonne marche de la fermentation, et nous avons seulement ici à appuyer sur ce que le dommage causé par le manque de propreté est dû exclusivement au développement d'organismes nuisibles à la fermentation. Aussi conseillons-nous d'une manière pressante aux distillateurs d'assurer la propreté de



leurs ustensiles et la destruction des organismes parasites en ne négligeant pas d'employer au besoin des antiseptiques tels que le sulfite acide de chaux.

Le renouvellement de l'air de l'atelier à levure et de la salle à fermentation doit, autant que possible, se faire avec de l'air pur.

L'auteur ne se fait pas d'illusions sur le sort de ce désir et sait qu'il restera lettre-morte en ce qui concerne la distillerie. Il croit cependant pouvoir faire remarquer que dans une industrie sœur de la distillerie, la brasserie, on a obtenu déjà d'excellents résultats par la purification de l'air.

On n'a qu'à consulter à ce sujet, dans les annales du laboratoire de Carlsberg, les études faites par *Hansen* sur les organismes qui se trouvent en si grand nombre dans l'air. Ces organismes, introduits dans les moûts pendant le développement de la levure et la fermentation doivent y exercer une influence fâcheuse; aussi Hansen a-t-il obtenu de bons effets, tant au point de vue de la pureté de la levure qu'à celui des propriétés de la bière, en purifiant l'air entrant dans la salle de fermentation. Il le faisait passer sous une pluie fine d'eau salée. Si l'on appliquait un procédé analogue à la distillerie, on en retirerait un résultat très appréciable et qui ne serait pas à dédaigner, malgré tous les progrès qu'a fait cette industrie pendant ces dernières années.

3° *La quantité de levureensemencée doit être réglée de la manière plus convenable.*

On pourrait se demander à première vue comment il est possible de faire varier la quantité de levureensemencée puisque le fisc donne à cet égard des prescriptions très précises. Cette remarque est en effet exacte, cependant nous ferons observer que, tout en se servant de cuves ou de vases de capacités déterminées, on peut faire varier la quantité de levure qu'on y introduit par différents moyens, notamment en renforçant la levure avec du moût.

Nous savons, en effet, que l'emploi de levure non renforcée avec du moût, correspond à unensemencement faible, et que celui de levain renforcé correspond au contraire à un fortensemencement.

On s'est aussi demandé s'il ne serait pas possible ou même avantageux de fabriquer la quantité de levure nécessaire à la fermenta-

tation complète du moût, car la levure la plus renforcée avec le moût frais n'est jamais suffisante pour faire fermenter tout le sucre contenu dans un jus même de concentration moyenne.

Cette opinion doit être combattue, car il se produit un accroissement de la levure pendant la fermentation, et nous avons déjà vu que le moût fermenté renferme au moins cinq à six fois plus de levure que le levainensemencé n'en contenait. On doit donc tenir compte pour l'ensemencement de cet accroissement de la levure.

Voyons maintenant quelle est la quantité de levure la plus convenable pour obtenir une bonne fermentation. Il est clair que cette quantité de levure que l'on peut régler par le renforcement préalable, est en raison directe de la concentration du moût à mettre en fermentation, c'est-à-dire de la proportion de matières fermentescibles qu'il contient. C'est ce que nous résumons dans le principe suivant bien connu des distillateurs :

*Plus le moût est concentré plus on doit renforcer la levure pour obtenir une fermentation complète.*

Une question qui se présente aussi tout naturellement est celle-ci: Est-il possible pour une raison ou pour une autre d'employer *trop de levure*? Nous répondrons que dans certains cas on peut, en effet, employer trop de levure, et nous citerons plus loin quelques exemples montrant que, dans de certaines circonstances, une trop grande quantité de levure est désavantageuse. On ne doit donc renforcer la levure destinée à des moûts dilués qu'avec mesure. Le danger que présente l'emploi d'une trop forte quantité de levure, se comprend d'ailleurs sans peine, car on sait que la levure vit en partie aux dépens du sucre et par suite aux dépens aussi du rendement en alcool. On n'a donc pas intérêt à ensemer plus de levure qu'il n'est nécessaire.

Nous pouvons cependant dire, étant donnée la tendance actuelle de travailler des moûts très épais, que l'on pêche plus souvent par manque de levure, que par excès. Nous résumons cette impression dans le précepte suivant : Plus le distillateur produira de levure, mieux il pourra faire fermenter les moûts épais.

*La quantité de levureensemencée est d'ailleurs étroitement liée à la température de mise en fermentation ; plus cette température est froide, plus il faut de semence ou, ce qui revient au même, plus la levure a besoin d'être renforcée.*

Une basse température n'est pas favorable à la reproduction de la levure, mais on doit cependant l'adopter pour les moûts épais qui, sans cette précaution, s'échaufferaient trop. Lorsqu'on travaille des moûts concentrés mis en fermentation à une température peu élevée, on a donc à craindre une fermentation paresseuse et l'on ne peut parer à ce danger qu'en augmentant la quantité de levure, c'est-à-dire en la renforçant fortement avant de l'ensemencer.

Il faut, du reste, bien se garder d'envisager la question uniquement au point de vue de l'accroissement de la levure, car on arriverait à des conclusions erronées.

C'est ainsi que si l'on n'avait à considérer que l'accroissement de la levure, on devrait employer en été, où la perte de chaleur du moût par rayonnement est moins considérable qu'en hiver, une levure moins renforcée, parce qu'un excès de levure produit une fermentation rapide et par suite un échauffement qui, en été surtout, est nuisible. Or ce n'est nullement ce qu'on doit faire, car c'est en été que le développement des ferments parasites est le plus à craindre et l'on est obligé pour le combattre d'employer une forte quantité de levure. Comme, d'un autre côté, cet excès de levure a pour conséquence un échauffement plus considérable du moût, on ne peut pas espérer atteindre les rendements les plus élevés pendant l'été. Dans tous les cas, l'étude que nous venons de faire nous montre que la quantité de levureensemencée est un facteur important de la réussite de la fermentation.

*4° La température à laquelle on doit mettre le jus en fermentation et celle que l'on doit maintenir pendant la fermentation doivent être réglées d'après la quantité de levureensemencée et la concentration du moût.*

Les praticiens savent depuis longtemps déjà qu'il convient de mettre en fermentation les moûts dilués à une température plus élevée que les moûts épais.

Cette notion est parfaitement conforme aux principes qui doivent servir de base à la conduite rationnelle de la fermentation. Pour mieux nous en rendre compte rappelons-nous les données et préceptes suivants :

a) La multiplication de la levure prend fin quand le moût en fermentation a atteint la température de 30° C.

b) Pour obtenir la fermentation complète des moûts épais, il faut une plus grande quantité de levure, que lorsqu'il s'agit de moûts dilués.

c) Une température dépassant 33 à 34° C. affaiblit d'une manière notable la force fermentative de la levure.

Le seul énoncé de ces principes permet de comprendre aisément pourquoi on met, en général, en fermentation les moûts épais à une température plus froide et les moûts dilués à une température plus élevée.

Si nous admettons, par exemple, que la fermentation de 1 % de sucre élève la température du moût de  $\frac{5}{8}^{\circ}$  C., en moyenne, un moût contenant 20 % de sucre et mis en fermentation à 15° C. atteindra, si tout le sucre fermente, la température de  $15 + \frac{5}{8} \cdot 20 = 31^{\circ},7$  C. à la fin de la fermentation, et la température nuisible à l'action de la levure ne sera pas, par suite, dépassée. Si, au contraire, le moût avait été mis en fermentation à 18° C., il se serait échauffé pendant la fermentation jusqu'à  $18 + \frac{5}{8} \cdot 20 = 34^{\circ},7$ , peut être au-delà, et aurait, par suite, dépassé la température dangereuse au point de vue de la levure. Par contre, un moût contenant 15 % de sucre aurait pu être mis en fermentation à 19 ou 20° sans atteindre la température nuisible de 33 à 34°. Il y a encore une autre raison qui milite en faveur d'une température peu élevée de mise en fermentation pour les moûts épais, c'est que les moûts concentrés exigent une plus grande quantité de levure que les moûts dilués et qu'il faut, par suite, que la reproduction de la levure se prolonge plus longtemps que cela n'est nécessaire pour les moûts dilués. Or cette reproduction ne peut se faire qu'à la condition de ne pas mettre le moût en fermentation à une température trop élevée, car aussitôt que le moût s'échauffe au-delà de 30° C., l'accroissement de la levure cesse.

Ajoutons que la levure qui s'est développée à une basse température, paraît être plus active et plus résistante, peut-être à cause de sa plus grande richesse en azote (Hayduck). Ce serait, par contre, une faute de vouloir mettre les moûts dilués en fermentation à une basse température, car ils ne nécessitent pas une reproduction de levure aussi abondante, puisque la quantité de sucre à décomposer est moins considérable. Il est de plus avantageux, comme nous l'avons déjà dit, d'atteindre vers la fin de la fermentation la température de

30 à 32° C., la plus favorable aux phénomènes qui se produisent pendant la période de la fermentation complémentaire. Cette température ne serait pas atteinte si les moûts étaient mis en fermentation à une température trop basse. C'est ainsi que si dans l'exemple précédent on avait mis en fermentation le moût à 15 % de sucre à 15° C., il n'aurait atteint que la température de 28° C. Ce moût ne devrait donc pas être mis en fermentation à une température au-dessous de 18° à 19° C.

La conclusion, à laquelle nous arrivons, que les moûts concentrés doivent être mis en fermentation à une basse température, présente une certaine contradiction avec le principe déjà établi qu'une fermentation préliminaire active et rapide est une garantie pour la bonne marche de la fermentation. Cette fermentation préliminaire ne peut réaliser ces conditions si le moût est froid au moment de la mise en fermentation. D'autre part, si, afin d'obtenir une bonne fermentation préliminaire, on élève trop la température de la mise en fermentation, on atteint trop tôt la température de 30° C. nuisible à la reproduction de la levure.

La température de la mise en fermentation devra donc être un compromis entre les diverses considérations dont on a à tenir compte, c'est-à-dire l'activité de la fermentation préliminaire, la reproduction de la levure et la température finale.

Ce compromis ne peut être naturellement appliqué que tant que l'on ne dépasse pas une certaine concentration. Si l'on avait à faire, par exemple, à un moût de 25° sacch. de concentration et qu'on ne veuille pas dépasser la température finale de 31,95 C., comme l'échauffement pendant la fermentation serait de 21° C. le moût ne devrait pas être mis en fermentation à plus de 10,95 C. La fermentation de début serait alors si peu vivace que l'on ne pourrait pas, dans la plupart des cas, arriver à faire fermenter des moûts de cette concentration.

Nous verrons dans le prochain paragraphe qu'on peut atteindre le but voulu en mettant le moût en fermentation à une température plus élevée et en le refroidissant ensuite pendant la fermentation.

Examinons enfin pourquoi la température de mise en fermentation doit dépendre, dans une certaine mesure, de la quantité de levureensemencée. Plus la quantité de levure introduite dans un

moût sera forte, plus la fermentation sera active et rapide, plus aussi le moût s'échauffera rapidement. Comme la quantité de chaleur que le moût perd par rayonnement dépend non-seulement de son degré de chaleur, mais aussi du temps que le moût met à s'échauffer, il est clair que de deux moûts contenant la même quantité de sucre, celui qui fermente le plus vite est celui qui s'échauffe le plus. Il faut donc, lorsque la quantité de levure ensemencée est forte et que, par suite, la fermentation doit être plus rapide, mettre le moût en fermentation à une basse température. Dans le cas contraire, c'est-à-dire quand la quantité de semence est faible, on doit choisir une température plus élevée, sans qu'elle soit assez haute, cependant, pour que la reproduction de la levure soit arrêtée avant le temps voulu.

### 3. RÉGULARISATION ARTIFICIELLE DE LA TEMPÉRATURE DE LA FERMENTATION AU MOYEN DE LA RÉFRIGÉRATION.

Les règles que nous venons de tracer sur la fermentation de début, la quantité de levure à ensemer, etc., sont suffisantes pour permettre de faire fermenter complètement les moûts de concentration moyenne. Elles permettent d'obtenir de bons résultats en dehors de toute considération de température extérieure, à moins qu'on ne veuille travailler pendant les jours les plus chauds de l'été. Par contre, ces principes ne suffisent plus pour assurer une bonne fermentation, quand on a intérêt à employer des moûts très concentrés. La levure est, il est vrai, parfaitement apte à faire fermenter d'une manière complète des solutions sucrées même plus concentrées que celles que l'on rencontre dans la pratique, mais la difficulté consiste à régler la température de telle façon que les conditions nécessaires à une fermentation préliminaire active et à la reproduction de la levure, soient toutes remplies. Il faut encore ajouter à ces conditions la nécessité de ne pas dépasser une certaine température à la fin de la fermentation, et c'est là le plus grand obstacle au travail des moûts concentrés.

Pour en venir à bout, on n'a qu'un seul moyen, *c'est le refroidissement* du moût pendant la fermentation, qui a été employé la première fois par *Delbrück*, sur l'instigation de *Schultze*. de

Schultzenndorf. On peut s'étonner que ce procédé ne se soit pas plus répandu. L'auteur croit que la raison en est qu'on ne s'est pas assez rendu compte des cas où l'on doit employer ce moyen.

Dans bien des distilleries, en effet, où le refroidissement du moût pendant la fermentation n'a pas donné de résultats bien concluants, on avait fait les essais sur des moûts dont la concentration n'excédait pas celle qui avait été reconnue la plus convenable pour le travail de l'usine et qu'on employait habituellement.

Le refroidissement ne pouvait pas dans ce cas améliorer beaucoup la fermentation puisqu'elle était déjà normale, grâce à l'observation des règles qui doivent guider le travail dans une distillerie bien dirigée.

C'est lorsque ces règles sont impuissantes à assurer une bonne fermentation que l'on doit avoir recours à ce moyen.

Le refroidissement du moût pendant la fermentation permet de faire fermenter des moûts très concentrés et, par suite, de tirer le meilleur parti possible de l'impôt sur la capacité des cuves.

Il présente, en outre, l'avantage de rendre la marche de la fermentation plus régulière et plus tranquille ; la fermentation principale est moins tumultueuse que lorsqu'on ne refroidit pas le moût, ce qui permet de réduire dans la cuve l'espace non utilisé. En appliquant ce procédé on peut aussi éviter des températures finales trop élevées qui entraînent des pertes d'alcool par son évaporation ou par sa transformation en aldéhydes ou en acide acétique.

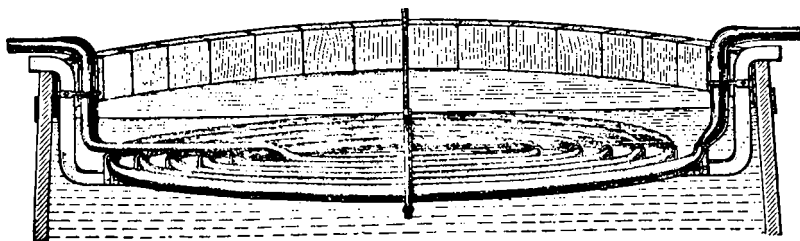


Fig. 166.

Le refroidissement des moûts rend possible un travail régulier pendant l'été, alors qu'il est bien rare d'y arriver quand on ne

refroidit pas. Ce procédé offre encore un autre avantage qu'il ne faut pas passer sous silence.

Il permet d'adopter une température plus élevée pour la mise en fermentation. C'est là un avantage fort important, car il n'est pas nécessaire d'employer une eau froide, et si la dépense d'eau n'est pas considérable pour refroidir un moût à 20 à 22° C., il n'en est plus de même lorsqu'il faut arriver à la température de 13 à 15° C. comme cela est nécessaire pour le travail des moûts très concentrés. Il faut alors une grande quantité d'eau très froide et l'on ne parvient souvent en été à atteindre cette température qu'en employant la glace.

On se sert pour refroidir les moûts des serpentins ordinaires, mais il faut préférer à ces appareils pesants celui que construit C. Heckmann, de Berlin, et qui se compose d'un tuyau formant une spirale plane (voir fig. 166).

Les appareils à refroidir employés à la distillerie de Trotha sont formés de tuyaux en cuivre de 3 cm. environ de diamètre intérieur qui ont été aplatis de manière à réduire ce diamètre à 1 cm. Cette disposition permet de mieux utiliser l'eau froide.

Un réfrigérant à moûts très simple est celui de *Hochsteden* (voir la *Zeitschrift f. Spirit. Ind.* 1884, page 165), représenté, par la fig. 167. Il se compose d'un tuyau formant un seul cercle; la section de ce tuyau est ovale et a pour dimensions 3 et 7 cm. La circulation de l'eau est interrompue au moyen d'un joint plein à l'endroit où les deux extrémités des tuyaux se rejoignent; l'arrivée et la sortie de l'eau se trouvant chacune d'un côté différent du disque, la circulation de l'eau se fait dans le tuyau d'une manière très régulière.

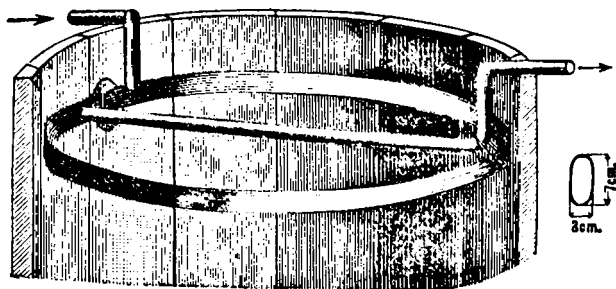


Fig. 167.



*Kastner* a inventé un appareil permettant de régler automatiquement la température des cuves à fermentation (*Zeitschrift für Spirit. Ind.* 1884, page 490). Il se compose d'un vase cylindrique fermé, en cuivre ou en tôle galvanisée, dont le couvercle est traversé par un tuyau allant jusqu'au fond du vase, qui est lui-même placé dans la cuve à fermentation.

Ce vase contient une certaine quantité d'eau. Lorsque la température s'élève dans la cuve, l'air contenu dans le vase se dilate et chasse l'eau qui s'élève à une certaine hauteur dans le tuyau et atteint, lorsque la température dépasse un certain degré, un flotteur qu'elle soulève. Ce flotteur agit alors par l'intermédiaire d'un levier sur une vanne qui laisse entrer l'eau froide dans le réfrigérant. Sous l'action de l'eau froide, la température s'abaisse dans la cuve; le flotteur reprend sa place primitive et l'arrivée de l'eau froide est interceptée. L'emploi de cet appareil doit être recommandé.

Lorsqu'on veut refroidir les moûts pendant la fermentation, il faut s'inspirer des règles suivantes :

Il faut mettre en fermentation à 20° C. et même, d'après *Wittelshoefer*, à 16-18°, car c'est une erreur de croire qu'il faille hâter le commencement de la fermentation principale, la levure n'ayant pas alors assez de temps pour se reproduire et perdant trop tôt son énergie.

La fermentation préliminaire aussi doit être active, mais non pas précipitée, si l'on veut qu'elle se soutienne. Il faut commencer par refroidir le moût en fermentation le plus tôt possible et pas seulement lorsqu'il a atteint 25° C., ainsi que cela se pratique ordinairement, car nous savons que la levure qui est produite à basse température, est plus active et plus résistante que celle qui est produite à des températures plus élevées.

Quand on met des moûts en fermentation à 20° et qu'on commence à les refroidir seulement à 25° C., la fermentation est complètement terminée après 48 heures et il est inévitable qu'il se produise des pertes, si ces moûts doivent rester pendant 24 heures à une température élevée sans être employés. En général on fera bien de régler le refroidissement des moûts de telle façon que la marche de la fermentation soit la même que si on ne refroidissait pas, c'est-à-dire de manière à ce que la fermentation principale

ne commence que 24 heures ou mieux encore 30 à 36 heures après la mise en fermentation. On maintient ensuite la température à 25-27° C. jusqu'à ce que la densité du moût soit tombée à 5° sacch. On interrompt alors le refroidissement et on laisse remonter la température à 30-31° environ, mais dès qu'elle tend à dépasser cette limite, on le remet en train, car l'action transformatrice de la levure est déjà bien diminuée à 32° C.

Le renforcement de la levure est moins nécessaire lorsqu'on refroidit pendant la fermentation, que lorsqu'on ne le fait pas. Dans le premier cas, en effet, le moût étant tenu à une température régulière, la levure se reproduit pendant un temps plus long et, par suite, en plus grande quantité.

Quant aux effets produits par le refroidissement des moûts pendant la fermentation, voici ce que l'auteur peut en dire :

1° Cette opération est pratiquée à la distillerie de Trotha depuis qu'elle est connue, elle y a donné les plus brillants résultats, et a permis de faire fermenter sans peine des moûts de 24° sacch. et au-delà. On avait bien réussi quelquefois dans cette usine, avant de refroidir pendant la fermentation, à travailler avec des jus aussi concentrés, mais non pas d'une manière aussi sûre, et l'on n'avait pas obtenu des rendements aussi élevés. Maercker ne sait pas quels sont ces rendements, mais il peut dire qu'à Trotha on évalue à  $\frac{3}{4}$  % d'alcool le surplus de rendement que procure le refroidissement, sans parler de tous les incidents inhérents au travail des moûts concentrés qu'il permet d'éviter.

2° Voici maintenant les résultats obtenus à la distillerie de Kniephof appartenant à M. de Bismarck.

La matière première employée à cette usine est la pomme de terre.

On a obtenu les quantités suivantes d'alcool par cuve de 2780 litres :

N° 1	— moût non refroidi	2053 litres d'alcool à 100°	= 9,11 % en volume.
2	— moût non refroidi	2053	» = 9,11 »
3	— moût refroidi	.... 2073	» = 9,85 »
4	— moût mal refroidi	2057	» = 9,26 »
5	— moût non refroidi	2049	» = 9,98 »
6	— moût refroidi	.... 2072	» = 9,80 »
7	— moût refroidi	.... 2075	» = 9,88 »
8	— moût non refroidi	2056	» = 9,22 »

Dans la cuve N° 4 que nous avons qualifiée de mal refroidie, on avait laissé par négligence la température s'élever à la température de 30-31° C. sans refroidir, et le rendement inférieur de 16 litres à celui de la cuve N° 3, fait bien ressortir l'inconvénient que présente une température trop élevée qui tue trop tôt la levure.

L'opération est pratiquée à Kniephof de la manière suivante : la cuve préparée à midi environ est mise en fermentation à 19° C.; on laisse alors la température du moût s'élever jusqu'à 26° environ, ce qui mène au matin suivant à 6 heures environ; puis on met le réfrigérant en train et on maintient la température à 25-27° pendant toute la durée de la fermentation principale qui est terminée le soir vers 9 à 10 heures.

On met en fermentation à 19° au lieu de 23° afin de n'être pas obligé de refroidir pendant la nuit.

Si l'on prend la moyenne des chiffres ci-contre, on obtient les rendements suivants :

Pour les moûts refroidis .....	9,84 p. % en volume.
Pour les moûts non refroidis.....	9,08 p. %    »
	<hr/>
Soit en faveur des moûts refroidis .	0,76 p. % en volume.

résultat qui est absolument conforme à celui obtenu à Trotha.

Werenskiold a fait, à l'instigation de l'auteur, deux essais comparatifs dont les résultats sont réunis dans le tableau suivant :

	Essai du 10/6 1880		Essai du 6/7 1880	
	Moût non refroidi.	Moût refroidi.	Moût non refroidi.	Moût refroidi.
Degré saccharométrique du jus sucré...	20,4	20,3	20,9	20,9
»                  du vin.....	0,6	0,5	1,3	0,7
Acidité du jus sucré en cc. de la solution	0,5	0,5	0,75	0,65
» du vin..... } de soude normale	1,15	1,35	1,1	1,2
Alcool contenu dans le vin filtré.....	10,7	11,4	11,0	12,0
Température de la mise en fermentation en° R.....	12	16	11,5	17,5
Température maxima pendant la fermentation.....	28	22	28	24,25
Proportion de sucre n'ayant pas fermenté %.....	5,13	5,17	12,93	4,72
Pertes pendant la fermentation.....	15,6	9,5	8,8	7,1
Rendement pratique par rapport au rendement théorique %.....	78,8	82,5	76,1	82,8
Rendement en alcool pur par 100 kilos d'amidon.....	56,4	59,1	54,5	59,3

**4 MARCHÉ DE LA FERMENTATION; SON COMMENCEMENT, SA DURÉE, ET ÉCHAUFFEMENT DU LIQUIDE, D'APRÈS DES EXEMPLES TIRÉS DE LA PRATIQUE.**

Les observations thermométriques et saccharométriques que nous reproduisons ci-dessous, peuvent servir d'exemples de la marche de la fermentation, mais il va sans dire qu'elles n'ont rien d'absolu, car le départ de la fermentation ne dépend pas seulement de la température du moût mais encore de sa préparation, c'est-à-dire de la quantité de levure introduite et de sa qualité.

Voici comment s'est comportée la fermentation d'un moût de pommes de terre, préparé à Trotha à l'aide de l'appareil de *Hollefreund* et mis en fermentation le 23 novembre, à 4 heures de l'après-midi, à une température de  $14^{\circ} \frac{1}{2}$  C. et une densité de  $20^{\circ},2$  du saccharomètre (volume : 42 hectolitres).

	Nombre d'heures.	Degrés saccharométriques.	Température.
Mise en fermentation.....	—	$20^{\circ},2$	$14^{\circ},5$ C.
Après 14 heures.....	14	$19^{\circ},3$	$15^{\circ},5$
Commencement de la fermentation tumultueuse.....	27	$16^{\circ},9$	$17^{\circ},5$
	29	$15^{\circ},1$	$19^{\circ},5$
	30	$13^{\circ},2$	$22^{\circ},5$
Fermentation principale.....	31 $\frac{3}{4}$	$12^{\circ}$	$24^{\circ}$
	32 $\frac{3}{4}$	$10^{\circ},2$	$27^{\circ}$
	34 $\frac{1}{4}$	$8^{\circ},2$	$27^{\circ},5$
	Fin de la fermentation principale.	36 $\frac{1}{2}$	$5^{\circ},8$
	38 $\frac{3}{4}$	$3^{\circ},6$	$31^{\circ},5$
Fermentation complémentaire...	43 $\frac{3}{4}$	$3^{\circ},2$	$32^{\circ},5$
	47	$2^{\circ},5$	$32^{\circ},5$
	49	$2^{\circ}$	$32^{\circ},5$
	66	$1^{\circ},8$	$31^{\circ}$

Il résulte de ce tableau qu'en mettant le moût en fermentation à  $14^{\circ},5$  C., (ce qui est une température basse), la fermentation principale commence après 27 heures et que la température la plus élevée est atteinte après 40 heures de fermentation.

Plus la température de la mise en fermentation est élevée, plus la fermentation principale commence vite et plus le liquide s'échauffe.

ESSAI N° I FAIT à NEDLITZ.

Mise en fermentation.....	21° C.
Après 6 heures la temp. s'élève de.....	3°
» 16 1/2        »        » .....	15°
» 23            »        » .....	16° <sub>5</sub>
» 27            »        » .....	16°
Commencement de la fermentation principale après.....	6 heures.
Température la plus élevée après.....	23    »

ESSAI II A NEDLITZ.

Mise en fermentation à.....	20 ° C.
Après 4 heures la température s'élève de.....	1° 1/2 C.
» 7            »        » .....	2° C.
» 10           »        » .....	3 1/2 ° C.
» 16 1/2       »        » .....	11° 1/2 C.
» 25           »        » .....	16° C.
» 31           »        » .....	17° 1/2 C.
Commencement de la fermentation principale après.....	10 heures.
Température la plus élevée après.....	30    »

ESSAI III A NEDLITZ.

Mise en fermentation à.....	18° 1/2 C.
Après 8 heures la température s'élève de.....	2° 1/2 C.
» 17           »        » .....	9°    »
» 29           »        » .....	15°   »
» 32           »        » .....	17° 1/2
Commencement de la fermentation principale après.....	12 heures.
Température la plus élevée après.....	32    »

La quantité de levure introduite dans le moût a, comme nous l'avons déjà dit, une notable influence sur la rapidité de la fermentation, c'est ainsi que de deux moûts mis en fermentation à 24° sacch. et dans lesquels on avait introduit, dans un des moûts une partie et dans l'autre, 1 1/2 partie de levure, le premier pesait après 24 heures de fermentation 14°<sub>3</sub> sacch. et le second, 9°<sub>9</sub> seulement. La force de la levure joue aussi un rôle important au point de vue du commencement de la fermentation

principale, mais l'auteur ne peut pas donner de chiffres précis à cet égard.

La durée de la fermentation de 72 heures, telle que la fixent les règles fiscales, pouvait autrefois être conforme à ce qui se passait dans la pratique ; mais en mettant en fermentation à une température plus élevée soit à 18 à 20° C. et en usant de réfrigérants pour refroidir les moûts, on arrive à la réduire d'une manière sensible. Nous avons déjà donné des chiffres montrant qu'un moût bien conditionné peut fermenter en 48 heures, mais on peut même dire plus : c'est qu'il est probable qu'en laissant fermenter sans nécessité pendant 72 heures, on subit une perte en alcool qui n'est nullement insignifiante.

Peut-être serait-il rationnel, quand la fermentation est terminée, d'abaisser autant que possible la température du liquide, au moyen d'appareils refroidisseurs, afin d'éviter qu'il ne s'altère pas. Rien ne donne une meilleure idée de la marche de la fermentation qu'une courbe graphique ; aussi recommandons-nous l'usage de ce moyen d'observations qui, d'après les données de Delbrück, a été employé pour la première fois par *Stenglein* (*Zeitschrift für Spir. Industrie* 1883, page 4).

Les exemples cités par *Stenglein* ne peuvent pas, il est vrai, être donnés comme modèles de fermentations dans toutes les différentes conditions dans lesquelles on peut se trouver, mais ils indiquent comment on doit opérer pour faire des observations analogues. Les courbes de *Stenglein* se rapportent à des moûts très concentrés, mis en fermentation à des températures diverses ; l'exemple que nous donnons ci-dessous de ces observations peut être regardé comme type :

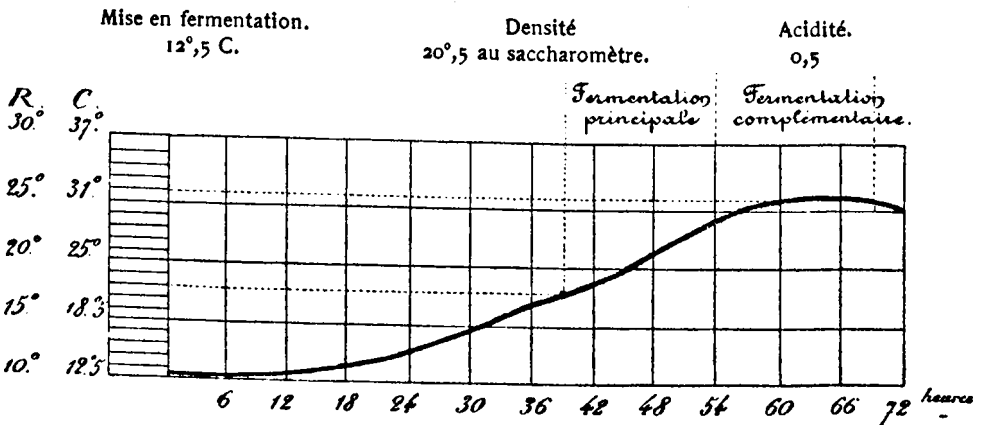


Fig. 168.

	Degrés du saccharomètre.	Acidité.	Alcool
Après 24 heures.....	19,2	—	—
» 48 » .....	7,4	0,9	—
» 72 » .....	2,1	0,9	10,2

Quelques explications sont nécessaires pour faciliter la compréhension de ces tableaux graphiques. Le réseau quadrillé dont se compose la figure ci-dessus, est formé par un système d'abscisses et d'ordonnées dans lequel les ordonnées représentent les heures et les abscisses les températures des liquides en fermentation. On fait un certain nombre d'observations et pour chacune d'elles on marque un point dont la position est déterminée horizontalement par le moment où l'on fait l'opération et verticalement par la température correspondante.

On obtient ainsi une série de points qu'on n'a qu'à relier par une ligne pour former la courbe représentant la marche de la fermentation.

La courbe que nous venons d'indiquer montre que pendant le cours d'une fermentation normale la température s'élève régulièrement et graduellement, et que pendant la fermentation complémentaire il se produit un abaissement sensible dans la température. La représentation graphique de la fermentation d'un moût mis en fermentation à une température trop élevée et qui, par suite, est devenu trop acide et a mal fermenté a un tout autre aspect. La courbe que nous reproduisons à la fig. 169 montre que dans ce cas la température augmente rapidement, que la fermentation principale commence plus tôt, et que pendant la fermentation complémentaire la température s'abaisse davantage.

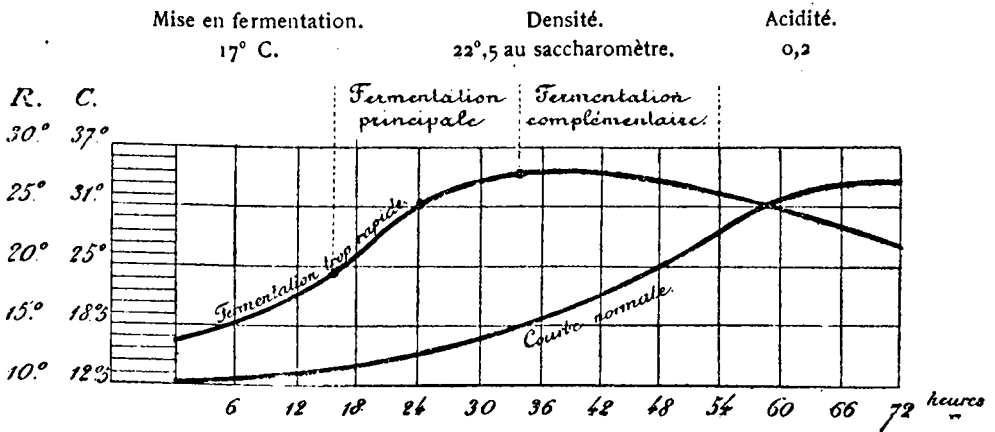


Fig. 169.

	Degrés du saccharomètre.	Acidité.	Fermentation,
Après 12 heures. . . . .	20,5	0,2	
» 24 » . . . . .	10,2	—	très active.
» 36 » . . . . .	7,3	0,5	
» 48 » . . . . .	6,8	1,0	tranquille.
» 72 » . . . . .	5,7	2,9	vin prêt à distiller.
Alcool d'après l'analyse. . . . .		8,9 %	en volume.

La courbe normale de la distillerie de Trotha que nous figurons plus loin (fig. 170) indique une marche un peu différente dans la fermentation.

Mise en fermentation. . . . .	20°,2	sacch.
Après 14 heures. . . . .	19°,3	»
» 30 » . . . . .	13°,2	»
» 36,5 » . . . . .	5°,8	»
» 48 » . . . . .	2°,2	»
» 66 » . . . . .	1°,8	»

COURBE NORMALE DE LA DISTILLERIE DE TROTHA.

Mise en fermentation 14° C., degré du saccharomètre 20°,2.

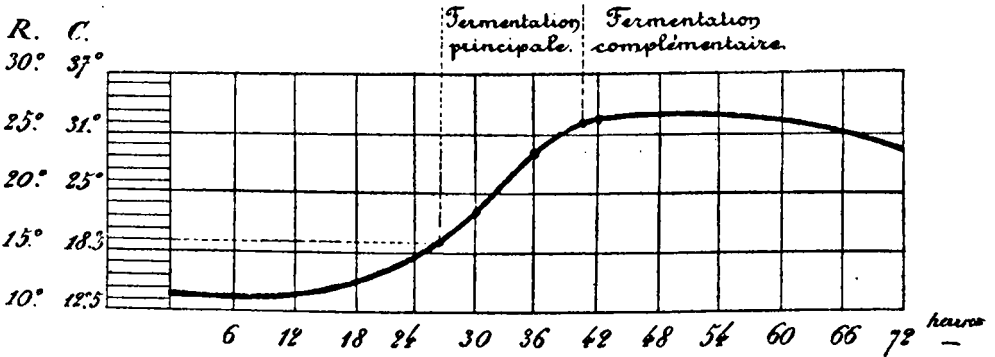


Fig. 170.

On peut aussi se rendre très exactement compte, au moyen de tableaux graphiques, des effets du refroidissement des jus pendant la fermentation. La courbe que nous donnons à la fig. 171 a été tracée dans ce but, mais il faut remarquer qu'ici les abscisses représentent, non les températures, mais les quantités de sucre ayant fermenté.

Elle montre que lorsqu'on refroidit les moûts, la fermentation préliminaire s'établit immédiatement et d'une manière si régulière que la courbe se rapproche très sensiblement d'une ligne droite. La fermentation principale s'accomplit alors parfaitement et la destruction du sucre est complète. Tout autre est l'aspect de la



représentation graphique de la fermentation d'un moût non refroidi : la courbe montre que la fermentation a tout d'abord peu de vitalité et que par suite la transformation du sucre ne s'effectue que lentement. On voit aussi qu'après 27 heures environ, la courbe monte tout d'un coup rapidement, ce qui indique une fermentation et une transformation du sucre impétueuses.

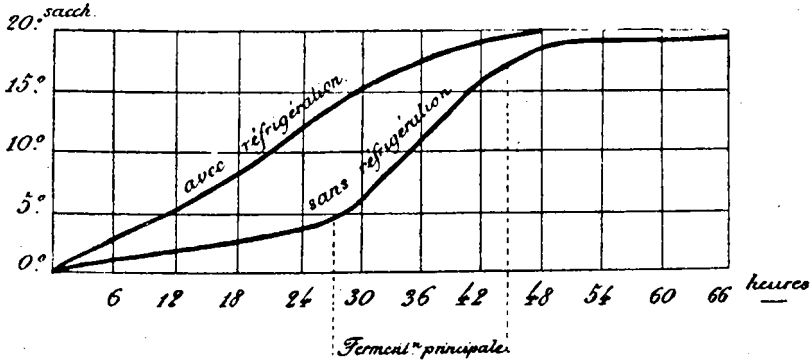


Fig. 171.

Nous avons déjà recommandé l'emploi des courbes et ajoutons qu'on les établit facilement sur du papier rayé au millimètre, papier qu'il n'est pas difficile de trouver dans le commerce.

### 5. FORMES DIVERSES DE LA FERMENTATION NORMALE.

Ces différentes formes de la fermentation se manifestent seulement pendant la fermentation principale.

On distingue :

a) *La fermentation à chapeau.* Elle ne se produit pas, à proprement parler, dans les jus épais et spécialement dans ceux de pommes de terre fermentant régulièrement, tandis qu'elle est la forme normale de la fermentation des mélasses. L'acide carbonique, en se dégageant, pousse les matières insolubles, pelures de pommes de terre, balles de malt, etc., à la surface du liquide et les y maintient. Ces matières, en se rassemblant, forment ainsi un couvert qu'on appelle *chapeau*.

Lorsque ce genre de fermentation se produit dans des jus de pommes de terre, on peut regarder ce fait comme un très mauvais

signe, car il prouve une fermentation peu active. Dans une bonne fermentation de jus de pommes de terre, au contraire, le dégagement d'acide carbonique doit être assez énergique, pour que les matières insolubles soient mises en mouvement dans toute la masse du liquide et ne puissent se rassembler à sa surface.

b) *La fermentation ascendante et descendante.* Cette forme de fermentation se rencontre très fréquemment, mais elle n'est pas regardée comme la meilleure par nombre de distillateurs expérimentés, quoiqu'elle témoigne toujours en faveur d'une certaine vitalité de la fermentation. Elle se manifeste par un accroissement du volume du jus qui monte dans la cuve, tandis qu'il ne se produit que peu d'acide carbonique. Aussitôt que le point le plus élevé a été atteint par le liquide, l'acide carbonique se dégage en abondance et le moût reprend son volume primitif pour recommencer bientôt à monter dans la cuve, et ainsi de suite, pendant toute la durée de la fermentation principale. Cette fermentation ascendante et descendante est surtout celle des jus épais, si l'on en croit les données de la pratique qui sont d'ailleurs assez diffuses sur ce point. L'auteur croit qu'elle se produit dans des jus épais contenant peu de sucre, c'est-à-dire dans des jus concentrés, préparés avec des matières premières pauvres en amidon.

Ces alternatives d'accroissement et de diminution de volume du moût s'expliquent de la manière suivante :

Les matières insolubles, pelures, etc., empêchent les bulles d'acide carbonique de venir crever à la surface, elles se rassemblent alors en grosses gonfles, d'où augmentation de volume; arrivées à une certaine grosseur, ces gonfles éclatent et le liquide reprend son volume primitif.

c) *La fermentation circulaire.* Lorsque la fermentation affecte cette forme, l'acide carbonique se dégage régulièrement en soulevant le liquide au centre de la cuve et en l'abaissant vers les parois. C'est là la meilleure des fermentations, et elle est la garantie que la marche de la fermentation s'opère régulièrement et pas trop rapidement. Les jus qui fermentent sous cette forme demandent moins d'espace de réserve que ceux dont la fermentation est montante et descendante.

## 6. FERMENTATION MOUSSEUSE.

Ce genre de fermentation est défectueux au plus haut point et se produit malheureusement très fréquemment dans les distilleries ; il produit une telle quantité d'écume, qu'une grande partie du liquide (quelquefois jusqu'à  $\frac{1}{3}$ ) se déverse par-dessus les bords de la cuve. La question de la fermentation mousseuse a soulevé, après un article de Delbrück publié dans la *Zeitschrift für Spir. Ind.* en 1879, un vif débat qui a apporté bien des éléments nouveaux à la discussion sans toutefois arriver à une conclusion. Nous donnons dans ce paragraphe les faits certains relatifs à la fermentation mousseuse. Delbrück décrit de la manière suivante les signes auxquels on la reconnaît : Les mouës affectés de fermentation mousseuse montent jusqu'à un certain niveau et s'y maintiennent ; ils ne montent et ne descendent pas alternativement comme dans la fermentation ascendante et descendante, et ne prennent pas non plus un mouvement rotatoire. A mesure que la température s'élève et que la fermentation devient plus active, le liquide monte encore davantage, il se forme des bulles écumeuses opaques qui s'entassent les unes sur les autres, constituant une épaisse couche de mousse qui s'élève quelquefois jusqu'à 60 centimètres au-dessus du liquide. Cette écume qui se forme pendant la fermentation principale, devient moins abondante quand cette dernière décroît, et disparaît complètement pendant la fermentation complémentaire. Que la température de la mise en fermentation soit 15° C., 17°,5 ou 20° C., l'écume apparaît presque toujours quand le liquide atteint environ 25° C. et que le  $\frac{1}{3}$  de la quantité de sucre a été transformé. Elle se forme donc plus tôt quand la température de la mise en fermentation est très élevée que lorsqu'elle est basse.

La durée de la période *mousseuse* est plus courte quand la température de la mise en fermentation est élevée et que la fermentation est active, mais la quantité d'écume produite ne varie guère.

*Delbrück* a pu constater, en examinant au microscope de la levure qui avait donné naissance à une fermentation excessivement mousseuse, que celle-ci ne provient, en aucune façon, d'une maladie de la levure et il admet que cette forme de fermentation des jus de pommes de terre est la même que celle qui se produit normalement dans les jus de seigle destinés à la fabrication de la levure pressée. Le rendement en alcool d'un jus qui a subi la

fermentation mousseuse n'est nullement diminué, car Delbrück a obtenu dans ces conditions 58 litres d'alcool pur par % kilos d'amidon ; aussi regarde-t-il cette forme de fermentation comme très favorable, quand on peut éviter que le liquide se déverse par-dessus les bords de la cuve.

D'après de nombreux avis, la fermentation mousseuse provient de la nature même des pommes de terre. Elle est surtout causée par les pommes de terre pauvres en amidon et spécialement par les espèces hâtives, entr'autres par l'early-rose. Elle se reconnaît cependant occasionnellement dans des jus provenant de pommes de terre riches en amidon. Un terrain qui a été fortement fumé par des salpêtres du Chili ou par un excès de fumier d'écurie, produit des pommes de terre ayant une tendance à rendre la fermentation mousseuse ; la fumure au crottin de mouton semble aussi la favoriser.

*Jordan* a reconnu que cette forme de fermentation se produit le plus souvent dans les jus de pommes de terre ayant crû dans des tourbières ou de la terre de bruyère, terrains riches en azote, tandis qu'on ne l'observe que très rarement dans ceux qui proviennent de tubercules ayant crû dans un sol argileux ou sablonneux. Lorsque ces terres tourbeuses ont, en outre, été fumées avec du crottin de mouton, on a grand peine à combattre la fermentation mousseuse des pommes de terre qui y ont été cultivées. *Stenglein* aurait aussi remarqué que lorsque les pommes de terre ont été cultivées dans un champ exposé pendant l'hiver aux tourmentes de neige ou sur lequel de l'eau a séjourné pendant longtemps, elles ont une propension à la fermentation mousseuse.

On peut dire, en somme, que les pommes de terre mal mûres, et les espèces qui se rapprochent le plus de celles-ci par leur composition, comme les pommes de terre hâtives, sont particulièrement sujettes à la fermentation mousseuse et si l'on veut en chercher l'explication, on la trouvera dans le fait que ces pommes de terre sont riches en amides, et spécialement en asparagine, qui constitue un excellent aliment pour la levure. Celle-ci se reproduit alors dans les jus en grande abondance et est très active de sorte qu'elle donne naissance à une fermentation tumultueuse. Cette explication est justifiée par l'expérience, car dans bien des usines on regarde comme indispensable d'éliminer autant que possible

par la cuisson l'eau de composition des pommes de terre pouvant donner lieu à la fermentation mousseuse, à cause des amides solubles qu'elle contient. On pourrait aussi, il est vrai, attribuer les bons effets que l'on obtient par ce moyen à la plus grande concentration du moût, mais si l'on ne peut nier que la consistance du moût ne joue un certain rôle dans la fermentation mousseuse, l'action de l'asparagine n'en est pas moins très réelle et a été bien observée dans le travail du froment germé qui en renferme des quantités notables.

*Marschall* a aussi constaté la fermentation mousseuse dans des moûts préparés avec du maïs de Hongrie.

On attribue cette fermentation encore à d'autres causes, à la malpropreté des ateliers, l'emploi des eaux de rinçage et à une température de saccharification trop basse. Elle se manifesterait de préférence dans les distilleries qui économisent le malt et dans celles où on laisse l'orge tremper trop longtemps.

Il est certain aussi que la cuisson exerce une influence sur la fermentation mousseuse. C'est ainsi que *Witte* affirme qu'elle peut être produite par toutes les sortes de pommes de terre à condition qu'elles aient été peu cuites. Il en est de même de la levure qui, lorsqu'elle a été préparée dans des locaux froids et n'est par suite pas assez mûre, donne naissance à ce genre de fermentation. C'est ce qui explique ce fait bien connu que la fermentation mousseuse s'observe surtout en hiver. L'acidité de la levure a aussi son importance. D'après *Wilke*, de la levure ayant trop fermenté et renfermant plus de 5 % d'alcool, de même qu'un levain trop acide, favoriserait la fermentation mousseuse.

Si nous groupons ces diverses observations nous arrivons aux conclusions suivantes :

1° Les propriétés physiques du moût jouent un rôle dans la fermentation mousseuse, vraisemblablement par suite de certaines substances qui se rassemblent et forment des gonfles qui, ne crevant pas, font déverser le liquide.

2° Les propriétés chimiques des matières premières exercent aussi une influence sur la fermentation mousseuse, ce qui s'explique par l'action des amides que l'on rencontre spécialement dans les pommes de terre mal mûres.

3° La préparation de la levure peut aussi influencer sur la ferment-

tation et la levure mal mûre, en particulier, paraît donner naissance à la fermentation mousseuse.

Examinons maintenant les moyens à employer pour combattre la fermentation mousseuse. Il faut citer, en première ligne, les moyens mécaniques les plus divers ayant pour but de dissiper l'écume au fur et à mesure de sa formation. C'est ainsi qu'on asperge la surface du moût avec de l'eau de savon, de l'alcool concentré et surtout de l'huile ou du pétrole, qu'on emploie dans les proportions de 3 à 4 litres d'huile de navettes ou de 200 à 250 cc. de pétrole pour 30 à 40 hectolitres de moût.

Ce procédé présente l'inconvénient de donner un mauvais goût à l'alcool. Ces moyens-là ne sont naturellement que des palliatifs, et pour prévenir la fermentation mousseuse, il faut se reporter aux causes qui la produisent et s'efforcer de préparer des moûts fluides, de la bonne levure, etc.

Dans cet ordre d'idées il faut attacher une grande importance à la façon dont la cuisson est conduite. Les expériences de Delbrück, à Biesdorf, et celle de *Schuster*, à Prieborn, ont montré qu'on évitait la fermentation mousseuse en faisant durer davantage la cuisson à haute pression, avec soupape soufflante, tandis qu'elle reprenait lorsqu'on recommençait à cuire de la manière ordinaire.

Nous avons aussi vu que les moûts épais sont plus réfractaires à la fermentation mousseuse, soit par suite de leur consistance même, soit que, par la concentration, on élimine mieux l'eau que contiennent les pommes de terre et par suite les amides; on doit s'efforcer de produire des moûts aussi concentrés que possible.

H. Pausch recommande, quand on a à craindre la fermentation mousseuse, de saccharifier à une très haute température soit à 65° C. Cette observation se rattache peut-être à l'influence qu'exerce l'état physique des moûts sur la fermentation, car ceux qu'on obtient à une basse température sont moins fluides que ceux qui ont été saccharifiés à une température plus élevée. Delbrück a aussi constaté les bons effets que l'on obtient en saccharifiant à une température élevée.

Dans bien des cas, quoique pas toujours, on évite la fermentation mousseuse, en mélangeant du maïs aux pommes de terre. Delbrück, dans ses essais, la faisait cesser en mélangeant 3 quintaux de maïs avec 30 quintaux de pommes de terre, et dès qu'il cessait de

mélanger du maïs, on voyait la fermentation mousseuse reprendre de nouveau.

Il explique cette influence du maïs par une action mécanique des corps gras qu'il contient qui, ayant été excessivement divisés, facilitent le dégagement de l'acide carbonique.

On obtiendrait donc, en ajoutant du maïs, le même effet qu'en projetant de l'huile dans la cuve de fermentation.

Le maïs peut aussi exercer une bonne influence sur la fermentation parce qu'il produit des moûts très fluides.

Les bons effets obtenus par l'addition de maïs ont été constatés dans maintes distilleries et doivent engager à suivre cette méthode, toutes les fois que les prix du maïs le permettent.

Le mélange d'autres grains a donné dans bien des cas des résultats satisfaisants. Voici dans quel ordre il faudrait les placer au point de vue de leur valeur pour combattre la fermentation mousseuse : l'avoine, l'orge, le seigle, le froment. Tous ces grains agissent moins activement que le maïs. Sont-ce les corps gras contenus dans ces grains qui exercent une influence sur la fermentation ? On peut en douter en considérant le seigle et le froment qui en contiennent fort peu ; par contre l'avoine en contient assez (en moyenne 4 à 5 % et quelquefois jusqu'à 6 1/2 %) pour donner du corps à cette opinion.

On a pu aussi venir à bout de la fermentation mousseuse en maltant de l'avoine au lieu d'orge, ce qui s'expliquerait par l'action des corps gras de l'avoine. *Stenglein* recommande aussi d'employer à l'occasion du malt de seigle.

Un changement de levure est aussi quelquefois suivi de bons effets, mais ce n'est pas là un moyen sûr, car la fermentation mousseuse ne tarde pas à reprendre et il faut recourir à un nouveau changement de levure.

On recommandait autrefois comme moyen préventif l'emploi de levure très acide ; mais *Sroka* a pu se convaincre que, si une forte acidité préserve les jus très sucrés de la fermentation mousseuse, elle la favorisait peut-être dans les jus pauvres en sucre.

Les antiseptiques enfin sont employés avec succès contre la fermentation mousseuse. *Stenglein* a pu constater l'efficacité des acides sulfurique et salicylique. *Brockmann* préconise l'emploi du sulfite acide de chaux dans la fabrication de la levure, à la dose de

1 litre de sa préparation pour 50 litres de moût-levain. Il croit détruire par ce moyen les cellules malades de la levure, susceptibles de produire la fermentation mousseuse, tandis que celles qui sont saines résisteraient. Il régènerait ainsi la levure. (*Zeitschrift für Spirit.-Ind.*, année 1884, p. 59). Delbrück conseille cependant de n'employer ce procédé qu'avec circonspection, car une forte quantité de sulfite acide de chaux doit selon toute vraisemblance empêcher l'acidification du levain.

Nous croyons avoir rendu compte dans ce paragraphe de tout ce que l'expérience a pu enseigner sur la fermentation mousseuse, mais si l'on voulait tirer une conclusion de ce que nous avons dit, il faudrait reconnaître qu'il n'existe pas de moyen unique pour la combattre. Cela n'est pas étonnant, les causes de cette fermentation étant multiples et des plus diverses, à savoir les propriétés des matières premières, du malt et de la levure. Voici, d'ailleurs, un ensemble des mesures à prendre pour combattre la fermentation mousseuse :

1° Dès qu'on constate cette forme de fermentation vicieuse, asperger le moût avec de l'huile ou du pétrole, mais ne pas se borner à cette mesure, car si l'on arrive de cette façon à éviter les effets de la fermentation mousseuse, on n'en supprime pas les causes.

2° Quand cette fermentation se manifeste dans les jus de pommes de terre, cuire les tubercules plus longtemps et à une température plus élevée.

3° Si ces mesures ne suffisent pas, veiller avec le plus grand soin à la préparation de la levure, en prenant les précautions suivantes :

a) Obtenir une levure bien mûre en la préparant à une température plus élevée.

b) Augmenter pendant un certain temps son acidité.

c) Employer à diverses reprises de la levure provenant d'une distillerie voisine exempte de fermentation mousseuse.

4° Si ces différentes mesures n'amènent pas un résultat, on s'arrange pour que  $\frac{1}{3}$  de l'amidon qui entre dans la préparation des moûts provienne du seigle ou du maïs, si les prix le permettent.

5° Enfin si la fermentation mousseuse persiste malgré toutes ces précautions, on doit rejeter l'orge que l'on employait pour la fabrication



du malt et l'on se sert d'une autre orge que l'on a soin de choisir bien saine; en cas d'insuccès, il faut encore essayer d'employer un malt préparé avec un mélange d'avoine et d'orge ou avec de l'avoine pure.

6° On peut encore avoir recours à l'acide salicylique ou encore mieux au sulfite acide de chaux qui est meilleur marché.

#### 7. INFLUENCE DU MAUVAIS MALT SUR LA MARCHE DE LA FERMENTATION.

Un mauvais malt, recouvert de moisissures ou d'autres champignons, ne peut, cela va de soi, former de la bonne levure, et a par suite une mauvaise influence, comme le prouvent les essais suivants que nous avons relevés dans le journal de fabrication de la distillerie de Trotha :

1°	12 essais faits avec du bon malt, mise en fermentation	22,2°	sacch.— chute	2,3°	sacch
2°	15 » du mauvais malt, »	22,5°	» — »	3,1°	»
3°	7 » de nouveau avec du bon malt »	23,8°	» — »	2,2°	»

Le directeur de la distillerie de Trotha, Monsieur Riebe, a remarqué que le malt défectueux n'a pas la même influence pernicieuse sur la saccharification.

Lorsqu'on est forcé dans une distillerie d'employer du malt mal conditionné, on peut donc l'utiliser pour la saccharification sans trop d'inconvénients, quoique du bon malt soit toujours préférable; mais il faut se garder de l'employer pour la préparation de la levure.

#### 8. ESPACE PERDU DES CUVES DE FERMENTATION.

L'impôt sur l'alcool dans l'Allemagne du Nord a, comme on le sait, pour base, non la quantité de matières premières mise en œuvre, mais la capacité des cuves contenant le moût. Comme il se produit pendant la fermentation un fort dégagement d'acide carbonique, il se forme de l'écume et le liquide monte dans la cuve pendant la période où elle est plus active, de telle sorte que si l'on remplissait tout d'abord complètement la cuve, une quantité notable de moût se déverserait par-dessus les bords et ne pourrait, par suite des dispositions fiscales, être recueillie pour être à nouveau introduite

dans la cuve. Il est donc de toute nécessité de laisser dans les cuves un espace en réserve pour éviter toute déperdition de liquide. Quant à l'importance qu'il faut assigner à cet espace perdu, les données ne s'accordent pas entre elles, mais ce qui semblerait certain c'est que les moûts préparés d'après les anciens procédés en exigent davantage que ceux préparés par la nouvelle méthode et qui sont plus fins et plus fluides. On compte pour ces derniers qu'en laissant vide  $1/10$  à  $1/12$  de la capacité de la cuve, cela est suffisant. On remplit même, en général, les cuves de fermentation de  $1^m50$  de hauteur jusqu'à 12 à 15 centimètres du bord, ce qui correspond à 8 ou 10 % de vide.

De toutes les matières premières de distillerie, ce sont sans contredit les pommes de terre et surtout le seigle dont les moûts demandent le plus d'espace réservé dans les cuves à fermenter, tandis que les mouts de maïs et de mélasse n'en exigent que peu.

Nous insisterons avant tout sur le fait qu'en refroidissant les moûts pendant la fermentation, on arrive à une utilisation plus complète de la cuve, parce que pendant la fermentation on évite un dégagement tumultueux d'acide carbonique soulevant la masse du liquide.

On n'a qu'à considérer la courbe graphique que nous avons tracée fig. 171 pour se pénétrer de l'action qu'exerce le refroidissement des moûts.

#### 9. CONDITIONS QUE DOIT RÉALISER LA SALLE DE FERMENTATION.

Voici quelles sont les conditions que doit réaliser la salle de fermentation :

a) *La température de la salle de fermentation doit être aussi régulière que possible ; elle ne doit être ni trop froide en hiver ni trop chaude en été.* Ces conditions sont réalisées par les caves, mais Maercker ne les considère pas comme avantageuses pour la fermentation, vu les autres considérations dont il faut tenir compte et que nous indiquons ci-dessous.

b) *La salle à fermenter doit être disposée de façon à ce que les eaux de lavage puissent s'écouler.* C'est pourquoi il est bon que le local soit établi sur le sol.

c) *La salle de fermentation doit avant tout être claire.* C'est en effet dans la salle de fermentation que doit régner la plus grande propreté; il est donc nécessaire que l'on puisse se rendre facilement compte si tous les recoins sont propres et s'il n'y reste pas des amas de restes de moûts, qui sont des nids à ferments nuisibles.

d) *La salle de fermentation doit être suffisamment élevée.* On rencontre souvent des exploitations où la salle de fermentation n'a pas plus de 3 mètres de hauteur. Cette élévation n'est pas suffisante, car les éclaboussures de moût peuvent atteindre le plafond et y former des centres de ferments nuisibles; aussi lorsque les circonstances obligent un distillateur à faire fermenter dans une salle basse, doit-il avoir soin de faire nettoyer le plafond quotidiennement. Il vaut encore mieux, lorsqu'un fabricant s'installe, qu'il exige que la salle de fermentation ait une hauteur suffisante pour que les éclaboussures de moût ne puissent pas atteindre le plafond (4-5 mètres).

e) *La salle de fermentation doit être aérée dans une certaine mesure.* Quoique l'accès de l'air ne soit pas nécessaire à la fermentation même, on doit veiller à ce que l'air de la salle puisse se renouveler fréquemment et cela pour diverses raisons. D'une part, ce renouvellement de l'air est nécessaire pour chasser l'acide carbonique qui se rassemble dans les parties basses; de l'autre, il faut éviter la stagnation de l'air humide de la salle qui favorise le développement de la moisissure et des ferments. Le renouvellement de l'atmosphère des salles de fermentation doit être recommandé, à la condition, toutefois, qu'il s'effectue sans amener des courants d'air et des changements de température qui nuisent à la bonne marche de la fermentation.

On peut, en effet, bien souvent trouver la cause de la mauvaise fermentation d'une cuve, alors que les cuves avoisinantes fermentent normalement, dans un courant d'air provenant d'une fenêtre ou d'une porte ouverte. Nous devons même dire que si l'on avait à choisir entre l'absence de ventilation et un courant d'air, comme entre deux maux il faut choisir le moindre, il vaudrait encore mieux renoncer à l'aération.

f) *La salle de fermentation doit être construite avec des matériaux*

*aussi compactes que possible.* On comprend, en effet, sans peine que les matériaux présentant des cavités et des aspérités sont des nids à champignons qui donnent naissance aux fermentations secondaires. Signalons comme particulièrement dangereuses les pierres poreuses revêtues d'un crépi, car celui-ci est aussi poreux par lui-même et favorise le développement des ferments parasites. Nous recommanderons, par contre, l'emploi des briques vitrifiées et cimentées entr'elles qui constituent des matériaux excellents.

Rohr recommande pour le même usage les plaques de ciment (*Zeitschrift f. Spir. Ind.* 1888, page 35). Dans aucun cas on ne doit crépir les murailles.

Le nettoyage des murailles et du plafond, *qui doit être voûté*, se fait par des lavages à l'eau.

Disons encore qu'un revêtement de ciment bien uni donne de bons résultats.

Lorsqu'on possède une salle de fermentation ne réalisant pas les conditions voulues au point de vue du choix des matériaux on n'a, ainsi que nous l'avons déjà expliqué en parlant des caves à malt, qu'à passer par-dessus l'enduit à la chaux deux ou trois couches de couleur à l'huile, de manière à ce que les murailles puissent être lavées. Il faut naturellement que les murailles soient bien sèches au moment où l'on passe le vernis, car sans cela il n'adhérerait pas à la chaux.

Le goudron de houille est aussi une matière excellente pour enduire les murailles des salles à fermenter, germoirs, ateliers à levure, etc., mais avant de les revêtir de cet enduit, il faut avoir soin de faire tomber le crépissage et de ne passer la couche que lorsque les murs sont bien secs.

Maercker n'approuve pas le blanchissage à la chaux des murailles, que les distillateurs pratiquent souvent parce que la chaux caustique tue les champignons des moisissures. Mais il faut pour cela que le badigeon contienne de la chaux caustique, ce qui n'est pas le cas, car elle est bientôt transformée en carbonate par l'acide carbonique se dégageant des cuves en fermentation. Ces couches de carbonate de chaux superposées forment, au contraire, un terrain des plus propres au développement de la moisissure et des ferments. Il faut donc préférer au badigeonnage à la chaux, l'enduit de couleur à

l'huile qui présente l'avantage de durer plusieurs années et de pouvoir se laver facilement.

Si l'on veut avoir recours aux antiseptiques, nous conseillerons l'emploi du chlorure de chaux ou du sulfite acide de chaux qui a été souvent préconisé pour badigeonner les parois des cuves à fermenter aussi bien que pour enduire les murailles, et qui a donné, du reste, d'excellents résultats,

Le sol de la salle de fermentation doit aussi être formé par une matière compacte.

L'auteur place en première ligne pour cet usage le *ciment* qui forme un sol sans joints. Les dalles en grès et les briques bien cuites donnent aussi de bons résultats. Ces dernières sont cependant moins résistantes et sont plus vite attaquées par les moûts acides.

#### 10. CUVES A FERMENTER, MATIÈRE DEVANT SERVIR A LEUR CONSTRUCTION ET LEURS DIMENSIONS.

La matière par excellence propre à la construction des cuves à fermenter est *le bois*. Le chêne et le bois de pin résineux sont les essences employées de préférence.

Les cuves à fermenter ne doivent être placées ni trop près les unes des autres ni trop près des murs, afin qu'on puisse en faire le tour quand on veut les nettoyer ; elles doivent aussi être élevées au-dessus du sol de façon à ce que l'on puisse facilement nettoyer le dessous.

On construit aussi des cuves en ardoise, en grès ou en fer, mais elles n'ont pas montré jusqu'ici de réels avantages sur les cuves en bois.

Les cuves munies d'un revêtement en verre (brevet allemand 27740), quoique réalisant l'idéal que l'on doit rechercher au point de vue de la propreté, ne se sont pas non plus répandues.

On a l'habitude de profiter de l'arrêt d'été pour enduire les cuves de quelques couches de couleur à l'huile qu'on n'a soin de passer que lorsque le bois s'est séché. Cet enduit n'est guère durable, surtout lorsqu'on le nettoie à la chaux, ainsi que cela se pratique généralement, et il ne tarde pas à se détacher sous l'action des moûts en fermentation. Aussi vaut-il mieux imprégner les parois des cuves d'huile de lin bouillante ou de paraffine qui est encore

préférable. Pour procéder à cette opération on chauffe l'intérieur des cuves de fermentation au moyen d'un réchaud à charbon, puis on passe avec un pinceau la couche de paraffine fondue.

Voici une bonne recette pour préparer un enduit résistant à l'usage des cuves à fermenter et des vases à levure :

On dissout 4 kilos de colophane,  $\frac{1}{2}$  kg. de laque et 2 kilos de thérébentine dans 16 litres de  $\frac{3}{8}$  concentré (90° au moins) et l'on en revêt les cuves, après les avoir bien récurées et séchées. Il est bon aussi de chauffer un peu la cuve en y faisant brûler une petite quantité d'alcool. Cette laque doit être passée douelle par douelle, et aussitôt qu'on en a passé une couche on y met le feu ; le nombre de couches successives doit être au moins de 9.

Lorsqu'on veut nettoyer cet enduit, on le badigeonne avec de la chaux, puis on le lave. Ce moyen est suffisant lorsqu'on est placé dans les conditions ordinaires. Lorsque des fermentations nuisibles se sont, au contraire, manifestées dans les cuves, il faut récurer celles-ci avec une solution de soude caustique, puis les laver et enfin les nettoyer avec de l'acide chlorhydrique ou de l'acide sulfurique pour tuer les bactéries.

Quant au procédé consistant à laver d'abord la cuve à l'acide sulfurique puis à l'enduire de chaux, ainsi que l'auteur l'a vu quelquefois pratiquer, il constitue un pur non-sens au point de vue chimique.

C'est le sulfite acide de chaux qui a donné les meilleurs résultats pour le nettoyage des cuves. On l'emploie de la manière suivante : on rince d'abord la cuve à l'eau, puis on l'enduit avec le sulfite qu'il n'est pas nécessaire d'enlever avant le remplissage de la cuve.

Ajoutons qu'on est absolument dans l'erreur lorsqu'on mélange le sulfite acide de chaux avec un lait de chaux, car il se forme alors du sulfite neutre de chaux qui est complètement insoluble et n'exerce aucune action désinfectante.

Tous les moyens de désinfection restent souvent sans effet sur les vieilles cuves. Cela tient à ce que le bois qui est devenu poreux et friable jusqu'à une certaine épaisseur, s'imbibé de liquide comme une éponge ; le seul remède à employer dans ce cas est de rabotter la cuve jusqu'à ce que l'on atteigne le bois dur et sain.

Les dépôts jaunes que l'on rencontre quelquefois dans les cuves

de fermentation se composent en grande partie de corps gras, d'une matière colorante soluble dans l'éther, etc.

*Cuves à fermenter en tôle.*

La maison P. Kyll, de Cologne-Bayenthal, qui s'occupe tout spécialement de l'installation des distilleries dans les pays chauds, emploie depuis plusieurs années des cuves à fermenter en tôle, munies de réfrigérants-arrosoirs extérieurs.

Par cette disposition, on évite non-seulement les serpentins réfrigérants à placer dans l'intérieur des cuves, dont le maniement est incommode et qui exigent un nettoyage fréquent et minutieux, mais on est aussi à même de raccourcir la durée de la réfrigération du moût saccharifié dans la cuve-matière, en l'achevant dans les cuves à fermenter.

Pour éviter la corrosion du fer par le moût, les cuves sont enduites à l'intérieur d'un vernis inattaquable ressemblant à la porcelaine.

Le prix de revient d'une cuve en fer munie de réfrigération ne dépasse pas celui d'une cuve en bois avec le serpentin réfrigérant, à laquelle elle doit être préférée, parce qu'elle donne non-seulement la faculté de régler à volonté la température pendant la fermentation, mais permet également de maintenir une propreté absolue qui, dans les pays chauds, est particulièrement indispensable pour assurer une marche parfaite.

*La grandeur des cuves de fermentation* peut être très variable, devant forcément dépendre de l'importance du travail de la distillerie.

Ce qu'on peut dire c'est que, d'une part, il ne faut pas employer des cuves de moins de 10 hectos de capacité et que, d'autre part, il vaut mieux ne pas employer des cuves de plus de 50 hectos. La capacité de 35 à 45 hectolitres est généralement adoptée dans la plupart des distilleries allemandes. Ce ne sont que les grandes distilleries de pommes de terre qui possèdent des cuves de 50 hectolitres et cette capacité n'est dépassée que dans les distilleries de mélasses.

On trouve en France et en Italie des cuves ayant jusqu'à 400 hectolitres de contenance, en Autriche-Hongrie elles varient de 60 à 100 hectolitres dans les grandes distilleries de maïs.

*Quant à la forme des cuves de fermentation*, nous dirons qu'il vaut en général mieux avoir des cuves profondes ; ce n'est pas que la hauteur de la cuve influe sur la fermentation elle-même, mais les cuves profondes sont plus avantageuses au point de vue de l'impôt basé sur la capacité des cuves que les cuves plates, par ce que le volume de l'espace perdu est moins considérable dans les premières, quoique on doive lui donner 2 centimètres de hauteur de plus.

*Stenglein* donne dans le tableau suivant quelques dimensions de cuves à fermenter :

Contenance.	Hauteur.	1 cm. de hauteur correspond à
20 hectolitres.	1 m. 30	15,4 litres
23 »	1 35	17,0 »
25 »	1 45	17,2 »
30 »	1 60	18,7 »
32 »	1 65	19,3 »
35 »	1 75	20,0 »
40 »	2 00	20,0 »
45 »	2 20	20,4 »
50 »	2 40	20,8 »

*Stenglein* a aussi publié dans la *Zeitschrift f. Spir. ind.*, année 1884, page 474, un tableau indiquant dans quelle mesure les cuves profondes peuvent contenir un plus grand volume de moût que les cuves plates de même capacité.

#### 11. ADDITION DE LA LEVURE DANS LA CUVE A REFROIDIR.

On a souvent discuté sur les avantages que peut présenter l'addition de la levure dans la cuve à refroidir, mais la plupart des distillateurs la regardent comme avantageuse.

Nous en trouvons l'explication dans ce fait que la levure se multiplie dans la cuve à refroidir.

*Delbrück* estime que le nombre des cellules de levure y devient deux fois plus grand. L'addition de la levure dans la cuve à



refroidir n'a donc pas seulement pour effet de permettre un mélange intime de la levure avec le moût, qui est certainement par lui-même avantageux, mais encore d'augmenter la quantité de levure. Cette opération doit donc être recommandée lorsqu'il est utile de mettre le moût en fermentation avec une grande quantité de levure, ainsi que c'est le cas lorsqu'on a à faire à des moûts très concentrés qui doivent être mis en fermentation à basse température

Si, au contraire, la fermentation pèche par un excès de levure, ainsi que cela peut arriver pour des moûts très dilués, l'addition de la levure dans la cuve à refroidir est pour le moins superflue et quelquefois même nuisible. Ces considérations doivent aussi servir de guides pour la détermination du moment où l'on doit faire l'addition de la levure :

Plus on voudra produire de levure, plus on devra lui laisser de temps pour se développer dans la cuve à refroidir. Cela revient à dire qu'il faut l'y introduire plus tôt.

Dans les usines employant des réfrigérants tubulaires, il faut naturellement introduire la levure dans les cuves de fermentation.

Lorsqu'on opère de cette façon, on peut aussi arriver à multiplier la levure, en commençant par introduire avec elle dans la cuve une première portion de moût qu'on y laisse arriver un peu chaud. La fermentation s'établit alors, la levure se reproduit et l'on peut remplir la cuve avec le reste du moût, en ayant soin de le refroidir assez pour ne pas dépasser la température convenable de mise en fermentation.

## 12. DEGRÉ DE CONCENTRATION LE PLUS CONVENABLE POUR LA MISE EN FERMENTATION.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur les phénomènes de la fermentation, cette question doit être traitée d'une façon différente que dans les éditions précédentes. On pouvait en effet croire autrefois, d'après les données que l'on avait, que le travail à moût dilué donnait un meilleur rendement en alcool que celui à moût épais. Mais depuis ce temps-là, l'auteur a eu l'occasion de faire, en

collaboration avec le docteur *Behrend*, des essais comparatifs à la distillerie de MM. Nagel frères, à Trotha, dirigée par M. Riebe, qui ont donné des résultats absolument opposés aux données que l'on avait jusque-là. C'est ainsi que le travail à moût épais, d'après tous les essais qui ont été faits, a été reconnu supérieur à celui du moût dilué. Ces essais donnèrent en effet les résultats suivants :

a) *La fermentation ne fut pas plus complète dans les moûts dilués que dans les moûts épais.* Voici les résultats trouvés :

Concentration de.....	20,1	15,0	12,5	10	7,5° sacch.
Chute à .....	2,14	1,13	0,93	0,54	0,39 % de sucre
Amidon non fermenté %.	7,0	7,5	7,4	5,4	5,2 %

Il résulte de ces chiffres que la fermentation des moûts à 15 et 12,5° n'a pas en somme différente de celle d'un moût plus épais, de 20° sacch. Les moûts de 10 et 7,5° sacch. semblent bien, il est vrai, avoir subi une fermentation plus complète que les moûts épais, mais ce n'est là qu'une coïncidence, car le chiffre de 5,4 % d'amidon non fermenté, par exemple, se rapportant au moût de 10° est la moyenne de deux essais seulement dont l'un a donné 7 % d'amidon non fermenté et l'autre 3,8 %. Or, on a aussi obtenu la même chute pour un moût épais de 21,5° sacch. Nous sommes donc bien en droit de dire que la fermentation des moûts dilués n'est, en somme, pas plus complète que celle des moûts épais.

L'auteur a fait plus tard des essais qui ont pu le convaincre qu'on peut obtenir des fermentations satisfaisantes avec des moûts encore plus épais. 4 essais, par exemple, faits sur un moût à 24° 2 sacch. donnèrent des fermentations tombant en moyenne à 1,9° sacch. ce qui correspond à une non-fermentation de 8,8 % d'amidon.

b) *Les pertes pendant la fermentation des moûts épais furent moindres que celle des moûts clairs.* Voici les résultats trouvés :

Concentration de.....	20,1	15,0	12,5	10,0	7,5° sacch.
Pertes pendant la fermentation.....	6,5	8,4	13,9	11,5	19,5 %
Soit en plus de la perte du moût épais..	—	1,9	7,4	5,0	13 %

La perte que subissent les moûts dilués pendant la fermentation est donc plus grande que celle des moûts épais.

L'explication de ce fait réside dans cette circonstance que la quantité de produits secondaires qui se forment pendant la fermentation, est proportionnelle non au poids de sucre renfermé dans le moût, mais au volume de celui-ci. C'est ainsi, par exemple, que dans les expériences que nous relatons, l'acidification fut la même pour les moûts épais que pour ceux plus dilués, soit environ  $2 \frac{1}{2}^{\circ}$  à l'acidimètre (1,25 cc. liq. de soude). L'acide lactique ainsi formé, provenant dans les deux cas de la décomposition d'un même poids de sucre, les moûts clairs avaient donc perdu proportionnellement une plus grande quantité de sucre que les moûts épais. C'est pour cette raison que les moûts concentrés donnent un rendement en alcool plus élevé que les jus dilués. Voici quelques chiffres à l'appui de cette assertion :

Concentration de.....	20,1	15,0	12,5	10,0	7,5.	sacch.
Rendement en alcool à 100° par % kgr.						
d'amidon .....	lit. 60,2	55,6	55,5	56,4	53	litres.

L'auteur doit cependant faire observer qu'au moment où ces expériences ont été faites, on ne savait pas encore que l'on doit préparer la levure d'une façon différente suivant qu'elle est destinée à des moûts épais ou dilués et qu'on aurait pu atténuer cette différence, si ne n'est la faire disparaître complètement, en employant une levure appropriée aux moûts dilués. Une addition d'acide sulfurique dans les moûts dilués, ainsi qu'elle se pratique, les aurait peut-être aussi empêchés de gagner autant d'acidité pendant la fermentation.

Dans tous les cas, cependant, les précautions prises n'auraient pu avoir tout au plus pour résultat que de faire disparaître la différence existant entre les rendements des moûts épais et ceux des moûts dilués et n'auraient pas pu rendre ces derniers plus élevés que ceux des moûts épais, de telle sorte qu'il faut toujours regarder comme exact le principe que nous avons énoncé que le travail à moûts dilués n'est pas plus avantageux au point de vue du rendement que celui à moûts épais.

Par contre, le travail à moûts dilués présente de réels désavantages sur celui à moûts épais, à savoir l'emploi d'appareils à

distiller plus grands pour une production d'alcool donnée, entraînant, par suite, une dépense de combustible plus considérable ; il exige des bâtiments plus grands et un outillage plus puissant (bacs, cuves, pompes à jus, etc.). Il a, en outre, pour conséquence la production d'une drèche plus diluée, ayant une valeur nutritive moindre (voir le chapitre relatif à la valeur nutritive de la vinasse).

En résumé toutes ces considérations témoignent contre le travail à moût dilué, sans compter que l'impôt sur la capacité des cuves lui est absolument défavorable.

Les essais que l'auteur a poursuivis de concert avec *Behrend* ne portaient que sur des moûts de pommes de terre, mais l'expérience de plusieurs années de la distillerie de Trotha a prouvé depuis que le travail à moûts épais était toujours avantageux, quelles que soient les matières premières employées.

On peut se demander, enfin, quelle est la limite extrême de concentration qu'on peut atteindre. L'auteur peut répondre à cette question qu'une longue expérience lui a appris que la chute de moûts mis en fermentation à 24° sacch. était encore satisfaisante, et qu'on pouvait même adopter la concentration de 25° sacch., à la condition de refroidir les moûts pendant la fermentation. Cette opération permet d'obtenir avec certitude une bonne fermentation même avec des moûts très épais. Nous savons, en effet, d'après ce qui a été dit précédemment que lorsque le moût s'échauffe au-dessus de 32° C., cette température est fatale à la force fermentative de la levure. Il n'est cependant pas possible de rester en-dessous dans le travail des moûts très épais, à moins de les mettre en fermentation à une température très basse, ce qui n'est pas avantageux à d'autres points de vue. Les moûts qui doivent fermenter complètement, doivent, en effet, dès le commencement fermenter activement et rapidement, ce qui n'est pas le cas quand la mise en fermentation s'est opérée à une température trop froide. Le travail à moûts épais ne peut donc pas être facilité par une mise en fermentation à basse température. La réfrigération pendant la fermentation permet, au contraire, d'adopter au départ une température assez élevée pour que la levure agisse activement et empêche cependant que la température nuisible de 32° ne soit atteinte. Il est réellement surprenant que les fermentations de jus très concentrés

que la réfrigération a permises, n'aient pas convaincu tout le monde de l'utilité de cette opération. Les résultats que l'on a obtenus par ce procédé à la distillerie de Trotha sont remarquables.

Plus un moût est épais plus la fermentation en est pure et franche ; aussi M. Riebe de Trotha regarde-t-il la concentration de 25° sacch. comme celle que l'on doit tâcher d'adopter. Il trouve qu'une même levure permet d'obtenir une chute plus satisfaisante avec des moûts épais qu'avec des moûts dilués, et a reconnu que les premiers produisaient une levure très pure et que les vins ne renfermaient presque pas de bactéries, tandis que les vins provenant de moûts dilués sont pour la plupart du temps infestés d'organismes parasites. *Le travail à moût épais est donc plus rationnel et plus facile à conduire que celui du moût dilué.* L'addition d'acide tartrique préconisée par Adolphe Meyer pour faciliter le travail à moûts épais n'a pas, d'après Hayduck, été sanctionnée par la pratique.

### 13. LE RAFRAÎCHISSEMENT DES MOÛTS PAR ADDITION D'EAU A-T-IL UNE UTILITÉ ?

On appelle rafraîchissement des moûts l'opération qui consiste à leur ajouter, la plupart du temps à la fin de la fermentation principale, une certaine quantité d'eau froide. On a souvent agité et débattu la question de savoir si cette addition d'eau était utile ou non ; un examen plus approfondi nous en prouvera l'efficacité.

Quand on travaille à moûts épais, on doit, ainsi que nous l'avons dit à diverses reprises, éviter une température dépassant 32° C. Comme il n'est pas avantageux d'éviter ce danger en adoptant une température très basse pour la mise en fermentation, on le pare en partie en introduisant de l'eau froide dans le moût, au moment où l'augmentation de température est le plus à craindre. Le rafraîchissement des moûts n'est donc pas une opération à dédaigner, surtout pour les distilleries qui ne sont pas largement pourvues d'appareils réfrigérants ou qui n'ont pas en abondance de l'eau suffisamment froide.

Cette addition d'eau qui abaisse la température du moût, diminue aussi les pertes qui se produisent par évaporation et par la for-

mation d'aldéhydes et d'acide acétique, pertes qui sont d'autant plus importantes que la température est plus élevée.

Les avantages que nous venons d'énumérer, pourraient s'obtenir aussi bien par la réfrigération pendant la fermentation que par le rafraîchissement par addition d'eau ; il semblerait donc à première vue que lorsque la réfrigération est adoptée dans une usine, le rafraîchissement est superflu. Ce n'est cependant pas le cas, car le rafraîchissement offre un troisième avantage que ne présente pas la réfrigération à savoir : *la dilution du moût*. On sait en effet que l'alcool qui se rassemble dans les moûts en fermentation affaiblit les propriétés fermentatives de la levure. Or une addition d'eau vers la fin de la fermentation revient à un affaiblissement de l'action perturbatrice de l'alcool et par suite à un renforcement des propriétés transformatives de la levure. Le rafraîchissement des moûts concentrés est donc utile même quand les cuves à fermentation sont munies de réfrigérants ; lorsque ce n'est pas le cas il est plus nécessaire encore.

Il va sans dire, maintenant, qu'il y a des cas où le rafraîchissement des moûts n'est pas d'une réelle utilité, lorsque, par exemple, les circonstances ont permis de choisir la température de la mise en fermentation, que l'augmentation de température n'a pas été forte et que le moût n'est pas très épais. On se trouve alors dans les conditions voulues de dilution et de température et il est clair qu'on n'a pas à les modifier. Quand, au contraire, on se trouve dans les conditions opposées, le rafraîchissement est indiqué.

L'auteur est à même de donner à l'appui de ce que nous venons de dire quelques exemples montrant l'influence du rafraîchissement et de la réfrigération.

Concentration des moûts environ 24° sacch. :

	Température de mise en fermentation.	Température maxima.	Rendement en alcool.	
Essai I sans réfrigération.. . . .	} ... { 19° C.	35° C.	8,91	
» II sans rafraîchissement.. . . .		37,5 »	9,03	
» III sans réfrigération.....	} ... { 19 »	36 »	9,4	
» IV avec rafraîchissement... ..		37,5 »	9,4	
» V avec réfrigération.....	} ... { 26 »	32,5 »	10,5	
» VI avec rafraîchissement.. . . .		33 »	10,5	
<hr/>				
Essai VII	{ avec réfrigération.....	26	34,5	9,48
	{ sans rafraîchissement...	26	34,5	9,93

Nous devons faire remarquer que les exemples que nous venons de citer ne représentent pas des conditions normales, car une température de mise en fermentation de 19° C. pour des moûts de 24° sacch. fermentant sans réfrigération est trop élevée; la preuve en est dans la température de 37,5° qui a été atteinte pendant la fermentation. On peut en dire autant de la température de mise en fermentation des essais V et VI et l'on ne peut savoir quels auraient été les résultats du rafraîchissement si ces températures avaient été de 14 à 15° pour les moûts ne devant pas être refroidis et de 20 C. pour ceux devant l'être. Ce qu'il faut retenir de ces expériences c'est que le rafraîchissement est d'une grande utilité pour les moûts concentrés mis en fermentation à une température élevée.

#### 14. FERMETURE DES CUVES PENDANT LA FERMENTATION.

La fermeture des cuves à fermenter que le fisc autorise, en général, après la fin de la fermentation principale, a pour but de diminuer la déperdition de chaleur; elle devrait être pratiquée dans toutes les distilleries où l'on a à craindre un refroidissement notable pendant la fermentation complémentaire. C'est surtout pendant l'hiver alors que les salles de fermentation sont froides que cette opération est le plus utile.

Par contre, la couverture des cuves est absolument nuisible, lorsque le moût a atteint une température très élevée ainsi que cela arrive pour les moûts épais.

La fermeture des cuves n'a pas d'autre objectif que celui de la conservation de la chaleur; l'idée qui s'est perpétuée, que cette opération est favorable au moût en fermentation par ce qu'elle le soustrait au contact de l'air est absolument fautive, car un couvercle en bois posé sur les bords d'une cuve n'empêche pas l'accès de l'air. De plus il est loin d'être démontré qu'une cuve qu'on aurait mise en fermentation et dans laquelle on aurait ensuite empêché l'air d'entrer, en retirerait quelque avantage. M. Nagel à Trotha n'a pas remarqué la moindre différence entre la marche de diverses fermentations qui s'étaient accomplies les unes dans des cuves ouvertes, les autres dans des cuves recouvertes avec des couvercles en zinc. Quand on veut faire des expériences dans cet ordre d'idées, il faut préparer le moût dès le commencement et le

refroidir ensuite à l'abri de l'air, conditions que l'on peut parfaitement réaliser, soit dit en passant, avec l'appareil de Bohm.

Reste à savoir, d'ailleurs, si l'absence complète d'air ne constituerait pas plutôt un inconvénient qu'un avantage.

15. QUELLE EST EN PRATIQUE LA PROPORTION D'AMIDON QUI NE FERMENTE PAS SUR 100 PARTIES MISES EN ŒUVRE

Il a été fait un grand nombre d'essais sur la marche de la fermentation desquels on a pu retirer les indications suivantes :

La concentration du moût était de 20° sacch.

I. PROCÉDÉ DE HOLLEFREUND.

Proportion d'amidon n'ayant pas fermenté sur 100 parties mises en œuvre .....	{	minimum .....	3,8 %
		maximum .....	9,0 »
		moyenne .....	7,0 »

II. PROCÉDÉ DE BOHM.

Proportion d'amidon n'ayant pas fermenté sur 100 parties mises en œuvre.....	{	minimum .....	4,4 %
		maximum .....	9,1 »
		moyenne .....	7,2 »

III. PROCÉDÉ DE HENZE.

Proportion d'amidon n'ayant pas fermenté sur 100 parties mises en œuvre.....	{	minimum .....	4,6 %
		maximum .....	11,7 »
		moyenne .....	8,1 »

Il résulte de ces chiffres :

1° Qu'il n'existe pas de différence entre les différents procédés de saccharification au point de vue des résultats de la fermentation.

Cela se conçoit aisément, car tous les nouveaux appareils à saccharifier sont bons, et l'on ne doit vraiment pas attribuer aux appareils les fermentations incomplètes pouvant se produire.

2° La proportion moyenne d'amidon non transformé que ne doivent pas dépasser les distillateurs travaillant bien est de 7 p. % de l'amidon mis en œuvre.

Cette proportion correspond à l'indication saccharométrique de 1,5° pour des moûts de pommes de terre mis en fermentation à 20° sacch.



On peut admettre la même proportion d'amidon non transformé dans les moûts de maïs ayant bien fermenté, mais il est à remarquer que le degré qu'indique le saccharomètre est la plupart du temps inférieur à celui-ci. Cette amélioration dans la chute n'est du reste qu'apparente car, lorsqu'on admet que l'indication du saccharomètre correspond à la quantité de sucre contenu dans le moût, c'est qu'on se base sur ce fait que la teneur moyenne en alcool, soit 9 % environ pour les moûts de pommes de terre, compense l'augmentation de poids spécifique due aux matières non sucrées. C'est ainsi, par exemple, que l'indication de 1,5 du saccharomètre correspond non à 1,5 % de matières solides, mais à 3 %, sur lesquels 1,5 % sont fermentescibles, et si elle concorde avec la teneur en sucre du moût, c'est que la quantité d'alcool que contient celui-ci abaisse assez son poids spécifique pour que le saccharomètre n'indique que 1,5° au lieu de 3 % de matières sèches. Or, comme les moûts de maïs contiennent moins de matières non sucrées que ceux de pommes de terre, le degré saccharométrique qu'ils indiquent, pour une même quantité de sucre dissoute, est moindre que celui de ces derniers, c'est ainsi qu'une chute à 0° pour un vin de maïs correspond à une chute à 1,5 sacch. pour un moût de pommes de terre.

L'idée généralement répandue que la fermentation des moûts de maïs est plus complète et plus simple que celle des moûts de pommes de terre, doit être considérée comme un préjugé et, lorsqu'on veut comparer la chute d'un moût épais de maïs à celle d'un moût de pommes de terre, on doit toujours ajouter 1,5 à l'indication saccharométrique qu'a donnée le moût de maïs.

#### 16. PERTES DE LA FERMENTATION.

Nous avons appris dans le paragraphe précédent que sur 100 parties de sucre, 7 ne fermentent pas, si donc on retranche cette quantité de sucre de celle mise en œuvre et qu'on admette qu'il ne s'est pas produit de transformations non alcooliques, on pourra obtenir le rendement en alcool en le calculant sur la base théorique connue de 71,6 litres d'alcool à 100° par 100 kgr. d'amidon.

Malheureusement la décomposition du sucre n'est pas aussi pure et il se forme, à côté de l'alcool, une certaine quantité de produits

secondaires qui diminuent le rendement en alcool. Maercker avait jusqu'ici assimilé cette question à celle de la pureté de la fermentation et admettait que le quotient de pureté indiquait combien, sur 100 parties de sucre ayant fermenté, il y en avait qui s'étaient décomposées suivant les règles de la fermentation purement alcoolique.

Prenons un exemple pour mieux expliquer notre pensée : admettons que sur 100 parties d'amidon mis en œuvre, il y en ait 7 qui n'aient pas fermenté et que les 93 autres parties aient donné 53,59 litres d'alcool à 100°. Comme 100 kgr. d'amidon, en se transformant d'après les règles de la fermentation alcoolique pure, donnent 71,60 litres d'alcool à 100°, le rendement théorique de ces 93 parties d'amidon devrait être 66,58 litres et le quotient de pureté  $\frac{53,59 \times 100}{66,58} = 80,5$  signifie que sur 100 parties de sucre ayant fermenté, 80,5 se seraient transformées en alcool et que 19,5 % ont donné naissance à des produits accessoires ou se sont perdues d'une autre façon.

Maercker désirerait ne pas maintenir à l'avenir le terme de « quotient de pureté » qui n'est pas complètement exact, car dans ce chiffre sont comprises certaines pertes de sucre qu'on ne peut éviter, telles que celles qui sont occasionnées par la croissance et la respiration de la levure et quelques autres qui n'ont aucun rapport avec la pureté de la fermentation, comme celle qui provient de l'évaporation.

Il propose donc de substituer à l'expression de « quotient de pureté » celui de : *Pertes d'alcool*.

Les pertes d'alcool qui se produisent pendant la fermentation proviennent :

- 1° *De la fermentation lactique.*
- 2° *De la fermentation butyrique.*
- 3° *De la formation d'acide acétique et d'aldéhydes.*

Remarquons, en passant, que d'après deux essais qui ont été faits par Maercker en collaboration avec *P. Schulze*, la perte moyenne d'alcool provenant de la formation d'acide acétique et d'aldéhydes est de 3,43 %.

- 4° *De la formation de fusel.*

Quoiqu'on ne connaisse pas les causes et les conditions de la production du fusel, il faut cependant bien admettre qu'il se forme en partie aux dépens des matières fermentescibles.

5° *Des quantités de sucre nécessaires à la croissance de la levure.*

Il va sans dire que cette perte là ne peut être évitée. Il faut aussi ranger dans cette catégorie de pertes celles qui proviennent de la fermentation elle-même, car il est clair que l'acide succinique et la glycérine qui, d'après Pasteur, se forment en quantité constante pendant la fermentation, se produisent aux dépens du sucre.

6° *De l'action respiratoire de la levure qui oxyde une certaine quantité de sucre, à l'aide d'oxygène qu'elle emprunte directement à l'atmosphère.*

7° *De l'évaporation d'alcool qui se produit en quantité appréciable pendant la fermentation.*

Lorsqu'on abandonne pendant quelques jours dans un vase ouvert une solution alcoolique à 8 à 10 %, à une température de 32 à 35° C., il est clair qu'il doit se produire une évaporation d'alcool assez forte. Or cette évaporation est encore augmentée par l'acide carbonique chaud qui se dégage tumultueusement pendant la fermentation.

Les exemples qui suivent, nous fixeront sur l'importance de ces pertes.

Expériences faites par *Erck*, dans des vases ouverts et dans d'autres fermés :

	Proportion d'alcool contenue dans les moûts après fermentation.		
	Bouteille fermée.	Cuve ouverte.	Perte.
1 <sup>er</sup> Essai.....	9,3 % en vol.	8,9	0,4 d'alcool.
2 <sup>e</sup> » .....	9,3 »	8,9	0,4 »
3 <sup>e</sup> » .....	9,4 »	9,0	0,4 »

Lorsque des moûts fermentent rapidement et sont ensuite abandonnés avec leur forte proportion d'alcool à une température élevée, il peut en résulter des pertes importantes. C'est ainsi, par exemple, qu'à Trotha une mélasse qui avait été mise en fermentation à 24° C. avait fermenté activement et s'était échauffée à 39 degrés pendant cette fermentation :

Elle renfermait à la fin de la fermentation, c'est-à-dire au bout du 2 <sup>e</sup> jour.....	9,60 % d'alcool.
à la fin du 3 <sup>e</sup> jour, elle contenait.....	9,15 »
<b>Perte.....</b>	<b>0,45 % d'alcool.</b>

Ces chiffres montrent que les pertes résultant de l'évaporation de l'alcool ne sont pas insignifiantes et elles sont naturellement d'autant plus grandes, que la température est plus élevée, aussi est-il probable que les meilleurs rendements en alcool que l'on obtient en refroidissant les moûts pendant la fermentation, sont dûs à une diminution de l'évaporation de l'alcool.

**EXEMPLE D'UN CALCUL DES PERTES DE LA FERMENTATION.**

30 quintaux métriques de pommes de terre ont été mis en œuvre.

Amidon total.....	536,90 kgr.
Amidon non dissous.....	14,73 "
<hr/>	
Amidon dissous.....	522,17 kgr.
Amidon n'ayant pas fermenté.....	29,79
<hr/>	
Amidon ayant fermenté.....	492,38 kgr.

Le rendement théorique de ces 492,38 kgr. calculé sur la base de 71,6 litres d'alcool à 100° par kgr. d'amidon aurait été de..... 353,05 l. à 100°.

Le rendement de la distillerie à été de ..... 301,61 "

Différence ..... 51,44 l. à 100°.

Perte ..... 14,6 %

Voici quelques exemples de pertes de fermentation qui ont été calculées de la façon précédente :

**EXEMPLES DE PERTES MOYENNES.**

Concentration du moût.	Perte.
20° sacch.	12,0 %
20°,4 "	14,0 "
20° "	13,1 "
20° "	15,6 "
20° "	13,8 "
<hr/>	
Moyenne..... 20°,1 sacch.	13,7

**EXEMPLES DE PERTES TRÈS MINIMES :**

Concentration des moûts.	Pertes.
20° sacch.	5,5 %
19°,4 "	4,7 "
19°,5 "	6,7 "
20°,1 "	7,7 "
20,0 "	8,5 "
<hr/>	
Moyenne ... 20°,1 sacch.	Moyenne.... 6,5 %

La réfrigération pendant la fermentation réduit sensiblement les pertes :

Pertes	
sans réfrigération	avec réfrigération.
15,6 %	9,5 %
8,8 %	7,1 %

Les pertes que subissent les moûts épais pendant la fermentation, sont inférieures à celles des moûts dilués :

Concentration.	Perte.
20,1 sacch.	6,5 %
15, »	8,4 »
12,5 »	13,9 »
10,0 »	11,5 »
7,5 »	19,5 »

Voici maintenant comment varient en moyenne les pertes suivant la plus ou moins bonne marche de la fermentation :

Marche excellente .....	5 à 10 %
» bonne.....	10 »
» moyenne.....	10 à 15 »
» mauvaise.....	20 »

La perte la plus forte qui ait été observée par l'auteur est celle de 25,7 p. %.

La perte qui se produit pendant une fermentation moyenne, ne dépasse donc pas 15 p. %, d'après les résultats donnés plus haut ; les distillateurs travaillant convenablement ne doivent même pas y arriver. Quant aux pertes de 20 p. % et au-delà, elles ne sont heureusement plus à redouter maintenant, grâce aux progrès qu'à faits la fabrication de l'alcool.

17. QUEL EST DANS L'ÉTAT ACTUEL D'AVANCEMENT DE L'INDUSTRIE DE LA DISTILLERIE LE RENDEMENT EN ALCOOL QUE L'ON PEUT ESPÉRER OBTENIR DE 100 KGR. D'AMIDON.

On se contentait autrefois pour suivre le travail d'une distillerie, de se rendre compte du rendement en alcool qu'avaient donné 100 litres de moût ; mais ce procédé ne donnait aucune indication

sur la façon dont avaient été utilisées les matières premières, car on peut obtenir un moût très chargé d'alcool sans pour cela tirer bon parti de la matière première.

C'est pourquoi on doit lui préférer un calcul donnant le rendement en alcool de 100 parties d'amidon mises en œuvre, calcul qui joint aux chiffres indiquant la quantité d'alcool obtenue par rapport au volume du moût, fait ressortir la plus ou moins bonne utilisation des matières premières.

Les chiffres que nous citons ci-dessous ont pour source, en partie, les propres expériences de Maercker et, en partie aussi, les communications de *Delbrück* qui ont déjà été reproduites dans la première édition de ce manuel.

On a obtenu de 100 kgr. d'amidon de matières premières, pommes de terre ou maïs, (y compris le malt nécessaire à la saccharification et à la préparation de la levure) les quantités suivantes d'alcool à 100° :

	Moyenne.	Minimum.	Maximum.
D'après l'ancien procédé. ...	41,6	34,9	52,4 lit. à 100°
» le procédé Hollefreund.	51,5	45,2	58,8 »
» » de Bohm...	53,8	50,7	57,8 »
» » de Henze...	50,1	43	57,6 »

Ces rendements correspondent aux proportions suivantes du rendement théorique (71.6 d'alcool à 100° par 100 kilos. d'amidon).

	Moyenne.	Minimum.	Maximum.
Ancien procédé.....	58,0	48,7	72,9 % du rendement théorique.
Procédé de Hollefreund	71,8	63,0	82,0 »
» de Bohm...	75,1	70,7	80,6 »
» de Henze...	69,9	60,0	80,4 »

Nous allons donner les résultats d'expériences plus nouvelles qui montreront les progrès qu'on a pu réaliser, grâce aux nouveaux appareils à haute pression et aux broyeurs, qui ont permis d'obtenir une plus grande quantité d'amidon saccharifiable, aux perfectionnements apportés dans la fabrication de la levure, et surtout aux soins consacrés à toutes les opérations de la fabrication, même les plus petites.

Concentration moyenne des moûts 20.4" sacch.

	Quantité d'alcool à 100° par 100 kilos. d'amidon.	Proportion en cent <sup>m</sup> du rendement théorique.
17 Mars..	61,8 lit. à 100°	86,2 %
18 "	61,5 "	85,7 "
19 "	59,9 "	83,5 "
21 "	59,3 "	82,7 "
22 "	58,5 "	81,6 "
23 "	60,1 "	83,8 "
25 "	57,1 "	79,6 "
26 "	60,2 "	83,9 "
29 "	60,7 "	84,7 "
30 "	57,0 "	79,4 "
31 "	58,7 "	81,9 "
Moyenne....	59,5 litres. à 100°	83 %

Ces expériences ont été faites par *Behrend* et par *Mäercker* sur des moûts épais et ont donné à la vérité des résultats plutôt meilleurs que ceux que l'on obtient en pratique. Voici cependant des rendements de la distillerie de Trotha travaillant avec des appareils *Hollefreund*, qui ne s'écartent pas trop de ceux que nous venons de citer et peuvent être considérés comme des rendements moyens :

Concentration.	Rendement par 100 kgr. d'amidon.	Perte.	Proportion du rendement théorique
20° sacch.	58,7 litres. 100°	12,0	80,6 %
20 <sup>b</sup> 4 "	55,8 "	14,0	77,8 "
20° "	56,7 "	13,1	79,1 "
20° "	55,1 "	15,6	76,8 "
20° "	57,4 "	13,8	80,1 "
Moyenne....	56,6 litres à 100°	13,7	78,9 %

Si nous voulons maintenant donner un aperçu des rendements obtenus suivant que le travail est bon, moyen ou mauvais, nous indiquerons les chiffres suivants :

<i>Bon travail</i> .....	rendement de 60 litres d'alcool à 100° par 100 kgr. d'amidon.		
<i>Travail moyen</i> ...	" 55	"	"
<i>Mauvais travail</i> ..	" 50	"	"

**BILAN GÉNÉRAL DE L'ENSEMBLE DES OPÉRATIONS DE LA  
FABRICATION DE L'ALCOOL.**

Nous venons d'étudier dans les paragraphes précédents la plus ou moins grande perfection que l'on peut atteindre dans chaque opération de la fabrication de l'alcool et nous avons vu que chacune de ces opérations donnait des pertes que nous allons résumer :

1° Il y a une certaine quantité d'amidon que la cuisson ne rend pas saccharifiable, environ 1,5 % quand le travail est bon, 3 % quand il est moyen et 4,5 % quand il est mauvais.

2° Il y a aussi une certaine quantité du sucre obtenu par la saccharification qui ne fermente pas, on peut l'évaluer, suivant que la marche de la fermentation est bonne, moyenne ou mauvaise, à 4-7-12 % du sucre et de la dextrine dissous.

3° Enfin il se perd pas suite du sucre qui se transforme en produits accessoires, de l'alcool qui s'évapore, etc., etc., 10-15-20 % du sucre décomposé par la fermentation, suivant que le travail est bon, moyen ou mauvais.

Si donc nous réunissons les diverses pertes qui se produisent pendant le cours de la fabrication, nous arrivons aux chiffres suivants :

	Bon travail.	Travail moyen.	Mauvais travail.
Amidon mis en œuvre .....	100 parties	100	100
Sur lesquelles restent non saccharifiées ...	1,5 »	3,0	4,5
	<hr/>		
	98,5 parties	97	95,5
Sur lesquelles ne fermentent pas (4-7-12 %)	3,9 »	6,8	11,5
	<hr/>		
	94,6 »	90,2	84
Dont il faut encore déduire par suite des fermentations secondaires et des pertes (10-15-20 %) .....	9,5 »	13,5	16,8
	<hr/>		
	85,1 parties	76,7	67,2

Les résultats trouvés en déduisant ainsi successivement les pertes qui se produisent, n'indiquent pas autre chose que les proportions en centièmes des rendements théoriques.



Nous résumerons le tableau précédent en disant que sur 100 kgr:  
d'amidon mis en œuvre, on obtient les rendements suivants :

	Proportion du rendement théorique.	Rendement en alcool.
<i>En travaillant bien.....</i>	85,1 %	60,5 litres à 100°
» <i>moyennement</i>	76,7 »	55,0 »
» <i>mal.....</i>	67,2 »	48,0 »

## CHAPITRE VII.

### DU CALCUL DE RENDEMENT.

---

Nous devons commencer par dire que, dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de déterminer à l'avance les rendements et à l'appui de ce que nous avançons, nous n'avons qu'à rappeler :

1° *Qu'une certaine proportion de l'amidon mis en œuvre n'est pas saccharifié ;*

2° *Que tout le sucre ne fermente pas ;*

3° *Qu'enfin, une certaine quantité de sucre ayant fermenté n'est pas transformée en alcool, par suite du sucre que la levure exige pour pouvoir se développer, de celui qu'absorbent les fermentations secondaires et de la quantité qui est oxydée par suite des propriétés oxydantes de la levure. Il faut encore ajouter à ces pertes celle qui provient de l'évaporation de l'alcool*

On ne peut donc pas dire à l'avance d'une manière sûre qu'une certaine quantité d'amidon mise en œuvre ou en fermentation doit nécessairement donner tel ou tel rendement. Ce sont ces considérations qui nous ont engagés à ne pas accorder de place dans cette édition au procédé *Balling*, basé sur l'atténuation, pour déterminer les rendements. Quant au calcul que nous allons indiquer, il a pour but,

non de faire connaître à l'avance un rendement, mais de permettre de se rendre compte combien un rendement obtenu en pratique se rapproche du rendement théorique. Il consiste à calculer combien 100 kgr. d'amidon ont donné de litres d'alcool à 100°.

Le premier élément de tout calcul de rendement est dans la détermination de la quantité d'amidon contenue dans les matières premières, et le second est la comparaison du rendement obtenu avec celui que l'on aurait pu obtenir théoriquement.

Commençons d'abord par donner quelques explications sur ce que nous appelons le rendement théorique : 100 kgr. d'amidon après s'être transformés en sucre, en s'emparant de la quantité voulue d'eau, et à la condition de donner lieu à une fermentation alcoolique absolue, peuvent produire :

71.61 litres d'alcool à 100°

Ce rendement ne peut être atteint en pratique, car on ne peut guère songer à obtenir une fermentation alcoolique absolue. D'après les essais de *Pasteur*, par exemple, il y a régulièrement 4 à 6 parties du sucre fermenté qui ne sont pas transformées en alcool, et l'on se rapprocherait par suite de la vérité en fixant à 67,1 litres au lieu de 71,6 litres la quantité maxima d'alcool que peuvent donner dans la pratique 100 kgr. d'alcool. Cependant *Pasteur* ayant opéré la plupart du temps avec de très petites quantités de levure, cultivées dans des solutions sucrées pures, ces essais ne peuvent pas trop servir de bases pour des opérations pratiques.

On pourrait aussi adopter comme base de comparaison, non le rendement théorique, mais celui que l'on atteint en pratique ; mais selon nous ce serait justement de toutes les bases qu'on puisse choisir, la moins sûre. De plus, prendre comme base le rendement moyen, ne serait-ce pas éveiller trop facilement l'idée qu'on ne peut pas en général obtenir davantage, et ne serait-ce pas arrêter l'industrie de la distillation dans son essor vers le progrès ? On se regarderait, en effet, comme satisfait quand on aurait atteint le rendement moyen, sans penser qu'on ne serait en somme arrivé qu'à un résultat que d'autres auraient obtenu en faisant de nombreuses fautes. En un mot on perdrait de vue le rendement auquel on peut arriver.

On n'a, pour se convaincre de ce que nous disons, qu'à se reporter au chapitre précédent, et à remarquer combien les rendements maxima peuvent dépasser (et cela arrive bien souvent) le rendement moyen.

En adoptant cette base on n'aurait pour résultat que de troubler les idées.

Il faut aussi rejeter l'adoption pour terme de comparaison des  $\frac{3}{4}$  ou des  $\frac{4}{5}$  du rendement théorique; ce sont là des bases arbitraires et élastiques pouvant servir à se duper soi-même, car lorsqu'on n'obtiendrait pas le rendement théorique, on adopterait la base des  $\frac{3}{4}$  et ainsi de suite.

*C'est pourquoi la seule base rationnelle du calcul de rendement est l'adoption pour terme de comparaison du rendement théorique, soit 71,6 litres d'alcool à 100° par 100 kilos d'amidon.*

Après avoir commencé par élucider ce point, occupons-nous du calcul de rendement lui-même. Il s'établit de la façon la plus simple quand on connaît exactement la quantité d'amidon que contient la matière première employée, comme c'est le cas quand on travaille du maïs ou du seigle. Le seul élément qui n'est pas absolument exact dans ce calcul est la proportion d'amidon du malt dont on ne peut pas faire l'analyse à chaque opération et pour lequel on est obligé d'adopter des chiffres moyens.

On admet, en général, que le malt vert contient 40 % d'amidon et le malt sec 68 %. L'auteur avait proposé dans les éditions précédentes de cet ouvrage de faire une distinction entre les quantités d'amidon contenues dans le malt servant à la saccharification et celui employé à la préparation de la levure, et son opinion était basée sur ce que, par suite de l'acidification et de la croissance de la levure, une quantité sensible du malt servant à la reproduction de la levure n'était pas transformée en alcool. Mais on sait maintenant que la reproduction de la levure est pour le moins aussi active dans les moûts en fermentation que dans les levains, et il n'y a dès-lors plus de distinction à faire entre le malt destiné à la préparation de la levure et celui devant servir à la saccharification des moûts. On peut donc dans les deux cas se baser sur les proportions d'amidon citées plus haut, soit : 40 % pour le malt vert et 68 % pour le malt sec.

Un compte de rendement s'établira alors de la façon suivante :

Supposons, par exemple, qu'on ait mis en œuvre

1000 kgr. de maïs à 63 % d'amidon.....	630 kgr. d'amidon
200 kgr. de malt vert (saccharification et préparation de la levure) à 40 % d'amidon.....	80 kgr.

On a mis en œuvre en tout..... 710 kgr. d'amidon

Si ces 710 kgr. ont donné 3 h<sup>00</sup> 948 d'alcool à 100° le rendement sera de  $\frac{3,498 \times 100}{710} = 55,6$  litres par % kgr. soit 77,6 % du rendement théorique, celui-ci devant être de 71,6 litres à 100.

Le calcul que nous venons de faire est absolument exact lorsqu'on connaît la teneur en amidon de la matière première employée, et celle-ci est toujours facile à déterminer quand il s'agit de grains qui s'achètent par grosses parties, peuvent se mélanger sans peine, sont secs et réguliers et qu'on peut prendre pour base l'analyse d'un échantillon moyen. Il en est tout autrement quand la matière première est la pomme de terre.

Tout d'abord, c'est une erreur de croire que la méthode d'évaluation de la proportion d'amidon basée sur les poids spécifiques soit très exacte et même d'une exactitude approchante.

Cette méthode, ainsi que nous l'avons exposé dans un chapitre précédent, pratiquée avec toutes les précautions désirables, ne peut donner que des résultats exacts  $\pm$  à 2 % d'amidon près. Ajoutons encore qu'il est fort difficile de prélever un échantillon moyen représentant bien la partie de pommes de terre à mettre en œuvre et que les pesées sont peu exactes, les pommes de terre entraînant bien souvent avec elles un peu de terre et dans tous les cas une certaine quantité d'eau provenant du lavage. Il en résulte donc qu'alors même que la méthode des poids spécifiques donnerait des résultats absolument exacts, la détermination de la quantité d'amidon ne serait pas certaine. A plus forte raison, ne l'est-elle pas, puisque cette méthode ne fournit que des données approximatives. Cette incertitude sur les éléments du calcul de rendement, tel qu'il vient d'être établi, a fait faire à Maercker bien des essais infructueux qui l'ont amené à conclure qu'il fallait procéder autrement pour calculer le rendement des pommes de terre. Voici qu'elle est la voie qu'il propose de suivre : C'est de prendre pour base la quantité de sucre qui se trouve dans les jus

après saccharification. On a, en effet, à ce moment, grâce à l'action des agitateurs, une masse bien mélangée et bien homogène dans laquelle on peut facilement prélever un échantillon moyen donnant toute certitude sur la composition du jus (c'est d'ailleurs ainsi qu'on procède dans la plupart des cas).

Il faut avoir soin pour obtenir des résultats exacts de prélever l'échantillon destiné à l'analyse avant l'addition de levure, car celle-ci commence aussitôt à se nourrir aux dépens du sucre et pour peu qu'on attende un peu avant de prendre l'échantillon on trouverait une quantité de sucre trop faible. L'échantillon moyen ne représenterait du reste pas fidèlement la composition de la masse, car il est bien difficile d'obtenir un mélange intime de la levure avec le jus, même en la brassant énergiquement, d'autant plus que la levure a toujours la tendance de monter à la surface. On doit donc déterminer le volume du moût et en prendre l'échantillon avant d'y ajouter la levure. On calcule la teneur en amidon d'après celle en sucre que l'on obtient par l'analyse directe, et l'on ajoute à ce chiffre la quantité d'amidon contenue dans le malt d'après le chiffre moyen que nous avons déjà indiqué.

Cette méthode donne un résultat plus sûr que lorsqu'on se contente de prendre le degré saccharométrique du jus filtré. Nous avons, en effet, en étudiant la composition des pommes de terre, insisté sur ce fait que les pommes de terre ont, suivant les circonstances, des quotients de pureté très divers, ce qui revient à dire que la substance sèche des pommes de terre est composée d'une plus ou moins grande quantité d'amidon. Si ce quotient était une constante, l'indication saccharométrique serait absolument exacte; mais comme ce n'est pas le cas, cette méthode ne peut pas être employée pour des recherches exactes. Par contre, elle est suffisante pour donner en pratique une indication approximative.

Avant d'exposer un exemple de calcul, nous devons encore faire remarquer que le degré saccharométrique n'indique pas le degré pour cent de sucre et que pour fournir cette donnée, il doit être préalablement corrigé. Tous les éléments solubles agissent en effet sur le saccharomètre, et s'ils se composent, en grande partie, de maltose et de dextrine, ils n'en contiennent pas moins aussi une certaine quantité de corps n'appartenant pas à la famille des

sucres. D'après un grand nombre d'essais pratiqués sur des échantillons de moûts et de pommes de terre, on a pu se rendre compte que le quotient de pureté est d'autant plus grand, c'est-à-dire que 100 parties de substances sèches du jus contiennent d'autant plus d'hydrates de carbone, que les pommes de terre ayant servi de matières premières sont elles-mêmes riches en substance sèche, autrement dit, que plus une pomme de terre est riche en amidon, moins elle renferme de combinaisons étrangères.

Le quotient est donc d'autant plus élevé que la pomme de terre est plus riche en amidon.

Voici quels sont les quotients des moûts de pommes de terre (avant l'addition de la levure) :

	Degrés sacch.	Quotients.
Moûts provenant de pommes de terre très riches.	(22—24)	= 90
» » riches ....	(18—22)	= 85
» » moyennes.	(16—18)	= 82

Ces chiffres signifient qu'un jus marquant par exemple 20° au saccharomètre et préparé avec des pommes de terre contenant 20 % d'amidon, renferme, non pas 20 % de sucre, mais  $\frac{20 \times 85}{100}$  = 17 % de sucre et que s'il provient de pommes de terre très riches en amidon, il contient :

$$\frac{20 \times 90}{100} = 18 \% \text{ de sucre.}$$

Il est donc évident que l'on doit, à l'aide de ces quotients, rectifier les indications du saccharomètre. Lorsqu'une fois on a la teneur en sucre, la proportion d'amidon est fournie par le rapport  $\frac{10}{9}$ .

Après ces explications préliminaires, examinons comment nous établirons un de ces comptes de rendement.

La première opération à effectuer est la détermination du volume de moût dans la cuve à saccharifier, car le système de Henze étant généralement répandu, on peut admettre que la plupart des distilleries sont munies d'une cuve à saccharifier.

Il faut mesurer une fois pour toutes la capacité de cette cuve en la remplissant avec de l'eau de la manière la plus commode et

noter sur une règle divisée la hauteur du liquide. Quand on veut déterminer le volume d'un moût, on n'a alors qu'à y plonger cette règle, voir quelle est la division à laquelle arrive le liquide et lire sur une table préparée à l'avance à quel volume cette division correspond. Lorsque la cuve est munie d'un réfrigérant, on procède au mesurage du jus après refroidissement et immédiatement avant l'introduction de la levure. Si ce n'est pas le cas, il faut rectifier les indications du saccharomètre qui sont basées sur une température de  $17,5^{\circ}$  C. Si l'on suppose que le moût se dilate et se contracte dans la même mesure que l'eau, 1000 litres de moût à  $60^{\circ}$  par exemple (température de la saccharification) n'occuperont que 985 litres à  $17^{\circ} \frac{1}{2}$  C., c'est-à-dire qu'ils subissent une contraction de  $1 \frac{1}{2}$  %. On a encore à tenir compte dans le calcul d'un autre fait, qui fausserait les résultats si on le passait sous silence, c'est que l'observation saccharométrique s'effectue sur le liquide filtré, tandis que la détermination du volume se fait sur le moût contenant en suspension les matières solides insolubles.

Il y a donc de ce chef encore une rectification à faire aux chiffres trouvés, qui malheureusement présente des difficultés, cette proportion de matières en suspension étant fort irrégulière. On croyait autrefois que la quantité de marc était proportionnelle à la teneur en amidon des pommes de terre, mais, d'après les expériences les plus nouvelles, il paraîtrait plutôt que, dans un volume donné de pommes de terre, cette quantité est, à quelque chose près, toujours la même, de telle sorte que la proportion de marc par rapport à une même quantité d'amidon est moins grande quand la pomme de terre est riche en amidon, que quand elle est pauvre. Il est donc clair aussi que si, en laissant complètement écouler l'eau de condensation de pommes de terre pauvres en amidon, on arrive à préparer un moût aussi concentré que celui provenant de pommes de terre plus riches, on aurait dans le premier cas un moût contenant plus de marc que dans le second. Le calcul de la proportion de marc, d'après le poids spécifique ou le volume de moût, est donc entaché de nombreuses sources d'erreurs; il serait, par contre, beaucoup plus facile à établir d'après le volume des pommes de terre et le poids de l'orge employés. Malheureusement ce calcul ne peut pas être établi sur ces bases, faute de notions suffisamment



complètes sur ce sujet et c'est là une lacune qu'il est bien désirable de voir combler.

N'ayant pas de base rationnelle pour déterminer par le calcul la proportion de marc contenue dans le moût, il faut se contenter des données de la pratique et adopter le chiffre de 3 % du volume du moût qu'elle regarde comme suffisamment exact, à la condition toutefois qu'il s'agisse de pommes de terre de composition moyenne et qu'on ait eu soin de laisser écouler autant que possible l'eau de condensation. Ce chiffre de 3 % ne serait pas suffisant si l'on avait à faire à des pommes de terre très pauvres en amidon. L'auteur doit d'ailleurs faire observer que cette donnée est plus le résultat d'une appréciation que d'une observation exacte ; il ne faut donc l'estimer qu'à sa juste valeur.

Les indications du saccharomètre se rapportent au poids de sucre contenu dans 100 gr. de moût, mais elles doivent subir une correction par suite de ce fait que les solutions sucrées ont un poids spécifique supérieur à celui de l'eau : 1000 litres de moût à 20 % de sucre, par exemple, ne renferment pas 200 kilogr. de sucre, car d'après le tableau que nous avons donné dans le premier volume de cet ouvrage, 1000 litres de solution sucrée à 20<sup>o</sup> sacch ne pèsent pas 1000 kilos, mais 1083,2 kilos.

Nous avons maintenant toutes les données voulues pour pouvoir apporter aux éléments de notre calcul les corrections nécessaires, nous pouvons donc procéder à un exemple.

Supposons que nous ayons :

Pour volume du moût dans la cuve à saccharifier .....	3200 lit.
Température au moment du mesurage.....	60° C.
Degré saccharométrique à la température normale.....	22° sacch
Richesse des pommes de terre en amidon .....	20 %

Il faudra apporter à ces éléments de calcul, les corrections suivantes :

1<sup>o</sup> 3200 litres de moût à 60° C., lorsqu'ils sont refroidis à 17,5° se contractent de 1,5 % ; ils ne représentent donc plus à cette température que 3152 litres.

2<sup>o</sup> 100 litres de moût contenant 3 % de matières en suspension, nos 3152 litres doivent donc en renfermer  $\frac{3152 \times 3}{100}$  = 94,6 litres

Le volume de la solution sucrée n'est donc que de 3152-94,6 litres = 3057,4 litres.

3° 22° saccharométriques correspondant au poids spécifique de 1,9022, mille litres de solution sucrée pèsent donc 1092,2 kilos et nos 3057,4 litres, 3339,3 kilos.

4° Le quotient de pureté d'un moût de 22° saccharométriques provenant de pommes de terre renfermant 20 % d'amidon étant de 85, ce moût contient non 22 % de sucre, mais  $\frac{22 \times 85}{100} = 18,7 \%$ .

5° Comme 10 parties de sucre correspondent à 9 parties d'amidon, ces 18,7 % de sucre correspondent à 16,8 d'amidon.

Nous sommes arrivés, à la fin, à ce résultat que nous avons à faire à 3339,3 kilos de moût, renfermant 16,8 % d'amidon, soit 561 kgr. Il faut encore ajouter à ce chiffre la quantité d'amidon provenant du malt vert ayant servi à la préparation du levain.

Supposons que dans l'exemple que nous avons choisi, on ait employé 100 kilos de malt vert, ce sera 40 kgr. d'amidon qu'il faudra ajouter à la quantité trouvée.

Lorsqu'on travaille avec du levain de drèche, on évalue la proportion d'amidon qu'il contient aux  $\frac{2}{3}$  des matières solides données par le degré saccharométrique. Si, par exemple, on a employé 300 litres de levure marquant 15° sacch., on compte sur 30 kgr. d'amidon.

Revenons maintenant à notre exemple ; nous avons donc mis en œuvre :

561,0 kgr. d'amidon calculés d'après le sucre contenu dans le jus sucré.  
40 kgr. dans le levain.

En somme 601 kgr. d'amidon.

Supposons que la quantité d'alcool obtenue ait été de 338,5 lit. d'alcool à 100°, le rendement par % kgr. d'amidon sera de  $\frac{338,5 \times 100}{601} = 56,3$  lit. d'alcool à 100° soit 78,6 % du rendement théorique.

On a proposé de divers côtés l'emploi de constantes pour simplifier le calcul que nous venons de développer et permettre au

simple praticien de se rendre compte combien d'alcool il peut espérer obtenir d'un moût, connaissant le degré qu'il indique au saccharomètre, la quantité de levure ajoutée et sachant quelle est la capacité de la cuve. Il ne faut pas se dissimuler que ces méthodes laissent la porte ouverte à bien des inexactitudes, car, à toutes les sources d'erreur dont nous avons parlé, vient encore s'ajouter la variation que subit l'espace perdu de la cuve à fermentation.

*Junck*, par exemple, a proposé, pour obtenir la quantité de matières fermentescibles, de multiplier le nombre de litres, représentant la capacité de la cuve par le degré saccharométrique du moût, pris après l'addition de la levure, en retranchant la constante 2° et en divisant par 100. Appliquons cette méthode à notre exemple et supposons que les 3200 litres de moût aient été contenus dans une cuve de 35.20 hectolitres de capacité et qu'après l'introduction de la levure le saccharomètre ait marqué 20°,7 nous aurons :

$$\frac{(20,7-2) 3520}{100} = 658,2 \text{ kgr. de dextrose soit } 592,5 \text{ kilos d'amidon.}$$

Ce chiffre ne s'écarte pas sans doute beaucoup du résultat de notre calcul, puisque nous avons 601 kgr., mais les différences peuvent suivant les circonstances être beaucoup plus sensibles, puisque la constante 2 ne tient pas compte, par exemple, des quotients de pureté. On ne peut donc attendre de la méthode de *Junck*, que des résultats approchés.

*Toppenthal* procède d'une manière rationnelle : il a calculé une table donnant les rendements de moût de concentrations diverses en prenant pour base le quotient 85 ; rien alors n'empêche, lorsqu'on estime que le quotient doit être inférieur ou supérieur à ce chiffre, de corriger en conséquence les indications fournies par le tableau.

Nous pouvons ici exprimer le désir qu'on trouve au plus tôt une méthode permettant de déterminer les substances fermentescibles avec la même rapidité que l'on met en sucrerie à doser le sucre au moyen du polarimètre.

Nous reproduisons ci-après la table de *Toppenthal*, telle qu'elle a été publiée dans la « *Zeitschrift für Spiritus industrie* » année 1881, page 421.

Concentration du moût saccharifié. ° sacch.	100 litres de capacité de cuve contiennent en comptant 10 % d'espace perdu et 3 % de marc, les quantités suivantes d'amidon kgr.	Rendement théorique par 100 litres de capacité de cuve litres à 100°	85 % du rendement théorique	
			Rendement par hectolitre de capacité de cuve litres à 100°	Quantité d'alcool par hectolitre de moût, litres à 100°
15	10,60	7,589	6,450	7,166
16	11,35	8,126	6,907	7,674
17	12,11	8,670	7,369	8,187
18	12,87	9,214	7,831	8,701
19	13,67	9,773	8,307	9,230
20	14,42	10,324	8,775	9,750
21	15,21	10,830	9,256	10,284
22	16 "	11,456	9,737	10,818
23	16,80	12,028	10,223	11,358
24	17,60	12,601	10,710	11,900
25	18,41	13,181	11,203	12,447

D'après Delbrück (Zeitschrift für Spiritus industrie, année 1882, page 414), on peut compter obtenir les rendements suivants :

Pour des moûts à 16 % en moyenne	7 1/2 % de la capacité de cuve.
" 18 "	" 8 1/4 "
" 20 "	" 8 3/4 "
" 22 "	" 9 1/2 "

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, les chiffres de rendement que nous citons ne sont que des moyennes, le distillateur ne doit pas s'estimer satisfait quand il les atteint, il doit s'efforcer au contraire de les dépasser.

Terminons ce chapitre en disant qu'il ne suffit pas d'obtenir un rendement élevé par rapport à la capacité de la cuve, mais qu'il faut encore bien utiliser les matières premières, c'est-à-dire obtenir un bon rendement par rapport à la quantité d'amidon mise en œuvre.

Étant donnés les excellents appareils que l'on possède maintenant pour préparer les moûts, les nouvelles connaissances que l'on a acquises sur la saccharification, la production de la levure et la conduite de la fermentation, l'auteur peut fixer à 55 litres par % kgr. d'amidon le rendement minimum en alcool à 100° qu'un bon distillateur travaillant avec soin et intelligence doit obtenir, et que le patron doit exiger de lui. On pourrait même atteindre le chiffre de 60 %, mais ce rendement est cependant trop élevé pour qu'on puisse l'exiger d'une manière régulière, aussi l'auteur propose-t-il de s'en tenir au rendement de 55 %.

## CHAPITRE VIII.

---

### FABRICATION DE L'ALCOOL AVEC LES MATIÈRES SUCRÉES.

---

Il n'y a que deux substances sucrées dont on tire constamment de l'alcool, ce sont les *betteraves* et le sirop incristallisable que l'on obtient comme dernier produit de la fabrication du sucre et qui est connu sous le nom de *mélasse*.

Ces deux matières premières donnent lieu à une fabrication plus simple que les substances amylacées, car, contenant du sucre tout formé, elles ne nécessitent pas les deux opérations du maltage et de la saccharification. Le sucre contenu dans les corps dont nous venons de parler, c'est-à-dire le sucre de canne  $C_{12} H_{22} O_{11}$ , n'est cependant pas directement fermentescible, mais il est transformé facilement par un ferment que renferme la levure, en sucre interverti (*lévulose* et *dextrose*), c'est-à-dire en deux sucres directement fermentescibles.

Plusieurs personnes conseillent d'épargner ce travail à la levure en intervertissant la solution sucrée avant de la mettre en fermentation, par une cuisson avec des acides étendus, mais d'autres praticiens ou chimistes disent que cette précaution est inutile ; ces derniers sont probablement dans le vrai.

## I. TRAVAIL DES BETTERAVES.

La fabrication de l'alcool de betteraves est peu répandue en Allemagne, par ce que ces plantes contiennent beaucoup moins de matières fermentescibles que les pommes de terre et qu'on ne peut, par suite, obtenir facilement avec elles des jus concentrés, ce qui est indispensable dans un pays où l'impôt est basé sur la capacité des cuves. Ce n'est guère qu'en employant l'appareil à saccharifier et à évaporer de *Gontard* que l'on peut arriver à avoir des jus de betteraves assez concentrés pour pouvoir être travaillés avec ceux de pommes de terre ou de grains.

Il y a de nombreuses méthodes pour travailler les betteraves, mais on peut les ranger toutes dans les deux classes suivantes :

1° Travail direct des betteraves brutes ou cuites à la vapeur.

2° Travail du jus obtenu des betteraves par pression, macération ou diffusion.

Les méthodes rentrant dans la première catégorie se rapprochent plus des procédés employés dans les distilleries de pommes de terre, tandis que celles qui font partie de la deuxième dérivent plutôt de la fabrication du sucre de betteraves.

### A. TRAVAIL DIRECT DES BETTERAVES.

#### 1° *Travail des betteraves râpées :*

Les betteraves sont réduites au moyen d'une râpe quelconque en une pulpe qu'on délaye avec de l'eau et que l'on met en fermentation à l'aide de levure ; on acidule avec de l'acide sulfurique pour combattre les ferments secondaires. La fermentation est très tumultueuse ; il se forme à la surface une couche épaisse de matières solides ; aussi est-on obligé, lorsqu'on emploie ce procédé, de mettre en fermentation un liquide très dilué et de laisser vide dans la cuve près d'un tiers de sa contenance.

La fermentation s'opère d'une manière très irrégulière et comme il faut une capacité de cuve d'environ 80 à 100 litres pour 50 kilos de betteraves, le rendement par rapport à la capacité de cuve ne dépasse jamais  $2 \frac{1}{4}$  %.

2° *Travail des betteraves cuites :*

Les betteraves sont soumises à l'action de la vapeur, soit dans un ancien cuiseur de pommes de terre à air libre, soit en vase clos. Les grosses racines sont souvent plus longues à cuire que les pommes de terre. On écrase ensuite la masse cuite en la faisant passer entre deux cylindres. Si l'on a fait l'opération dans un cuiseur de Henze, il suffit de faire la vidange de l'appareil, car on sait que la masse cuite se divise encore davantage en sortant du cuiseur. Dans tous les cas, il faut refroidir promptement à la température de la mise en fermentation. Les betteraves étant riches en matières pectiques, les jus que l'on obtient sont très visqueux et peu mobiles, aussi est-on obligé de les diluer fortement. D'après *Stohmann*, il faut ajouter assez d'eau pour que le jus de 50 kilos de betteraves occupe 110 litres de capacité, en comprenant dans ce chiffre  $\frac{1}{8}$  d'espace libre. *Siemens* croit que 90 litres et *Trommer* 82 litres sont suffisants. On met en fermentation à l'aide de levure artificielle, de levure de bière ou de levure pressée. Si la fermentation est bonne on obtient, en moyenne, un rendement de 3 % d'alcool par hectolitre de capacité de cuve. *Stohmann* fixe à 4,5 % le rendement pour un travail en grand.

3° *Procédé Leplay (très ancien) :*

Ce procédé diffère beaucoup des précédents. Les betteraves lavées sont coupées au moyen d'un coupe-racines en cossettes de 2 à 3 cm. de long et de 3 à 6  $\frac{m}{m}$  d'épaisseur, puis les cossettes sont plongées dans un liquide en fermentation provenant des opérations précédentes.

Le sucre passe des cellules dans le liquide et fermente tandis que l'alcool formé revient prendre sa place dans la cossette. L'originalité de la méthode de Leplay est que ce n'est pas le vin que l'on soumet à la distillation, mais bien les cossettes imprégnées d'alcool et qui contiennent une quantité de liquide égale au jus qu'elles ont rendu.

L'appareil à distiller spécial que Leplay emploie pour travailler par ce procédé, se compose d'un long cylindre muni d'un couvercle mobile fermant hermétiquement. Ce cylindre est traversé dans le sens de son axe par une tige portant un disque en tôle perforée, sur lequel on dispose une couche de cossettes.



On place ensuite sur celles-ci un nouveau disque qu'on garnit également de cossettes et ainsi de suite. La marche de cet appareil est intermittente; la distillation dure longtemps.

En un mot, le procédé Leplay est fort simple mais la distillation est son point faible et, par suite, il ne peut être utilisé pour un travail en grand.

On trouvera de plus amples détails sur le procédé Leplay dans l'annuaire de Wagner de 1857.

#### 4° Procédé Gontard :

Les betteraves sont soumises, dans un cuiseur de Henze, à l'action de la vapeur sous une pression modérée. On a disposé dans le bas de l'appareil un grillage laissant des vides de 4<sup>m</sup>/m. La vidange se fait dans l'appareil à saccharifier et à refroidir de Gontard et à travers un tamis à mailles étroites de 3/4 mc. de surface. Pendant que le jus coule dans la cuve, on y vide le contenu d'un petit cuiseur spécial qu'on a chargé de 175 kilgr. de maïs, cuit en même temps.

Le jus pèse environ 19 à 20° sacch., d'où l'on doit conclure que l'on peut arriver avec l'appareil de Gontard, à une concentration d'au moins 10 %.

On trouve, après l'opération, sur le grillage du cuiseur environ 6 demi-boisseaux d'un magma mucilagineux qui, mélangé à celui recueilli sur le tamis du saccharificateur, est donné comme aliment aux moutons, en le mêlant avec 200 litres d'eau de condensation de cuisson de pommes de terre marquant 4 à 5° sacch.

Si l'on ne retenait pas ces matières solides, on obtiendrait un jus visqueux demandant un espace considérable pour fermenter, et si l'on n'employait pas concurremment du maïs, on aurait à craindre une fermentation mousseuse.

Gontard dit, du reste, que l'on obtient par son procédé, une fermentation satisfaisante.

#### B. PROCÉDÉS DANS LESQUELS ON COMMENCE PAR EXTRAIRE LE JUS DES BETTERAVES.

Pour extraire le jus des betteraves, on emploie de nombreuses méthodes qui sont plus ou moins en vogue dans les sucreries, mais comme elles ne sont guère répandues, nous nous bornerons

à exposer celles qui sont utilisées dans les distilleries de France, seul pays qui soit grand producteur de  $\frac{3}{6}$  de betteraves.

La description suivante ainsi que les dessins qui l'accompagnent, sont tirés de l'ouvrage de *Désiré Savalle* « *Appareils et procédés nouveaux de distillation* ».

1° *Procédé par macération de Champonnois* :

Ce procédé, préconisé par Champonnois et amélioré ensuite par *Savalle*, est celui qui est le plus répandu dans les distilleries agricoles. Les betteraves sont réduites à l'aide d'un coupe-racines en cossettes que l'on entasse ensuite dans des vases cylindriques à double fond, construits en bois ou en tôle. Le fond supérieur est percé de trous, et l'inférieur est en communication avec un système de tuyaux par lequel on peut écouler ou aspirer le jus. C'est dans ces macérateurs (on les appellerait diffuseurs en sucrerie) que se produit la diffusion du sucre; le travail se poursuit méthodiquement, en ce sens que les cossettes d'une même opération reçoivent successivement des jus de moins en moins riches et finalement de l'eau pure qui les épuise complètement, tandis que les jus passant, d'un cuvier à l'autre, sur des cossettes de moins en moins épuisées et finalement sur des cossettes fraîches, s'enrichissent, par suite, de plus en plus. On obtient donc le jus de la même manière que les sucreries travaillant par diffusion.

La particularité du système Champonnois consiste, en outre, à employer pour la macération des cossettes, non de l'eau, mais de la vinasse chaude.

Cette manière d'opérer présente un double avantage. D'un côté on économise ainsi la chaleur qui serait nécessaire pour porter l'eau de la macération à la température voulue pour que la diffusion s'opère rapidement et dans de bonnes conditions; de l'autre, on conserve aux cossettes destinées à l'alimentation des bestiaux, les principes nutritifs qu'elles contiennent. Leurs divers éléments, à l'exception de ceux contenus dans les cellules qui ont été déchirées, ne peuvent, en effet, se répandre au dehors que par diffusion à travers les parois des cellules. Ce phénomène ne peut pas se produire pour certaines substances, lorsque les cellules sont entourées d'un liquide contenant ces éléments dans les mêmes proportions. C'est ce qui arrive pour la vinasse qui est riche en matières azotées et minérales

provenant des diffusions précédentes, de sorte que les cossettes ne peuvent lui céder qu'une faible quantité de leurs substances nutritives.

Par contre, comme cette vinasse ne contient que des quantités insignifiantes de sucre, puisqu'elle a fermenté, elle ne peut entraver la diffusion de celui qui se trouve dans les cossettes.

L'idée de Champonnois d'employer les vinasses pour la macération peut donc être regardée comme très heureuse.

Lorsque la macération est terminée, on met le jus en fermentation en le coupant avec du jus provenant d'une opération précédente et fermentant déjà. La fermentation est très rapide et tumultueuse; elle s'opère d'ailleurs avec une grande facilité.

Voici maintenant, après cet exposé général, le plan et la coupe (fig. 172 et 173) d'une usine travaillant d'après le procédé Champonnois, telle que l'établit Savalle. Elle se compose des appareils suivants :

- A. Générateur à vapeur;
- B. Machine à vapeur;
- C. Laveur de betteraves;
- D. Élévateur montant les betteraves lavées au coupe-racines;
- E. Coupe-racines;
- F. Distributeur des cossettes se rendant à volonté dans chaque macérateur;
- G. Cuvier de macération;
- H. Cuves à fermenter;
- I. Pompes à jus fermenté, à eau froide et à alimentation;
- J. Réservoir à jus fermenté;
- K. Appareil à distiller;
- L. Réservoir à flegmes;
- M. Réservoir à eau;
- N. Appareil de rectification;
- O. Réservoir aux alcools bon goût;
- P. Bureau.

Les betteraves, lavées en C, sont élevées au moyen d'une chaîne à godets, dans une rigole qui les conduit dans l'entonnoir du coupe-racines E. Réduites en cossettes qui ne doivent pas dépasser 2 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> d'épaisseur, elle tombent dans le distributeur F, et ce dernier, en tournant sur un pivot central, communique la cossette alterna-

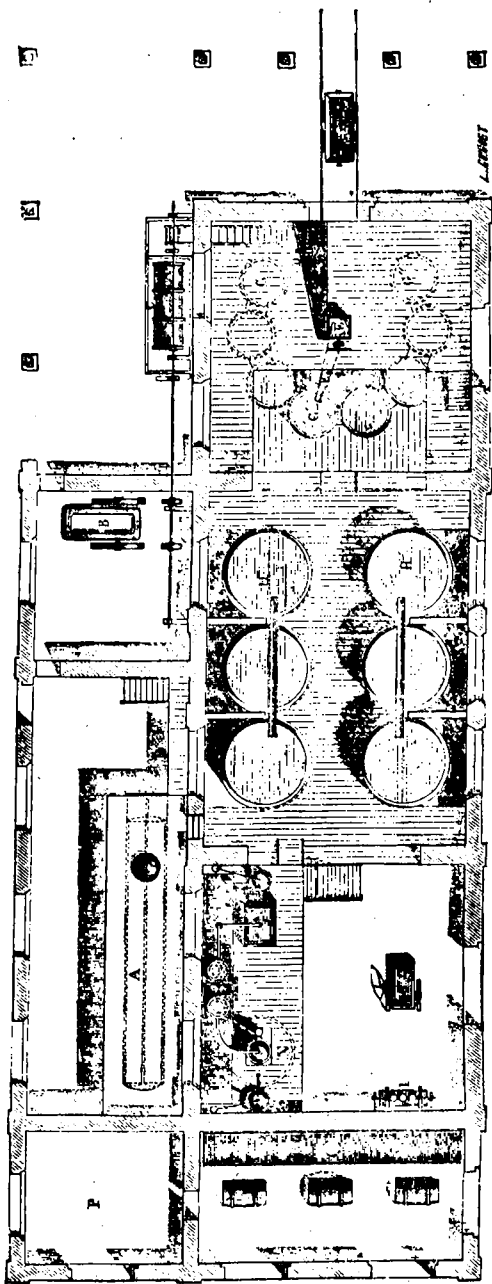
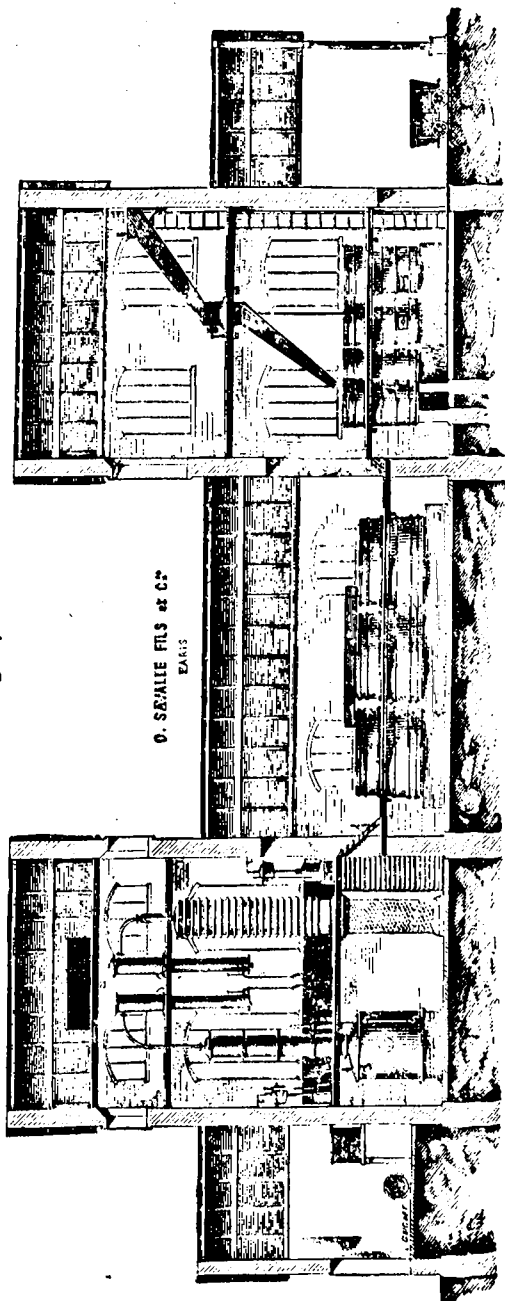


Fig. 172.



tivement dans chacun des macérateurs G G' G''. Savalle dit grand bien de ce distributeur.

La distribution de l'acide sulfurique qui est aussi nécessaire que lorsqu'on travaille par les procédés déjà décrits, se fait directement dans la rigole de distribution des cossettes. Savalle recommande de travailler avec une acidité de 3 millièmes d'acide sulfurique pour une richesse de 3 degrés de l'aréomètre Beaumé. Les macérateurs G G' G'', sont remplis alternatiment de betteraves; la cossette s'y trouve maintenue entre deux fonds en tôle percés de trous. On commence, après avoir chargé un macérateur, à l'emplier de jus faible provenant d'une opération précédente. On abandonne alors ce premier macérateur au repos pendant deux à trois heures pour laisser au liquide le temps de faire la pénétration des cellules de la betterave et, de plus, de dissoudre le sucre qui y est contenu.

Une heure et demie après avoir empli le premier macérateur, on charge le second de cossettes et ainsi de suite pour toute la série.

Quand le premier macérateur a eu ses deux ou trois heures de macération, on l'alimente de jus faible à sa partie supérieure, et le jus à fort degré sort à la partie inférieure du macérateur pour se rendre aux cuves de fermentation. Ce dernier liquide étant plus dense que le jus faible, il s'échappe sans se mélanger avec lui. On continue ainsi à épuiser les cossettes, en leur versant dessus des jus faibles, jusqu'à ce que celui qui sort du macérateur ne marque plus que 1° B. de plus que la vinasse employée. On coule alors de la vinasse pure dans le macérateur jusqu'à ce qu'on arrive à l'épuisement le plus complet qu'on puisse obtenir par la diffusion. Au bout d'une demi-heure, les cossettes sont généralement épuisées.

La vinasse ayant servi est alors élevée dans un réservoir d'où elle est envoyée dans le macérateur suivant. On peut se passer de l'intermédiaire du réservoir.

Il est essentiel, pour obtenir un bon travail, d'avoir un nombre de macérateurs assez grand, de manière à pouvoir envoyer constamment à la fermentation une moyenne de jus qui sorte à la température et à la concentration voulues. *Savalle* indique la température de 18 à 22° C.

A la distillerie de Corbins que nous prendrons comme exemple pratique d'une usine travaillant par ce procédé, on employait

pour une mise en œuvre quotidienne de 8000 kilos de betteraves, 8 macérateurs qu'on chargeait chacun avec 3000 kilos de cossettes. On laissait couler 4000 litres de jus faible sur ces cossettes, ce qui durait 5 heures et correspondait à un coulage de 4,6 litres de jus par minute et par 1000 kilos de racines. Les jus forts produits pendant cette première période étaient envoyés à la fermentation; ils représentaient 1 litres 333 de liquide par kgr. de betteraves.

Puis dans la seconde période, on coulait pendant une heure sur chaque macérateur, pour l'épuiser complètement, 4000 litres de vinasse qui étaient pompés et élevés dans un réservoir, pour servir comme jus faibles à d'autres macérations.

Le travail, dans cette usine, pouvait donc se décomposer ainsi : On coulait des jus faibles sur 5 macérateurs dont le produit alimentait la fermentation; un macérateur se vidait complètement de vinasse par la pompe, un autre se vidait de pulpe, et le dernier se remplissait de cossettes fraîches.

La fermentation des jus de betteraves est continue, c'est-à-dire qu'elle est mise en train au commencement de la campagne, à l'aide de levure de bière qu'on introduit dans une cuve avec le jus à fermentation coupé avec le  $\frac{1}{3}$  ou la  $\frac{1}{2}$  d'une cuve fermentant déjà. On remplace la quantité de liquide qu'on a prélevé sur la cuve en fermentation par du jus frais et on laisse terminer la fermentation dans cette cuve, tandis que la nouvelle cuve formée sert au coupage suivant et ainsi de suite. On peut ainsi marcher pendant des mois sans employer de la levure fraîche, ce qui est un grand avantage tant au point de vue de la facilité du travail que de l'économie.

#### *Composition des cossettes de macération.*

La composition des cossettes épuisées de betteraves a naturellement une grande importance au point de vue agricole. L'analyse suivante a été faite sur des cossettes épuisées que *Schwandler* et *Lintner* avaient prises dans un silo d'une distillerie de betteraves de *Szolcsan*.

Il est regrettable seulement que l'on ne sache pas le temps que ces cossettes avaient séjourné dans le silo.

100 parties contenaient :

	Cossettes.	Matières sèches
Eau .....	89,20	—
Matières sèches .....	10,80	100
Matières azotées. ... ..	1,33	12,3
Sucre .....	0,66	6,1
Matières grasses .....	0,12	1,2
Cellulose .....	2,12	19,6
Autres matières non azotées....	4,47	41,2
Cendres ... ..	1,86	17,2
Éléments étrangers .....	0,24	2,4

En rapprochant cette analyse de celle des cossettes de sucreries travaillant par diffusion, on voit qu'elles présentent entre elles une grande analogie.

Si l'on compare aussi la composition de ces cossettes à celle que nous donnons plus loin des diverses drèches, on voit que, par leur richesse en matières azotées, elles mériteraient d'occuper dans ce chapitre un paragraphe spécial.

*2° Procédé de diffusion de Siemens :*

On ne peut appliquer ce procédé qu'en petit : Les betteraves réduites en cossettes sont placées dans un filet qu'on plonge dans du jus provenant d'extractions précédentes et ayant 80 à 85° de température. Le filet est ensuite élevé au-dessus de la cuve et on le plonge successivement dans un vase contenant du jus froid, puis dans de l'eau pure.

La température employée pour la première immersion a pour but de pénétrer les cossettes, d'enlever ainsi la plus grande partie du jus qu'elles contiennent et de permettre une extraction plus facile de la portion qui reste.

Cette manutention ne serait guère possible pour de grandes quantités et l'on devrait alors produire l'échange des liquides au moyen d'une batterie de diffusion.

*3° Extraction du jus en râpant la betterave et en pressant la pulpe obtenue.*

Les betteraves sont réduites à l'aide de la râpe de Thierry ou de toute autre râpe en une pulpe fine dont on exprime le jus au moyen de presses hydrauliques ou de presses continues. Le jus obtenu est

acidulé avec de l'acide sulfurique, puis mis en fermentation par un coupage avec du jus fermentant déjà. On semble préférer, en France, la diffusion, ce qui se conçoit aisément, ce procédé ayant remplacé l'emploi des presses dans la plupart des sucreries.

#### RENDEMENT EN ALCOOL DES BETTERAVES.

Le rendement en alcool obtenu par les divers procédés est généralement établi aux 100 kilos, mais la betterave varie tellement suivant les conditions climatériques, le terrain, la fumure et selon son espèce, que l'on ne peut guère généraliser les données que nous avons.

Le rendement par rapport à la capacité des cuves est, dans tous les cas, très faible. Les betteraves sont, en effet, déjà par elles-mêmes plus pauvres en matières fermentescibles que les pommes de terre et, pendant la fabrication, les jus sont encore dilués par l'extraction à l'eau, à moins qu'on ne travaille par simple pression.

Il serait difficile d'obtenir des jus contenant plus de 10 % de sucre, et encore ne pourrait-on obtenir ce résultat qu'avec les meilleures betteraves que l'on a avantage à employer pour la fabrication du sucre. En moyenne, les jus ne dépassent pas 8 % de sucre d'où l'on ne peut retirer que 5 litres d'alcool pur par hectolitre.

On ne peut donc employer la betterave pour la fabrication de l'alcool en Allemagne, où l'impôt est établi sur la capacité des cuves.

Lorsque l'on n'emploie pas les méthodes qui nécessitent l'extraction du jus, le rendement par rapport à la capacité des cuves est encore plus faible, car la masse cuite broyée est tellement visqueuse, que l'on est obligé de la diluer considérablement pour obtenir des liquides plus mobiles et fermentant facilement, aussi ce rendement descend-il à 4 litres d'alcool par hectolitre de capacité de cuve.

Nous avons dit plus haut qu'il était assez difficile de donner un rendement par rapport aux 100 kgr. de betteraves, la proportion de sucre contenu dans les racines étant très variable. La transformation du sucre en alcool paraît ne pas être mauvaise ; on obtiendrait 47,3 litres d'alcool pur par 100 kilos de sucre. Une



betterave à 10 p. % de sucre permettrait, d'après ces données, d'obtenir 4,8 % d'alcool, ce qui paraît être le cas dans la pratique.

## II. TRAVAIL DES MÉLASSES.

Les derniers produits de la fabrication du sucre, *les mélasses*, qui contiennent de 45 à 50 p. % de sucre de canne ne pouvant cristalliser, par suite de sa combinaison avec d'autres substances, étaient jusqu'ici exclusivement employées à la fabrication de l'alcool. C'étaient, en partie, les fabricants de sucre eux-mêmes qui distillaient leurs mélasses et, en partie, des distillateurs de profession qui les achetaient dans les sucreries. Depuis quelque temps, l'existence des distilleries de mélasses a été mise un peu en danger par

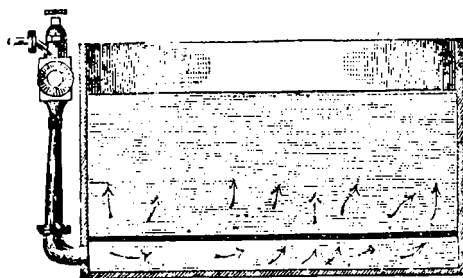


Fig. 174

suite de l'invention de divers procédés ayant pour but l'extraction du sucre des mélasses et qui paraissent avoir trouvé leur application pratique. C'est ainsi que par les procédés d'éluion, de substitution, à la strontiane, on peut arriver en combinant le sucre des mélasses avec de la chaux ou de la strontiane, et en éliminant, à l'aide de lavages à l'eau et à l'alcool, les produits empêchant la cristallisation, à le retirer presque entièrement à l'état de sucre cristallisé.

Si les procédés ayant pour but l'extraction du sucre de la mélasse se répandent d'une manière générale, cette matière première ne pourra plus être utilisée pour la distillation. Aussi les distillateurs de mélasses qui sont sous le coup de cette éventualité, souhaitent-ils, à bon droit, que l'éluion qui sous le mode d'impôt actuel échappe à toute redevance, soit frappée d'un impôt spécial.

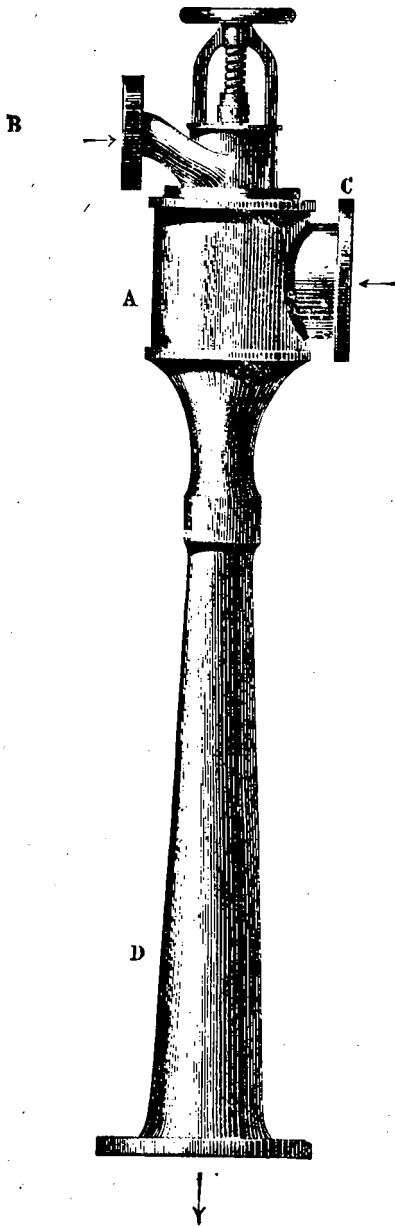


Fig. 175

Voici quelles sont les différentes opérations du travail des mélasses :

- 1° Dilution de la mélasse.
- 2° Neutralisation au moyen d'acides des sels alcalins contenus dans la mélasse.
- 3° Chauffage des mélasses.
- 4° Mise en fermentation.

*1° La dilution.*

Les mélasses provenant des sucreries sont livrées aux distilleries à 40 à 42° Baumé, soit à 72 à 76° sacch. ; ce sont donc des solutions' sucrées très concentrées qu'il est indispensable d'étendre. Cette densité élevée est due non-seulement au sucre, mais aussi à des matières organiques et à des sels minéraux provenant du jus des betteraves et qui restent dans les mélasses.

En estimant à 40 à 50 % la quantité de sucre contenue en moyenne dans les mélasses, il faut évaluer à  $\frac{1}{3}$  l'accroissement de densité produit par les matières organiques et les sels. Il faut donc en conclure qu'un jus de mélasse ne peut perdre pendant la fermentation que les  $\frac{2}{3}$  de sa densité. Un jus de 12° Baumé par exemple ne pourrait tomber qu'à 4°.

On met généralement en Allemagne les mélasses en fermentation à 12 à 13° Beaumé ; il faut donc les mélanger à 3 à 3 1/2 fois leur poids d'eau. Il est très difficile de les diluer à froid, aussi fait-on cette opération à chaud et à l'aide de la vapeur.

Autrefois, ce mélange se faisait dans une cuve spéciale dans laquelle on agitait la masse avec un râble, tandis qu'on y faisait arriver la vapeur.

Cette opération est bien simplifiée par l'emploi du *souffleur* de Koerting, dont les fig. 174 et 175 montrent les principales dispositions et son installation pour aider au mélange de la mélasse avec l'eau.

Cet appareil du système que nous avons déjà exposé et décrit est adapté sur le tuyau d'arrivée de la vapeur ; il aspire l'air en C (fig. 175) et le refoule par l'ajutage D dans un tuyaux percé de trous par lequel il s'échappe en traversant le liquide (fig. 174). On comprend sans peine que l'emploi de cette appareil soit très avantageux et produise un excellent mélange, par suite du courant d'air énergique que produit la vapeur et qu'elle entraîne avec elle. Aussi en obtient-on les meilleurs résultats.

### 2° Saturation des sels alcalins des mélasses.

Toutes les mélasses ont une réaction plus ou moins alcaline. Ce fait provient de ce que les jus de betteraves sont toujours traités par le lait de chaux dans la fabrication du sucre, pour en précipiter toute une série de combinaisons organiques et inorganiques.

L'excès de chaux est, il est vrai, saturé au moyen d'acide carbonique, dans l'opération sucrière connue sous le nom de carbonatation, mais, par contre, il se forme des sels de chaux pendant la cuisson des jus avec la chaux, tandis que les alcalis sont mis en liberté. Ces alcalis caustiques deviennent, pendant la saturation, des carbonates qui se concentrent finalement dans les mélasses.

La réaction alcaline des mélasses est donc due, non à de la chaux caustique, mais à des carbonates alcalins.

Il est nécessaire de neutraliser les mélasses alcalines que l'on

veut faire fermenter, parce que la levure ne peut pas vivre dans les milieux alcalins, tandis que les liquides neutres, ou encore mieux les liquides légèrement acides, sont favorables à son développement.

On peut employer un acide quelconque pour la neutralisation ; autrefois, on se servait surtout de l'acide sulfurique, mais maintenant c'est l'acide chlorhydrique que l'on préfère. Ces deux acides ont l'inconvénient d'enlever un peu de leur valeur aux sous-produits que l'on retire des vinasses de mélasses.

Ces vinasses donnent, en effet, quand elles sont concentrées et incinérées dans des fours spéciaux, des salins très riches en carbonates alcalins dont on peut retirer de la potasse. Il est clair que la valeur du salin dépendra de la richesse en carbonate de potasse. Or, si l'on neutralise les mélasses au moyen d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique, ces acides changent les carbonates alcalins en sulfates ou en chlorures, et ce ne sont que les sels organiques de potasse que l'incinération peut transformer en carbonates.

Par contre, si l'on neutralise avec des acides organiques, on évite cet inconvénient.

C'est pourquoi l'on emploie en France le procédé *Camichel et Henriot*, consistant à neutraliser les mélasses avec de l'extrait de châtaigner, qui n'est pas du tout nuisible à la fermentation et dont les sels alcalins se transforment en carbonates pendant l'incinération (?).

La quantité d'acide que l'on doit ajouter est, en général, réglée d'après le principe que l'on doit saturer exactement.

*Bauer* considère cependant, avec raison, comme une erreur de croire qu'il faille neutraliser complètement les mélasses avec l'acide sulfurique et même laisser une faible réaction acide, car dans ces conditions certains acides gras qui gênent la fermentation, sont mis en liberté. La neutralisation ne doit pas, au contraire, être complète et ce sont les acides contenus dans le levain que l'on ajoute qui doivent la rendre complète. Il faut donc, pour être fixé sur l'alcalinité qui reste dans les mélasses, avoir recours à l'appareil à titrer et la doser à l'aide de la solution normale d'acide sulfurique dont 1 cc. = 1 cc. de solution normale de soude ; il faut aussi déterminer l'acidité de la levure

Comme on connaît la contenance de la cuve à levure, il est très facile de calculer l'alcalinité que l'on doit laisser à la mélasse pour arriver à ce but. La table suivante de *Bauer* rend facile ce calcul

1) 1 cc. de solution normale de soude saturé	0,09 gr. d'acide lactique ( $C_3 H_6 O_3$ )
2) 0,09 gr. d'acide lactique.....	» 0,028 gr. chaux (CaO).
3) 0,028 gr. de chaux .....	» 0,049 gr. d'acide sulfurique ( $H_2 SO_4$ )
5) 1 cc. de solut. acide norm. ( $H_2 O^3$ )	» 0,028 gr. chaux (CaO).
4) 0,028 de chaux .....	» 0,053 gr. d'acide sulfurique à 92 % ( $H_2 SO_4$ ) de densité 1,83,
6) 1 cc. de solut. acide normale corresp. à	0,049 gr. d'acide sulfurique, (0,053 gr. à 92 % d'acide.)
7) 1 cc. » normale de soude saturé	0,049 gr. d'acide sulfurique, (0,053 gr. à 92 % d'acide.)

Comme l'alcalinité des mélasses varie d'après la quantité de sels alcalins contenus dans les jus de betteraves, il n'est pas facile de déterminer à l'avance la proportion d'acide nécessaire pour saturer un poids donné de mélasse.

Aussi lorsque Maercker indique la proportion de  $1 \frac{1}{2}$  kilogr. d'acide sulfurique à 66° pour 100 kilos de mélasse, (Savalle, appareils et procédés de distillation) ne le fait-il que sous les réserves précédentes. C'est par l'essai au papier de tournesol si simple et si facile, qu'on devrait toujours déterminer la quantité d'acide à employer. On doit verser de l'acide jusqu'à ce que le papier de tournesol rougisse légèrement.

### 3° *Chauffage des mélasses et inversion du sucre de canne.*

Comme les mélasses se mettent en fermentation à une température plus élevée que les moûts de pommes de terre ou de grains, on est obligé de les chauffer.

Cette opération se fait très simplement, en faisant arriver directement la vapeur dans le récipient où l'on dilue la mélasse; on arrive ainsi à une température de 40 à 45° Réaumur = 50 à 57° C. qui est ramenée au degré voulu par l'eau que l'on ajoute dans la cuve à fermentation.

Les distillateurs de mélasse emploient encore, quand c'est nécessaire pour arriver à la température favorable à la fermentation, des appareils de réfrigération plus ou moins primitifs et sans agitateurs.

Lorsqu'on chauffe la mélasse avec un excès d'acide jusqu'à l'ébullition, c'est dans un autre but; on se propose alors d'intervertir le sucre de canne en dextrose et lévulose. On sait, d'après les explications que nous avons données dans le premier chapitre de cet ouvrage, que le sucre de canne (et c'est cette espèce de sucre qui se trouve dans la mélasse) n'est pas directement fermentescible, mais que lorsqu'il est chauffé avec des acides dilués, il se transforme en ces deux sucres fermentescibles dont nous venons de parler. On ne pourrait pas négliger dans le travail des mélasses de les chauffer avec des acides étendus, si la levure n'était pas elle-même un ferment inversif, agissant de la même façon, c'est-à-dire transformant le sucre de canne en dextrose et lévulose. L'inversion du sucre de canne n'est donc pas une opération *indispensable*, et l'on ne peut la regarder comme *utile* que pour épargner ce travail à la levure. *Cependant, les expériences de la pratique semblent établir que cette opération n'est pas même utile quand la fermentation est assez lente pour durer au moins trois jours.*

On peut se demander, maintenant, si le sucre de canne fermente aussi vite que le sucre interverti. *Bauer* a fait des essais pour éclaircir ce point et a trouvé le résultat suivant : au commencement de la fermentation, la décomposition du sucre interverti est beaucoup plus rapide, de telle sorte qu'au bout de 19 heures de fermentation, la quantité de sucre interverti décomposée est 10 fois plus forte que celle du sucre de canne ; mais si la fermentation dure plus longtemps, cette différence s'atténue tellement que pour une longue fermentation les quantités décomposées des deux sucres finissent par être égales.

Il résulte de ces essais qu'il y a avantage à intervertir le sucre des mélasses lorsqu'on fermente rapidement, mais qu'il ne peut guère y en avoir, lorsque la fermentation dure 72 heures, comme c'est généralement le cas en Allemagne.

#### 4° Fermentation des mélasses.

A. LEVURE QUE L'ON DOIT EMPLOYER POUR LA MÉLASSE. On emploie généralement pour faire fermenter les mélasses, une levure de malt sec. Cette préférence pour le malt sec s'explique aisément. Lorsqu'on sème de la levure dans un moût de grains ou de

pommes de terre, les cellules jeunes de levure trouvent dans ces moûts de grandes quantités de matières nutritives qui leur permettent de se multiplier et de développer leur force fermentative, peu importe alors qu'elles aient été nourries au début dans un moût peu riche. Par contre, la mélasse est très pauvre en matières nutritives et lorsqu'on y sème de la levure, il faut qu'elle trouve son aliment dans le liquide-mère, dans le moût-levain. Il est, par suite, nécessaire que ce moût-levain soit très concentré, ce que l'on obtient facilement avec du malt sec qui ne contient presque pas d'eau, tandis que le malt vert en renferme 40 à 44 %. On pourrait, cela va sans dire, arriver au même résultat avec une plus grande quantité de malt vert, mais l'impôt sur la capacité des cuves empêche de se servir de récipients de levure ayant plus de  $\frac{1}{12}$  de la capacité des cuves. *Charles Markl* recommande de mettre les mélasses en fermentation avec de la levure faite avec du son de froment (*Oester. Zeitschrift für Zucker, industrie* 1877, p. 321).

On emploie souvent pour le travail des mélasses de la levure de bière ou de la levure pressée, soit pour mettre en train la fermentation, soit pour la raviver quand elle périclité, ce qui arrive fréquemment.

D'après les essais de *Riebe*, le renforcement du levain avant de l'employer, avec un moût de grains, de pommes de terre ou avec de la levure pressée, est aussi utile pour les jus de mélasses que pour les autres matières premières. *Riebe* est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Que le malt sec est préférable au malt vert pour le travail des mélasses;

2° Que le renforcement du levain de malt sec avec du moût de pommes de terre donne d'excellents résultats;

3° Que le renforcement du levain avec de la levure pressée produit le même effet, quand on emploie une quantité suffisante de cette dernière;

4° Que l'introduction de la levure pressée dans la cuve à fermenter est moins avantageuse que son emploi pour renforcer le levain.

B. EMPLOI DES VINASSES POUR DILUER ET NEUTRALISER LES MÉLASSES. De même que l'on se sert avec avantage des vinasses pour la macération des betteraves, on a proposé de même de diluer les mélasses avec de la vinasse au lieu d'employer l'eau pure. Ce procédé n'aurait pas seulement pour avantage d'éviter le chauffage des mélasses et par suite d'économiser du combustible ; il en présenterait un autre beaucoup plus important au point de vue de la fabrication des salins.

Les vinasses dépouillées de l'alcool sont, en effet, dans toutes les grandes industries évaporées, puis incinérées, pour produire des salins qui servent de matières premières à la fabrication de la potasse. En diluant les mélasses avec de la vinasse on faciliterait donc le travail, puisqu'on aurait ainsi des vinasses plus riches en sels et qui demanderaient la moitié moins de frais pour être évaporées. On aurait encore en procédant ainsi un troisième avantage qui consiste en l'introduction dans la mélasse d'acides organiques, à savoir d'acide lactique, d'acide acétique, qui non-seulement évitent de saturer la mélasse avec de l'acide sulfurique, mais encore donnent naissance à des carbonates alcalins qui rendent les salins plus riches.

L'emploi de la vinasse pour diluer les mélasses ne s'est cependant pas répandu dans les distilleries, sans doute parce que les sels contenus dans les mélasses rendent déjà la fermentation difficile, et qu'il est inutile d'augmenter cette difficulté en accumulant dans un seul moût une quantité double de sels, ce qui arriverait si l'on diluait ainsi les mélasses avec de la vinasse. Cette méthode pourrait cependant être employée avec fruit pour des mélasses pauvres en sels, mais elle donnerait de mauvais résultats avec des mélasses qui en contiendraient de grandes quantités.

C. CONCENTRATION ET PRÉPARATION DES JUS DE MÉLASSE. Il est nécessaire de préparer les moûts à un degré saccharométrique élevé, étant donnée la forte quantité de non-sucre que contiennent les mélasses, car sans cela on risquerait de ne pas avoir par hectolitre la quantité de sucre que l'impôt sur la capacité rend nécessaire.

Aussi met-on rarement les mélasses en fermentation à une concentration inférieure à 12° Beaumé, (on emploie généralement



l'aréomètre Baumé dans les distilleries de mélasse) soit 21,6° saccharométriques. On ne dépasse guère non plus 13° Baumé = 23°,4 sacch. parce que la fermentation deviendrait difficile à cause de la forte proportion de sels.

Quoique cette concentration paraisse forte, elle ne correspond en réalité qu'à 14 à 16 % de sucre; on ne peut donc pas arriver avec les mélasses au même rendement à l'hectolitre de capacité, qu'avec les moûts de pommes de terre ou de maïs, qui contiennent de 17 à 19 % de sucre.

D. TEMPÉRATURE DE LA MISE EN FERMENTATION. Les mélasses sont mises en général en fermentation à une température plus élevée que celle des moûts de pommes de terre. Cette température est d'environ 18° à 20° C. quand celle de l'extérieur est chaude, et de 21° à 23° C. lorsque la température extérieure est froide.

Il n'est guère possible de fournir des données plus exactes, entre ces deux limites, sans connaître la nature de la mélasse dont il s'agit. Il y a, en effet, des mélasses qui fermentent facilement et rapidement et qui, si on les mettait en fermentation à une température élevée, donneraient lieu à une fermentation tumultueuse qui serait terminée en deux jours et même plus tôt, ce qui, par suite de l'échauffement des moûts, produirait pendant le troisième jour de fermentation, exigé par la loi, des pertes par évaporation et acidification de l'alcool.

Le fait contraire se produirait si on mettait en fermentation à une basse température des mélasses fermentant difficilement; la fermentation ne se ferait pas dans le temps voulu par l'impôt sur la capacité et donnerait lieu par suite à une perte. On ne peut donc pas, comme nous le disions plus haut, préciser davantage, la température de la mise en fermentation des mélasses.

C'est leur nature même qui doit faire choisir la température convenable entre les deux limites de 18° à 23°.

E. ESPACE PERDU DANS LES CUVES A FERMENTER. Les mélasses diluées étant très fluides, il est inutile de laisser dans les cuves à fermenter un espace libre, car l'acide carbonique se dégage au fur et à mesure de sa formation en bulles fines, sans soulever le liquide. On remplit donc les cuves jusqu'au bord sans avoir à craindre que les cuves se déversent dans le cours de la fermentation.

F. MARCHE DE LA FERMENTATION. Lorsque les mélasses fermentent normalement, il se forme à la surface un chapeau sous lequel la fermentation se poursuit tranquillement et régulièrement.

Ce chapeau est formé par les balles du malt qui a servi à la fabrication de la levure, maintenues à la surface du liquide par la force du dégagement de l'acide carbonique.

Lorsqu'il ne se forme pas de chapeau, ou que celui qui s'était réuni au commencement de la fermentation s'enfoncé, c'est un signe que la fermentation perd de sa force; les distillateurs de mélasses croient avec raison bien faire en pareil cas en ravivant la fermentation par une addition de levure pressée.

Quand la cuve est pleine, le chapeau s'étend comme une calotte sur les bords de la cuve que traversent de nombreuses petites bulles d'acide carbonique venant crever à la surface. Quoique le chapeau soit ainsi élevé, le jus, comme nous l'avons dit, ne déborde pas.

La tranquillité de la fermentation des mélasses offre un contraste frappant avec celle des pommes de terre qui est beaucoup plus tumultueuse.

*L'élévation de température* pendant la fermentation est le plus souvent de 12° à 13° C. et quelquefois moindre; elle dépasse rarement 15°. Cette élévation est donc moins considérable que celle qui se produit pendant la fermentation des moûts des pommes de terre, ce qui n'est pas étonnant, attendu que ceux-ci contiennent une quantité sensiblement plus grande de matières fermentescibles.

Nous avons vu que la fermentation principale des moûts de pommes de terre est rapide et tumultueuse, est-elle se termine en 12 heures, et est suivie par la fermentation complémentaire.

La fermentation principale des mélasses est, au contraire, tranquille et n'est pas suivie de fermentation complémentaire.

L'explication de ce fait que *les moûts de mélasse ne subissent pas la fermentation complémentaire* est très simple à donner. Dans les moûts de pommes de terre et de grains qui contiennent de la dextrine, le sucre seul est d'abord détruit, ce qui donne lieu à la fermentation principale; la dextrine ne se transforme qu'après en maltose sous l'action de la diastase et donne alors naissance à la deuxième phase de la fermentation.

Les jus de mélasses, au contraire, ne contiennent que du sucre

de canne qui, sous l'action de la levure, se transforme rapidement et d'une manière continue, en sucre interverti.

Les moûts de pommes de terre et de grains contiennent en outre en abondance des matières albuminoïdes qui sont très propres à la nutrition de la levure. Aussi lorsque la levure a été introduite dans ces moûts, elle croît et se multiplie avec une grande vivacité avant de produire la fermentation. Cette grande quantité de levure donne lieu à une fermentation tumultueuse.

Les jus de mélasse, par contre, ne peuvent fournir à la levure que les aliments nécessaires à sa nourriture, qui proviennent du levain de malt qu'on y a introduit; *la levure n'y est donc jamais en excès, et c'est sans doute pour cette cause que la fermentation des mélasses n'est jamais tumultueuse.*

**G. CHUTE DE LA FERMENTATION DES MÉLASSES.** Le degré de chute des mélasses après fermentation ne doit pas être comparé à celui des moûts de pommes de terre ou de grains. Il faut, en effet, tenir compte que  $\frac{1}{3}$  de la quantité des diverses substances qui la composent et qu'indique l'aréomètre, sont des matières non sucrées, de telle sorte qu'après une fermentation complète, il doit encore rester dans le jus fermenté  $\frac{1}{3}$  des substances que le saccharomètre indiquait à l'origine. Une mélasse qui, par exemple, a été mise en fermentation à  $12^{\circ}$  Beaumé =  $21^{\circ}.6$  du saccharomètre tombera au moins à  $4^{\circ}$  Beaumé ou à  $7^{\circ}.2$  sacch., si l'on dépouille le jus fermenté de son alcool. Dans la pratique on fait ces constatations dans le vin renfermant l'alcool qui abaisse naturellement un peu son poids spécifique, ce qui fait que l'on tomberait à un degré un peu inférieur.

D'autre part, comme on n'arrive jamais à une fermentation absolument complète, il faut s'estimer heureux lorsque le jus perd pendant sa fermentation les  $\frac{2}{3}$  de son poids aréométrique, fait qui arrive d'ailleurs rarement.

Pour que le degré de chute soit inférieur à  $4^{\circ}$  Beaumé, il faut avoir fait fermenter à faible densité.

**H. RENDEMENT EN ALCOOL DES MÉLASSES.** Comme on ne peut pas introduire dans une cuve à fermenter de capacité donnée, la

même quantité de matières fermentescibles sous la forme de mélasses, que sous celle de moûts de grains ou de pommes de terre, il en résulte que le rendement des mélasses établi par rapport à la capacité est inférieur à celui de ces moûts, quoiqu'avec les mélasses on ait l'avantage de pouvoir remplir complètement les cuves. Aussi faut-il regarder comme satisfaisant un rendement à la capacité de  $8\frac{1}{2}\%$ , comme bon celui de  $9\%$  et comme exceptionnel celui de  $9\frac{1}{2}\%$ .

Le rendement de 100 kgr. de mélasses est, en moyenne, de 26 à 30 % d'alcool pur en vol.

Les distillateurs de mélasses regardent comme satisfaisant un rendement de 28 %.

Le rendement le plus élevé que l'auteur ait obtenu d'une mélasse contenant, il est vrai, 50 % de sucre est de 32,94 %, rendement qui est d'ailleurs tout-à-fait exceptionnel.

Les chiffres que nous venons de citer, contiennent l'alcool provenant du malt que l'on ajoute sous la forme de levain, à la mélasse ; il faut par suite déduire cette quantité lorsqu'on veut avoir le rendement réel du sucre de la mélasse. On peut admettre en moyenne qu'on introduit dans la mélasse par le levain 6 kgr. de malt sec par 100 kgr. de mélasse. Ce malt contient généralement 70 % d'amidon ; c'est donc de 4,2 kgr. d'amidon qu'on a à tenir compte, soit de 3,01 litres d'alcool pur (en admettant pour le malt un rendement de 71,6 %). En déduisant cette quantité des rendements cités plus haut, on obtient les chiffres réels pour la mélasse seule :

p. 100 kilos de mélasse.		p. 100 kilos de sucre.	
26 lit. alcool.	— 3,01 = 21,06 lit. % = 44,3	lit. % = 65,3	% du rendem. théor.
28    "      "	— 3,01 = 23,06   " % = 48,5	"      " = 71,5	"      "
30    "      "	— 3,01 = 25,06   " % = 52,7	"      " = 77,7	"      "

La transformation du sucre donc est bonne et aussi complète que celle de l'amidon des grains et des pommes de terre, ce qui n'est pas étonnant d'ailleurs, car dans la fermentation des mélasses on n'a même pas à compter avec l'action si subtile de la diastase.

*Gaillet* estime qu'on obtient en moyenne en travail normal 85 % du rendement théorique ; on n'atteint pas toujours ce chiffre dans

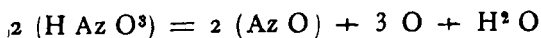
un travail en grand. Gaillet donne les résultats suivants correspondant à la fabrication du 15 mars au 2 mai d'une distillerie de mélasses française :

Pendant cette période 1143371 kgr. de mélasse à 40° Beaumé ont été mis en œuvre et ont produit 3304,22 hectolitres d'alcool du commerce à 90° ; soit 28,898 litres d'alcool à 90° par 100 kgr. de mélasse à 40° Beaumé. La théorie aurait donné 37,424 litres ; l'écart entre le rendement théorique et la pratique a donc été de  $37,424 - 28,898 = 8,526$  correspondant à une perte de 22,77 %. Le rendement de 28,898 à 90° équivaut à peu près à celui de 26 % en alcool pur.

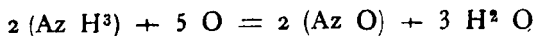
I. PHÉNOMÈNES ANORMAUX QUI SE PASSENT PENDANT LA FERMENTATION DES MÉLASSES. La fermentation des mélasses est plus sujette que celle des moûts de pommes de terre et de grains à des incidents anormaux qui consistent surtout en une mise en train tardive et difficile et une fermentation lente et faible. La cause de ces mauvaises fermentations est le plus souvent due à la préparation défectueuse de la levure, et c'est alors à cette dernière qu'il faut donner tous les soins.

Une fermentation défectueuse qui se produit quelquefois et qui a été spécialement décrite par *Schlösing* et *Dubrunfaut* est la *fermentation nitreuse*. Toutes les mélasses contiennent plus ou moins de nitrates ; ces sels, sous certaines influences, donnent naissance à du bioxyde d'azote Az O qui, au contact de l'air, se transforme en acide hypoazotique, lequel se reconnaît à ses vapeurs rutilantes.

Le bioxyde d'azote est formé par l'acide azotique suivant la formule :

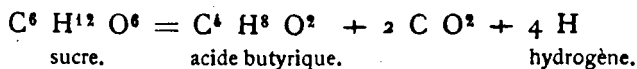


D'après Reiset, le bioxyde d'azote serait dû sans doute à la décomposition de l'ammoniaque qui se trouve aussi en petite quantité dans les mélasses :



La première réaction paraît cependant plus plausible.

Lorsque les cuves à fermenter ou les vases à levure ne sont pas très propres, il en résulte assez souvent un ferment nuisible donnant naissance à la fermentation butyrique qui décompose le sucre en acide butyrique, d'après la formule :



Il se forme donc pendant la fermentation butyrique de l'hydrogène, à l'état *naissant*, qui, à cet état, a des propriétés réductrices bien connues en chimie ; aussi est-il bien probable que dans ce cas l'acide azotique est réduit en bioxyde par l'hydrogène naissant qui s'empare de l'oxygène de l'acide azotique pour former de l'eau. Il s'en suit que ce que l'on appelle la fermentation nitreuse ne serait pas une fermentation particulière, mais seulement le résultat de la fermentation butyrique des liquides contenant des nitrates.

Il serait donc facile de l'éviter, car la fermentation butyrique est toujours la suite d'un manque de propreté et de soins et ne devrait jamais avoir lieu dans une distillerie bien conduite. En veillant à la propreté et en apportant tous les soins voulus dans le travail, on supprimera la cause de la fermentation nitreuse et, par suite, cette fermentation elle-même. On propose aussi l'emploi de l'acide sulfurique pour empêcher la fermentation nitreuse ; il est en effet manifeste que cet acide arrête la fermentation butyrique.

#### DIFFICULTÉ QUE PRÉSENTE LA FERMENTATION DES MÉLASSES DE BETTERAVES.

Un des phénomènes les plus ordinaires qui se présentent dans les fermentations des mélasses de betteraves, est la difficulté de la fermentation, qui, plus ou moins grande, donne toujours lieu à des incidents fort désagréables. Les mélasses fermentant mal donnent, en effet, non-seulement de mauvais résultats, mais encore leur mauvaise influence s'étend sur celles de bonne qualité avec lesquelles elles sont mélangées qui, à leur tour, ne donnent pas la quantité d'alcool voulue.

Les fermentations difficiles se manifestent le plus souvent par un ralentissement progressif de la fermentation, et finalement par un

arrêt complet. Dans les cas les plus mauvais, la fermentation est très faible dès l'origine et cesse après un petit nombre d'heures.

Quelquefois la fermentation interrompue semble renaître, mais alors elle ne paraît pas produire de l'alcool, et l'auteur a pu se rendre compte que c'était la fermentation visqueuse avec production de mannite qui commençait.

La cause de ces fermentations difficiles était restée inexpiquée jusqu'à ces derniers temps, et, dans la première édition de cet ouvrage, Maercker n'avait pas pu éclaircir la cause de ce phénomène, mais depuis lors cette question a fait un grand pas, grâce aux expériences qu'a faites *Neale* à la station d'essais de Halle, et qui lui ont permis d'expliquer d'une manière satisfaisante l'origine de ces fermentations difficiles et en même temps d'indiquer le moyen de les éviter.

Voici ce qui ressort des expériences de *Neale* :

1<sup>o</sup> C'est que les mélasses qui fermentent difficilement contiennent quelquefois des acides gras volatils parmi lesquels l'acide formique et l'acide butyrique ont été reconnus d'une façon certaine. Ces acides gras volatils sont absolument contraires à la fermentation, de telle sorte que l'on aura souvent à chercher la cause de fermentations difficiles dans la présence de ces corps.

Les chiffres suivants donnés par *Neale* montrent l'influence pernicieuse qu'ont ces acides gras volatils sur la fermentation :

	la fermentation commence à se ralentir sous l'action de	la fermentation s'arrête complètement sous l'action de
Acide acétique . . . . .	0,50 %	1 %
» formique . . . . .	0,20 »	0,30 »
» propionique..	0,15 »	0,30 »
» valérique . . . . .	0,10 »	0,15 »
» butyrique . . . . .	0,05 »	0,10 »
» caproilique . . . . .	—	0,05 »

Il ne paraît pas d'après ces chiffres y avoir de connexité entre la composition de ces acides gras et l'intensité de leur force antiseptique. Tout au plus pourrait-on mettre en avant que ceux qui sont riches en carbone, ont une action antiseptique plus marquée que ceux qui en contiennent peu ; ce rapprochement n'est même pas général, car l'acide acétique et l'acide valérique n'ont pas sur la

fermentation une influence retardatrice en rapport avec la proportion de carbone qu'ils contiennent.

Il n'en reste pas moins établi que les acides gras volatils sont des antiseptiques énergiques et, comme *Neale* a constaté que la proportion de ces acides dans les mélasses fermentant difficilement dépassait 1 %, il est hors de doute que cet inconvénient est dû à leur présence.

Reste à savoir comment ces acides gras se forment dans les mélasses. *L'acide formique* prend naissance sous l'action de l'acide nitrique très dilué sur les diverses sortes de sucre, acide qui provient lui-même des nitrates contenus dans les betteraves ; on sait, d'après *Emmerling*, que les oxalates et les nitrates peuvent se décomposer en mettant de l'acide nitrique en liberté. Il peut donc très bien se former de l'acide formique dans les diffuseurs des sucreries, mais seulement quand on travaille des betteraves riches en nitrates.

*L'acide butyrique* est le produit d'une fermentation spéciale du sucre qui a pour effet de le détruire avec formation d'acide butyrique, d'acide carbonique et d'hydrogène suivant, la formule :



La formation d'acide butyrique dans les vases de diffusion ne paraît pas être un fait rare, car de différents côtés on a signalé dans les diffuseurs la présence de gaz explosibles. Cette propriété d'explosibilité est due à l'hydrogène, ainsi que l'auteur a pu s'en rendre compte par analyse, et l'on doit en attribuer la formation à la fermentation butyrique. C'est d'autant plus probable que ces gaz explosibles se sont surtout produits pendant le travail de betteraves pourries ou gelées, particulièrement favorables au développement de la fermentation butyrique.

Quant à la cause de l'arrêt de la fermentation par ces acides gras, elle n'est pas connue encore ; ce qui est certain, c'est que ce phénomène n'est pas dû à la destruction des propriétés du ferment inversif.

2° *Neale* a aussi mis en évidence que lorsqu'on acidulait certaines mélasses contenant des nitrites, on mettait en liberté de l'acide nitreux dont les propriétés antiseptiques sont connues.



Les chiffres suivants sont les résultats des essais de Neale sur des mélasses fermentant bien et mises en fermentation à 12° Beaumé, qu'il additionnait d'une certaine proportion d'acide nitreux et dont il constatait périodiquement la diminution de densité au moyen d'un aréomètre :

Heures de fermentation.	I. Sans acide nitreux.	II. 0,058 % d'acide nitreux.	III. 0,029 % d'acide nitreux.	IV. 0,015 % d'acide nitreux.	V. 0,0058 % d'acide nitreux.
24	4° B.	12° B.	11,5° B.	11° B.	11° B.
48	3°,5 »	12° »	11° »	10°5 »	10° »
72	3°,5 »	12° »	10°,5 »	10° »	7°,6 »
96	3°,5 »	12° »	10° »	10° »	6° »

L'action anti-fermentescible de l'acide nitreux est donc encore plus énergique que celle des acides gras volatils, et l'on devra empêcher aussi bien la formation de l'acide nitreux que celle des acides gras, quand on voudra éviter les fermentations difficiles.

L'acide nitreux ne peut naturellement provenir dans les mélasses que de la réduction des nitrates qu'elles contiennent, réduction qui se produit souvent et, dans certaines circonstances, d'une manière régulière.

Maintes causes peuvent favoriser cette réduction ; pendant le cours de la fabrication du sucre, entr'autres, la production d'hydrogène à l'état naissant (agent le plus énergique pour réduire les nitrates à l'état de nitrites). Il se forme pendant la fermentation butyrique, dont nous avons parlé plus haut. L'hydrogène à l'état naissant peut aussi être le résultat de l'action des jus acides de betteraves sur les surfaces métalliques des diffuseurs et des autres appareils servant à la fabrication du sucre.

La mélasse contient aussi de nombreux produits de la décomposition du sucre et divers éléments des betteraves, de sorte qu'il est fort possible qu'une réduction des nitrates puisse avoir lieu sous l'action de certains composés organiques. C'est ainsi qu'une mélasse ne contenant à l'origine que des nitrates inoffensifs pourrait très bien, si elle était conservée à l'abri de l'air dans des cuves ou de grands réservoirs, devenir difficilement fermentescible par suite de la réduction de nitrates en nitrites.

Dubrunfaut a prétendu que la fermentation difficile décrite par Neale n'était autre chose que la fermentation nitreuse, mais

*Maercker* doit s'élever contre cette assertion. La fermentation difficile provenant des acides gras volatils, implique l'action de l'acide nitrique ou de l'acide nitreux, mais la formation de l'acide butyrique est indépendante de ces combinaisons et constitue elle-même une cause de mauvaise fermentation, et l'arrêt de la fermentation que produit l'acide nitreux est autre chose que la fermentation dite nitreuse.

Dubrunfaut a en effet établi que, pendant la fermentation nitreuse, il se produisait du bioxyde d'azote qui s'emparait de l'oxygène de l'air et donnait naissance aux vapeurs rutilantes d'acide hypoazotique. Neale n'a, au contraire, constaté aucun dégagement de bioxyde d'azote, mais cependant une action antifermentescible très énergique.

Il est à présumer que la fermentation incomplète dont parle Dubrunfaut, était plutôt une fermentation butyrique pendant laquelle l'hydrogène à l'état naissant qui se formait, réduisait l'acide nitrique en bioxyde d'azote.

Dans tous les cas, l'arrêt de la fermentation dû à l'acide nitreux se formant dans les mélasses, diffère de la fermentation dite nitreuse.

L'exposition précédente ne serait pas complète si nous ne pouvions pas y ajouter qu'il y a un moyen pour empêcher cette difficulté de fermentation. Ce moyen a été heureusement trouvé, même avant que les expériences dont nous avons parlé aient établi l'influence pernicieuse des acides gras volatils et de l'acide nitreux, et qu'elles eussent permis d'arriver sûrement à un moyen d'empêcher la fermentation difficile. L'auteur avait déjà appris par le *D<sup>r</sup> Teuchert* que lorsque des mélasses, travaillées de la manière ordinaire, fermentaient difficilement, on pouvait ramener une fermentation normale en y introduisant de la *craie*. Depuis lors, l'auteur entendit dire que ça et là on avait employé avec succès cette substance contre les fermentations difficiles, sans savoir à quoi attribuer son efficacité.

Il est facile de s'en rendre compte maintenant que nous savons que la fermentation difficile est due aux acides gras et à l'acide nitreux, quand ils sont à l'état libre et non quand ils sont sous forme de sels. C'est pourquoi Neale obtenait d'excellentes fermentations avec des mélasses fermentant difficilement, en saturant les

alcalis des mélasses avec des acides minéraux, en ayant soin de ne pas les employer en excès ou en se servant d'acides organiques faibles, par exemple d'acide tartrique. Dans ces deux cas les acides antifermentescibles n'étaient pas mis en liberté et la fermentation se poursuivait normalement.

On arrive au même but d'une manière encore plus simple et plus certaine en ajoutant un excès d'acide, comme on le fait habituellement, et en saturant cet excès d'acide avec de la craie. Ce moyen est excellent pour éviter les fermentations difficiles. Avant qu'il fût connu, on employait divers procédés, notamment la cuisson prolongée dans des vases ouverts après avoir préalablement acidulé ces mélasses. Après ce traitement, les mélasses fermentaient bien, ce qui s'explique facilement par le fait que les acides gras volatils dont Neale a signalé l'action antifermentescible, n'existent plus après cette cuisson.

L'emploi de la craie doit donc être chaudement recommandé, et l'on a de nombreux exemples pratiques de son efficacité. *E. de Siemens* avait déjà constaté l'influence funeste des acides libres sur la fermentescibilité des mélasses et conseillait de faire cuire les mélasses difficiles à fermenter, en présence d'un excès d'acide, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun dégagement de vapeurs acides.

*Fiedler* comparant ce dernier procédé à la saturation à la craie, préconisée par Maercker et par Neale, a trouvé que si l'on pouvait obtenir par cette méthode une bonne fermentation et un rendement dans une certaine mesure satisfaisant, on n'atteignait pas les résultats auxquels la neutralisation permet d'arriver. Il obtint 53 litres 77 d'alcool pur en distillant 780 litres de jus de mélasse fermenté et qui, avant fermentation, avait été cuite avec addition d'acide sulfurique, tandis que la même quantité de mélasse saturée à la craie lui donna 65 litres 03 d'alcool pur.

*Bauer* donne l'exemple suivant de l'heureux effet que peut avoir la neutralisation de la mélasse même pendant la fermentation : Deux mélasses fermentaient en même temps et l'on constata pendant la fermentation une formation d'acide lactique de 10,8 gr. par litre; on neutralisa avec du carbonate de chaux une de ces mélasses et l'on introduisit dans toutes deux 50 kilos de levure de bière par cuve de 220 H<sup>08</sup>.

La cuve non neutralisée donna un rendement de 584 litres d'alcool pur, tandis que celle qui avait été saturée donna 740 litres et cela tout simplement parce que les acides antifermentescibles avaient été transformés en sels neutres inoffensifs.

#### VALEUR DES VINASSES DE MÉLASSES.

La valeur des vinasses de mélasses comme aliment n'est pas grande. Les mélasses ne contiennent, en effet, que peu d'azote provenant des amides de la betterave ; la faible proportion de protéine qu'elles renferment provient, en partie, du malt sec ayant servi à la fabrication de la levure artificielle et, en partie, de la transformation que la levure fait subir pendant sa croissance aux amides des moûts. Elles ne peuvent donc pas avoir grande valeur comme aliment azoté.

Il y aurait encore comme élément nutritif dans les mélasses les quantités de sucre échappées à la fermentation, mais, d'autre part, il faut porter en compte la forte proportion de sels qu'elles contiennent qui les rendent peu propres à l'alimentation. Aussi s'abstient-on, en général, complètement d'utiliser, comme aliment pour les animaux, les vinasses de mélasses ; à peine les distribue-t-on quelquefois au bétail mélangées avec des drèches de pommes de terre ou de grains, et, même dans ces conditions Maercker croit, que l'effet qu'elles produisent est très problématique.

Voici deux analyses de vinasses de mélasses que donne *Stammer* :

	I.	II.
Poids spécifique.....	9,7 % sacch.	13 % sacch.
Eau .....	90,9 »	88,5 »
Matières organiques...	5,3 »	7,6 »
Cendres.....	3 »	3,9 »
Azote.....	0,38 »	0,5 »
Potasse .....	1,30 »	1,94 »

On a donc dû chercher une autre utilisation des vinasses de mélasses, qu'on a trouvée dans la fabrication du carbonate de potasse, de l'ammoniaque ou des engrais.

Pour fabriquer du carbonate de potasse, on évapore la vinasse et l'on calcine le résidu de cette évaporation. On obtient

ainsi un *salin* riche en carbonate de potasse et qui a la composition suivante :

Echantillon N° I exempt d'acide carbonique. Échantillon N° II carbonaté.  
100 parties de salin contiennent :

I.		II.	
Eau.....	6,5 parties.	humidité.....	2,93
Carbone.....	9,2 "	matières insolubles....	18,03
Acide phosphorique....	1 "	sulfate de potasse.....	7,19
Potasse.....	32,1 "	chlorure de potassium .	19,24
Soude.....	11,5 "	carbonate de potasse..	34,94
Chaux.....	3,5 "	carbonate de soude....	17,14
Magnésie.....	0,8 "	éléments non détermi-	
Acide sulfurique.....	7,2 "	nés et pertes.....	0,53
Chlore.....	11,1 "		
Acide silicique. ....	4,1 "		100 parties.
Oxyde de fer.....	5 "		

En raffinant ces salins on obtient une potasse assez pure.

Jusqu'à ces dernières années, le procédé de concentration et de calcination des vinasses était seul employé ; mais comme l'incinération entraînait la perte totale des éléments azotés, on a essayé depuis quelques années par divers moyens d'utiliser les produits de la distillation des vinasses concentrées.

Le procédé qui paraît être le meilleur est celui de *Vincent*. Dans ce procédé, au lieu de calciner la mélasse dans des fours ouverts comme ceux de *Porion*, on la distille après concentration dans des cornues fermées et l'on recueille les produits pouvant être condensés, tandis que les gaz sont ramenés sous la grille du foyer qu'ils alimentent. *Vincent* a trouvé dans les produits condensés non-seulement des carbonates, du sulfhydrate d'ammoniaque et des cyanures, mais encore de l'esprit de bois ou alcool méthylique, du chlorhydrate de triméthylamine et un certain nombre de composés de la série des acides gras monobasiques.

Dans la grande distillerie de Tilloy, Delaune et C<sup>e</sup>, à Courrières, qui est dirigée par *M. Vincent*, on met journellement en œuvre 9000 kgr. de mélasse produisant 250 H<sup>os</sup> d'alcool fin et 4000 kilos de *vinasse concentrée*. On retire de cette dernière 10000 kilos de sels de potasse et des produits condensés se composant, d'une part, de 16000 kilos de sulfate d'ammoniaque, 1000 kilos d'alcool méthylique et 1800 kilos d'eaux-mères concentrées et de

sels de triméthylamine et, d'autre part, de 400 kilos de goudron. Ces sels de triméthylamine qui n'ont aucune valeur par eux-mêmes sont transformés en ammoniacque condensable et en chlorure de méthyle gazeux que l'on condense à une température de 15° sous une pression de 4 atmosphères. On sépare facilement le mélange gazeux de l'ammoniacque et du chlorure de méthyle en le traitant par de l'acide chlorhydrique étendu qui s'empare de l'ammoniacque.

Le chlorure de méthyle est un produit qui a une grande valeur, il sert pour la production du froid, la préparation de la méthylaniline employée à la fabrication des couleurs d'aniline et l'extraction des essences végétales.

Un procédé analogue à celui de Vincent a été breveté en Allemagne par *Haring, Ehrenberg et C<sup>o</sup>* et *Baswitz*. Il est basé sur les mêmes principes et permet d'obtenir les mêmes produits, mais il a pour but principal la production des sels ammoniacaux.

*Ernst* recueille l'azote contenu dans la vinasse sous la forme d'une poudre qu'on emploie ensuite comme engrais.

Pour l'obtenir sous cette forme, au lieu de distiller la mélasse, il la fait évaporer après l'avoir mélangée avec de l'acide chlorhydrique et du charbon de bois, ou avec 15 % d'acide sulfurique, une dissolution de sel de cuisine et 15 % de charbon de bois aussi poreux que possible.

## CHAPITRE IX

---

### FABRICATION DE L'ALCOOL A L'AIDE DE DIVERSES MATIÈRES PREMIÈRES.

---

#### 1. ALCOOL DE TOPINAMBOURS (*Helianthus tuberosus*.)

Les topinambours ne contiennent pas d'amidon, mais par contre du sucre (lévulose?) et une certaine quantité d'inuline. Ils contiennent 14 à 16 % de matières fermentescibles.

*Balling et Payen* se sont spécialement occupés de la fabrication de l'alcool de topinambours; d'après leurs travaux, ces tubercules paraissent être une matière première assez avantageuse pour la fabrication de l'alcool et ne pas offrir de difficultés dans la mise en œuvre.

Comme les topinambours ne contiennent pas d'amidon, mais du sucre et de l'inuline qui se transforme en sucre par simple cuisson avec de l'eau bouillante et, à plus forte raison, dans des appareils sous pression, il n'est pas nécessaire d'employer le malt pour saccharifier.

Si l'on ne veut pas transformer l'inuline et négliger cet élément, il suffit alors de râper le tubercule et de mettre en fermentation, avec de la levure de bière, le jus que l'on obtient ainsi. On emploie dans ce but les mêmes procédés et appareils que ceux qui servent à la fabrication de l'alcool de betteraves.

Comme les topinambours sont le plus souvent employés dans des distilleries montées pour le travail des pommes de terre, on ne peut pas toujours les traiter comme nous venons de le dire ; on les cuit alors sous pression et l'on écrase la masse sortant des cuiseurs au moyen des appareils spéciaux qui se trouvent dans toutes ces distilleries.

Les topinambours présentent souvent l'inconvénient de donner des jus visqueux, inconvénient que les betteraves offrent aussi et qui gêne beaucoup la fabrication ; aussi conseille-t-on de ne pas employer ces tubercules seuls, mais de les mélanger avec une certaine quantité de pommes de terre.

*Balling* obtint, en râpant et pressant des topinambours, un jus pesant  $17^{\circ}$  au saccharomètre et il y ajouta de la levure qui fit fermenter le liquide. Après fermentation, le jus qui marquait encore  $5^{\circ}$ , donna 5,14 litres % d'alcool pur.

Il prépara aussi des moûts en cuisant à la vapeur les topinambours ; le jus obtenu dut être étendu pour fermenter et tomba à  $4 \frac{1}{2}^{\circ}$  après fermentation.

*Payen* attribue aux topinambours une richesse plus grande. Il dit avoir obtenu un rendement de 9 litres d'alcool % kilos ; il paraît cependant bien difficile qu'on puisse retirer cette quantité d'alcool de 14 à 16 % de sucre.

Les données les plus complètes qu'on ait sur la distillation des topinambours sont de *Dieck* et *Tollens* ; ils en retirèrent les quantités suivantes d'alcool :

En employant l'acide sulfurique.....	8,66 lit. %
Sans employer           "           .....	7,75   "

On ne peut donc que recommander d'intervertir le sucre au moyen de l'acide sulfurique dilué. On peut dire, d'une manière générale, que les topinambours méritent comme matière première pour la distillerie une place plus grande que celle qu'ils ont occupée jusqu'ici.

*Ellenberger* nous a communiqué les résultats obtenus dans une distillerie du Sud de l'Allemagne où 1400 kilos de topinambours donnèrent 2350 litres de moût à 15 % de sucre, lequel fermenta jusqu'à  $4^{\circ}$  et fut distillé à ce moment là, quoique encore en pleine



fermentation, par suite de circonstances particulières. Le rendement fut d'environ 10 litres d'alcool pur pour 100 kilos de topinambours.

## 2. ALCOOL DE CHICORÉE.

MM. *Dommerich* et C<sup>e</sup>, de Magdebourg, préconisent l'utilisation de la racine de la chicorée pour la fabrication de l'alcool.

Cette matière première contient :

Eau.....	70—80 %
Sucre.....	3—4 »
Matières organiques non azotées.....	16—23 »
Matières organiques azotées.....	2—4 »
Cellulose et matières minérales . . . . .	2—5 »

Soit en moyenne 24 % de sucre ou de matières organiques non azotées qui se transforment complètement par la cuisson en sucre fermentescible.

Il faut pour arriver à ce résultat 10 à 12 heures de cuisson sous pression ; si l'on ajoute 2 à 3 % d'acide sulfurique, trois heures suffisent.

## 3. ALCOOL DE RIZ.

On trouve souvent à acheter dans le voisinage des ports de mer des riz avariés et mouillés ; c'est pourquoi *Walter Schmidt* a indiqué d'une manière détaillée (*Zeitschrift für spiritus industrie*, page 229), comment on devait les travailler.

Voici d'après lui, la teneur en amidon de divers riz :

Riz de Siam non décortiqué.....	69,43 % d'amidon.
» Madras » .....	70,43 »
» Rangoon » .....	78,36 »
» Necransin » .....	67,15 »
» Aracan » .....	74,40 »
» Moulmain. » .....	73,45 »
<hr/>	
Minimum.....	67,15 % »
Maximum.....	78,36 »

*Schmidt* a traité le riz dans l'appareil d'Ellenberger, en employant 1600 litres d'eau par 1000 kilos de riz; il cuisait ensuite comme s'il avait traité du maïs. La vidange ne marchait pas bien, le riz en empois se collant sur les parois du cuiseur, On saccharifiait ensuite en employant 16 kilos de malt vert pour 100 kilos de riz. La fermentation s'effectuait très bien et le vin ne marquait ensuite que 0 ou  $\frac{1}{2}^{\circ}$  sacch. Cent kilos de riz à 68 % d'amidon donnèrent 34 litres 70 à 35 litres 20 d'alcool pur. Ce rendement n'est pas excessivement élevé, car il correspond à 47 à 48 litres d'alcool à 100° par 100 kilos d'amidon, y compris l'amidon du malt. Le goût et l'odeur de l'alcool de riz sont plus fins et plus purs que ceux de l'alcool de pommes de terre ou de maïs.

Dans les distilleries italiennes on fait bouillir le riz concassé pendant 3 à 4 heures à une température de 102 à 110° C., en employant 2 à 3 litres d'eau par kgr. de riz et 5 à 10 % du poids du grain d'acide sulfurique. On sature ensuite le jus saccharifié avec du carbonate de chaux ou du lait de chaux. L'alcool qu'on obtient de cette manière possède une odeur désagréable qui est d'autant plus forte que la saccharification s'est faite à une température plus élevée.

L'alcool de riz décortiqué est plus pur que celui de riz non-décortiqué. D'après *J. Bell*, cette mauvaise odeur est due à la formation d'acroléine qui se produit par l'action de l'acide sulfurique sur les matières grasses du riz ou sur la glycérine qui s'en est séparée. C'est ce qui explique que le riz non décortiqué qui contient plus de matières grasses que le décortiqué, produit un alcool répandant une odeur particulièrement mauvaise.

*Schmidt* conseille (*Zeitschrift f. Spir. Ind.* 1884, p. 530) de saccharifier la farine de riz avec une certaine quantité de pommes de terre. Le riz est en effet riche en matières grasses et ne contient que 9 à 10 % de matières protéiques, ce qui est peu; l'adjonction de pommes de terre recommandée par *Schmidt* paraît donc judicieuse. L'opération se poursuit sans difficulté.

#### 4. ALCOOL DE SARRASIN.

*Knobloch* a essayé d'employer le sarrasin à la fabrication de l'alcool. Comme cette graine contient 50 à 60 % d'amidon, elle

est parfaitement propre à cet usage, quand son prix le permet; comme elle contient en outre 8 à 10 % de matières albuminoïdes, sa drêche constitue un aliment d'une grande valeur.

*Knobloch*, (voir l'annuaire de Wagner de 1857, page 319) après avoir moulu le sarrasin très fin, le laissait tremper pendant 3 heures dans de l'eau chaude à 85° C. ; il refroidissait ensuite le mélange à la température voulue pour la saccharification et y introduisait 10 % du poids du grain de malt sec. Il laissait alors la saccharification s'opérer pendant une heure et demie, refroidissait à 19 <sup>1</sup>/<sub>2</sub>° C. et introduisait la levure de bière; après 48 heures la fermentation était terminée. Le rendement obtenu a été de 32,28 litres d'alcool à 100° par 100 kilos de sarrasin en comprenant aussi dans ce chiffre les 10 kgr. de malt employés. En faisant abstraction de l'alcool provenant du malt, soit de <sup>1</sup>/<sub>10</sub> de la quantité totale, le rendement est réduit à 29,06 litres d'alcool pur, ce qui correspond à 56 litres pour 100 kilos d'amidon, le sarrasin mis en œuvre contenant 52 % d'amidon. Ce résultat peut être considéré comme excellent.

Le sarrasin pourrait être employé non concassé, à condition de se servir après cuisson des nouveaux appareils d'écrasement.

Cette graine est fréquemment employée pour la fabrication de la levure pressée.

## 5. ALCOOL DE MILLET ET DE DARI.

*J. Schwartz* (Oester. Brenneri Zeitung 1879, page 193) a obtenu de l'alcool du millet. Il saccharifia la farine moulue grossièrement et, après avoir refroidi le jus, le mit en fermentation à 17° saccharométriques. La chute de la fermentation fut 1 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> à 3°; en moyenne 2,25° sacch.

*Le Dari* est une sorte de millet de l'Orient; c'est une excellente matière première; il contient 62 à 65 % d'amidon, se travaille facilement, et donne un alcool qui est beaucoup plus pur que celui de maïs et de seigle et est acheté volontiers par les rectificateurs. On le traite comme le maïs et l'on doit observer en le travaillant les mêmes règles que pour ce dernier grain à savoir : 1° mesurage exact de l'eau pour arriver à la proportion de 200 litres d'eau

par 100 kgr. de dari ; 2° Ébullition de l'eau, l'agitateur étant en mouvement ; 3° Première cuisson en gardant la soupape soufflante ; 4° Deuxième cuisson sous une pression de 3 à 4 atmosphères. La fermentation se poursuit sans difficulté et le rendement est bon. *Beust* a obtenu 43,50 litres d'alcool pur par 100 kgr. de dari, y compris le malt travaillé. La drèche de dari est saine et très nutritive.

## 6. LE LUPIN CONSIDÉRÉ COMME MATIÈRE PREMIÈRE.

On pourrait croire que la chimie a fait suffisamment de progrès pour indiquer à l'avance si un corps quelconque est propre ou non à la fabrication de l'alcool, et cependant on voit toujours encore faire des essais qui sont forcément très onéreux et infructueux pour retirer de l'alcool des matières premières les plus extraordinaires ; c'est le cas des lupins dans lesquelles l'analyse chimique a constaté depuis longtemps l'absence d'amidon, de sucre et de tout hydrate de carbone pouvant être facilement transformé en sucre. On trouve cependant, dans des écrits de 1884, plusieurs exemples d'essais faits sur cette matière. Aussi les résultats ont-ils été concluants, et le rendement le plus élevé obtenu a-t-il été de 5 litres % ; encore *Delbrück* prouve-t-il qu'en réalité on ne peut guère tirer plus de 1 % d'alcool de cette graine. Le seul argument qu'on puisse invoquer en faveur des lupins, est leur richesse en matières nutritives qui donne de la valeur à leur drèche ; ils n'en occupent pas moins inutilement, quand on les travaille, la capacité des cuves de fermentation qui, sans cela, seraient occupées par des substances produisant de l'alcool.

## 7. LES POIS CONSIDÉRÉS COMME MATIÈRE PREMIÈRE.

Les pois contiennent environ 50 % d'amidon et 22 % de matières albuminoïdes. Quoiqu'ils soient, en général, trop chers, ils peuvent dans des circonstances particulières servir de matière première pour la fabrication de l'alcool.

Dans un essai relaté par la *Zeitschrift f. Spir. Ind.* (année 1884, page 1078), on a obtenu 22,6 litres d'alcool pur par % kgr. de pois et 43.6 litres par 100 kilos d'amidon. Le rendement par hectolitre de capacité de cuve n'a été, cependant, que de 6 litres 56 d'alcool, la fermentation ayant été très tumultueuse, ce qui est souvent le cas pour les jus provenant de matières riches en substances azotées ; plus de 300 litres passèrent par-dessus les bords de la cuve, quoiqu'on eût employé tous les moyens usités pour faire tomber l'écume.

A part cet incident, tout s'est passé comme dans le travail du maïs.

## 8. ALCOOL DE MARRONS D'INDE.

Voici d'après *Dietrich*. et *König* la composition des marrons d'Inde (*aesculus hippocast.*).

	Pelés.	Non pelés.
Eau .....	49,98	48,98
Matières azotées .....	3,13	6,28
Corps gras .....	2,12	1,54
Matières extractives non azotées ..	43,17	39,59
Cellulose .....	0,80	2,02
Cendres .....	1,80	1,59

Les marrons d'Inde présentent un inconvénient ; c'est la forte proportion de tannin qu'ils renferment. D'après *Balling*, il faut, si l'on veut obtenir une fermentation complète, extraire ce corps des marrons moulus, au moyen d'une faible solution de soude. *Balling* obtint de cette manière des jus pesant 12,9° et 9,75° au saccharomètre qui fermentèrent pendant 48 heures et tombèrent à 1,6° et 1,25°. Le rendement n'a été que de 6 litres 33 d'alcool pur pour 100 kilos de marrons d'Inde. On ne peut d'ailleurs guère employer cette matière première, car il faut sécher les marrons pour les conserver. Les *châtaignes comestibles* contiennent environ 60 % de sucre et d'amidon.

## 9. LES CAROTTES GÉANTES.

Les carottes géantes sont recommandées par *Aubert* comme matière première pour la fabrication de l'alcool. Un hectare de

terrain peut en produire de 40000 à 60000 kgr. et même jusqu'à 80000 kgr., alors que la récolte de betteraves ne dépasse guère 20000 à 38000 kgr. par hectare.

La carotte géante contient :

Eau.....	87, %
Matières protéiques.....	1,2 »
» grasses.....	0,2 »
» extractives non-azotées.....	9,6 »
» minérales.....	0,8 »
Cellulose.....	1,2 »

Les 9,6 p. % de matières extractives non azotées se composent, en partie, de sucre qui est directement fermentescible et, en partie, d'amidon. Aussi *Bosset* conseille-t-il, au lieu de presser simplement la pulpe de carottes, de la saccharifier avec 2 à 3 p. % de malt concassé.

Le rendement moyen en alcool qu'a trouvé *Aubert*, en expérimentant des carottes, est de 13.58 litres d'alcool à 80° pour 100 kilos de carottes. *Aubert* estime, d'après ces chiffres, que la carotte géante peut entrer en concurrence avec la betterave et la pomme de terre.

## 10. ALCOOL DE GENIÈVRE.

Les baies de genièvre renferment 13 p. % de dextrose; on en a obtenu, en les faisant fermenter avec addition d'eau, dix mesures autrichiennes, soit quatorze litres d'eau-de-vie à 20° Tralles, pour 100 kilos de baies.

## 11. ALCOOL DE FIGUES.

Les figues sont connues pour être très riches en sucre et, dans certaines circonstances, quand elles sont à bas prix, elles constituent une excellente matière première pour la distillerie.

*Robinet* a tiré de 18 kgr. de figues, 1 litre d'alcool à 85 1/4° Tralles.

D'après *Reincke* les figues indiennes contiennent 58,08 p. % de

dextrose. Un essai de fermentation donna un rendement de 32,4 litres d'alcool pur par  $\frac{1}{10}$  kgr.

12. On fait aussi de l'alcool avec le fruit du CACTUS OPUNTIA ou FIGUE DE BARBARIE; 100 kgr. de ces figues doivent donner 18 à 19 kgr. d'alcool à 85  $\frac{1}{4}$ ° Tralles.

### 13. ALCOOL DE CHIENDENT (*triticum repens*).

*Rabourdin* a recommandé la racine de chiendent pour la fabrication de l'alcool. Cette plante ne contient cependant du sucre qu'après avoir germé; par contre, elle est assez riche en amidon. Comme on ne peut faire germer ces racines que difficilement, *Rabourdin* conseille de les faire bouillir dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, de neutraliser ensuite le jus à l'aide de chaux et de mettre en fermentation avec addition de levure. On obtient ainsi un jus marquant 7° au saccharomètre et qui fermente jusqu'à 2°. *Rabourdin* a obtenu un rendement de 20 litres d'eau-de-vie à 35° Tralles pour 100 kilos de racines, équivalant à 7 lit. 5 d'alcool pur. En supprimant la saccharification, on n'a obtenu que 1 lit. 80 d'alcool par 100 kgr. de chiendent.

### 14. ALCOOL D'ASPHODÈLES (*asphodelus ramosus*).

L'asphodèle, qui croît à l'état sauvage dans le sud de l'Europe et en Afrique, est cultivée dans la France méridionale, en Italie, en Sardaigne, en Espagne et en Corse.

Cette plante qui a une hauteur de deux à trois pieds, possède une racine tuberculeuse qui peut être employée à la fabrication de l'alcool.

Voici l'analyse de cette racine donnée par *Marès* :

Eau.....	68,84 %
Cendres.....	0,75 »
Matières grasses.....	2,20 »
Matières pouvant être transformées en glucose par les acides et les ferments	18,25 »
Pectine.....	2,30 »
Albumine.....	0,42 »
Cellulose.....	7,00 »

Les éléments de l'asphodèle susceptibles d'être transformés en alcool sont des corps qui semblent se rapprocher des matières pectiques, lesquelles sous l'action des acides et des ferments deviennent fermentescibles. On peut travailler les asphodèles de trois manières différentes :

1° On râpe les racines, on dilue la pulpe autant que cela est nécessaire et on la met en fermentation en introduisant dans le jus 200 grammes de levure pressée pour 100 kilos de racines. Le rendement obtenu par ce procédé est de 3 litres 30 à 3 litres 80 d'alcool pur pour % ;

2° On presse la pulpe obtenue en râpant les asphodèles ; on chauffe le jus à 20° à 24° et l'on met en fermentation en ajoutant 250 gr. de levure sèche par hectolitre de jus ; on arrive ainsi à un rendement de 4 litres 30 à 4 litres 80 d'alcool pur pour 100 kilos de racines ;

3° On ajoute à la pulpe 50 à 60 % d'eau acidulée avec 2 ou 3 % d'acide sulfurique ou 5 à 6 % d'acide chlorhydrique et l'on saccharifie en faisant bouillir pendant 7 à 8 heures.

Le jus est ensuite saturé avec de la craie et mis en fermentation au moyen de levure. Ce procédé donne les meilleurs résultats et permet d'obtenir de l'asphodèle 5 litres 80 à 6 litres 70 d'alcool pur par 100 kilos de racines.

Il est à remarquer que les racines d'asphodèles paraissent, à mesure qu'elles vieillissent, s'enrichir en substances propres à se transformer en matières fermentescibles.

*Grouven* prétend n'avoir trouvé dans de jeunes plantes que 7,57 % d'hydrates de carbone.

*Delbrück* a fait des expériences sur les asphodèles, dans la distillerie d'essai de Biesdorf, et a trouvé 14,6 de matières fermentescibles, en les extrayant simplement au moyen d'eau, et 19,1 % en intervertissant à l'aide d'acide chlorhydrique. Ces chiffres correspondent à 7 litres 9 et 10 litres 3 d'alcool pur. Les racines, assez ligneuses, résistaient à l'action de la vapeur sous pression dans l'appareil de Henze, et *Delbrück* a été obligé de les couper en tranches fines avant de les cuire.

Le jus obtenu fermentait bien, mais le résultat dans l'ensemble n'a pas été bon. *Delbrück* pense que l'on aurait eu peut-être plus



de succès, en employant la diffusion pour extraire le jus. Les animaux ne veulent pas consommer la drèche d'asphodèles.

### 15. ALCOOL DE SORGHO ET DE MAÏS VERT.

Les tiges de sorgho mûr contiennent 10 à 15 % de sucre, et le maïs vert 5 à 10 % au temps de la floraison.

Ces deux plantes peuvent donc être employées pour la fabrication de l'alcool dans les pays où l'impôt n'est pas basé sur la capacité des cuves.

Pour tirer de l'alcool de ces plantes, on commence par exprimer le jus des tiges en les écrasant. Le suc obtenu fermente directement comme le jus de betteraves sans qu'il soit nécessaire d'employer de la levure. L'alcool que l'on produit ainsi possède cependant une odeur et une saveur désagréables, rappelant celles des parties vertes des plantes. C'est pourquoi *Vilmorin* conseille de cuire le jus avec environ  $\frac{1}{800}$  de son poids de copeaux de bois de bouleau jusqu'à ce que le volume ait diminué des  $\frac{2}{3}$ . Il faut naturellement, après la cuisson, refroidir le jus à la température voulue pour la fermentation et mélanger avec du jus frais et de la levure de bière.

Lorsque la fermentation est en train, on peut couper le jus en fermentation avec du jus frais.

*Wiley* préconise pour la distillation, la mélasse provenant de la fabrication du sucre de sorgho : Un gallon = 5,5 kgr. de mélasse donne environ 1,375 kgr. d'alcool pur. *Reincke* a fait l'analyse de la mélasse de sorgho et a trouvé 58 à 64 % d'extrait correspondant à 44,46 à 47,96 % de dextrose. Cent kilos de mélasses donnèrent 26,3 à 29 litres d'alcool pur, ce qui confirme les données indiquées ci-dessus.

### 16. ALCOOL DE MARC DE POMMES.

*Larroque* a distillé le marc provenant de la fabrication du cidre et le croit propre à la fabrication de l'alcool ; il en a obtenu 3 à 4 % d'alcool d'un goût tout-à-fait supérieur et d'une odeur agréable.

### 17. ALCOOL D'ARBOUSES (*Arbutus unedo*).

On fait, paraît-il, de l'alcool d'arbouses dans le Levant, en Italie et en Espagne; 100 kilos d'arbouses peuvent donner 4 à 5 % d'un alcool dont l'odeur rappelle celle de la groseille à maquereau. On ne fabrique pas industriellement l'alcool d'arbouses.

### 18. RÉSIDUS PROVENANT DE LA FABRICATION DE L'AMIDON DE POMMES DE TERRE.

Les résidus provenant de la fabrication de l'amidon de pommes de terre, contenant des quantités notables d'amidon, sont employés à la fabrication de l'alcool. Ces résidus sont cuits sous pression et saccharifiés au malt, d'après les procédés ordinaires. Jusqu'à présent on n'a pas obtenu de résultats bien satisfaisants, l'amidon se séparant difficilement de la cellulose qui l'enveloppe.

Cette séparation s'opérerait probablement d'une manière plus complète si l'on employait les acides chlorhydrique ou sulfurique, dont on pourrait introduire une petite quantité dans le cuiseur.

### 19. ALCOOL DE GARANCE.

La racine de garance donne de l'alcool comme sous-produit qu'on obtient en extrayant à l'eau le sucre contenu dans cette racine, avant même d'en retirer la couleur. Pour arriver à ce but, on broie la racine séchée de manière à la réduire en poudre fine, sur laquelle on verse de l'eau chaude. Le jus que l'on obtient et qui marque 3 à 4° sacch. est mis en fermentation à l'aide de levure; quand la température extérieure est assez chaude, il fermente seul.

L'alcool de garance possède une odeur excessivement pénétrante qui le rend impropre à la consommation; par contre, il s'emploie pour la fabrication des vernis. *Gunning* attribue l'odeur de l'alcool de garance à la proportion d'aldéhydes qu'il contiendrait.

D'après Jeanjean cet alcool renfermerait en outre les alcools de la série supérieure propylique, butylique et amylique, un camphre

déviant à gauche le plan de la lumière polarisée et un hydrate de carbone isomère de la thérébentine.

Depuis que la culture de la garance a été presque complètement abandonnée par suite de la fabrication artificielle de l'alizarine, la distillation de cette racine, qui serait très onéreuse sans la production de garance, n'est plus pratiquée.

Les analyses des deux matières suivantes prouvent qu'elles sont aussi susceptibles de produire de l'alcool.

	Eau.	Cendres.	Protéine.	Amidon.	Rendement p. % kgr.
20 Tapioca .....	12,70	0,78	1,55	75	37,1
21 Farine de Manioc...	12,03	1,41	0,70	75	37,4

## 22. ALCOOL DE LICHEN.

Le lichen des rennes (*cladonia rangiferina*) et le lichen d'Islande (*cetraria islandica*) contiennent, d'après *Steenberg*, en outre de quelques centièmes d'amidon, une cellulose se rapprochant de l'amidon que Muller appelle amylocellulose (lévuline?) et qui, bouillie avec les acides étendus, se transforme facilement en sucre fermentescible. Voici l'analyse que *Muller* donne du lichen des rennes :

Eau.....	9,5 %
Matières protéïques.....	2,6 »
Matières grasses.....	1,4 »
Cellulose .....	13,4 »
Amidon et amylocellulose.....	72,1 »
Cendres.....	1,0 »

*Steenberg* qui a acquis de la notoriété dans la fabrication de l'alcool de lichens, avait commencé à les saccharifier à l'acide sulfurique, mais, comme le sulfate de chaux produit par la saturation de cet acide est nuisible à la fermentation et à la nourriture des animaux, il le remplaça par l'acide chlorhydrique qu'il saturait avec de la soude. Il se formait alors du chlorure de sodium (sel marin) qui est utile plutôt que nuisible aux animaux.

L'inversion de l'amylo-cellulose doit s'effectuer, d'après Muller, à l'aide d'acides très dilués, afin de ne pas détruire le sucre existant dans la plante. C'est ainsi qu'il obtint en agissant sur 100 parties de lichen :

Proportion d'acide.....	20	10	5	2 1/2 %
Proportion de sucre.....	30,2	43,4	52,6	64,3 »

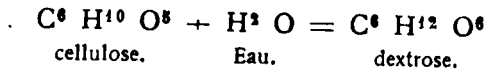
On peut même retirer de ces mousses 70 p. % de sucre; les moûts que l'on obtient sont dilués jusqu'à ce qu'ils ne marquent que 5° au saccharomètre et ils doivent fermenter très bien.

On a retiré 25 litres d'alcool de 100 kgr. de mousses sèches, ce qui correspond à 36 litres pour 100 kgr. de sucre.

La distillation des lichens doit être devenue une grande ressource pour les districts pauvres de la Suède et de la Norvège septentrionales.

### 23. ALCOOL DE BOIS.

Le procédé pour retirer de l'alcool du bois est ancien et a été déjà indiqué en 1854, par *Arnould*; il est basé sur la propriété qu'a la cellulose de se transformer en dextrose par la cuisson en présence des acides étendus, d'après la réaction :



D'après cette formule, la cellulose aurait la même valeur pour la distillerie que l'amidon. Malheureusement la transformation de la cellulose en dextrose ne se fait pas avec la même facilité que celle de l'amidon; il faut faire bouillir la cellulose pendant un temps très long avec des acides assez concentrés pour arriver à en transformer une partie notable.

On peut cependant avec des acides étendus obtenir de petites quantités de dextrose. C'est ainsi que *Zetterlund* obtint en faisant cuire de la sciure avec 8 p. % de son poids d'acide chlorhydrique, dilué avec de l'eau en quantité voulue, sous une pression de 0,116 kgr. par cent. carré :

Après 8 h. 1/2 de cuisson,	une solution contenant	3,33 %	de dextrose.
» 11 h.	»	4,38	»

Ce dernier résultat correspond à une transformation de 19,67 % de la sciure en sucre. Cette solution neutralisée fut mise en fermentation à l'aide de levain de malt et l'on obtint 7,70 litres d'alcool pur par cent kilos de sciure.

Il paraît, d'après toutes les données que nous avons, que la fabrication de l'alcool avec du bois revient trop cher, par suite de la difficulté de la transformation de la cellulose en sucre, pour pouvoir être appliquée industriellement. Il y a cependant un procédé, inventé par *Bachet et Machard*, et que *Payen* a amélioré, qui est digne d'attention, car il permet d'obtenir l'alcool de bois comme un sous-produit d'une autre fabrication et par suite à peu de frais.

Ce procédé consiste à faire bouillir le bois destiné à la fabrication de la pâte de bois pour les papeteries avec des acides étendus.

La solution sucrée est ensuite séparée de la masse pâteuse qui, après lavage, est broyée dans la pile à papier, puis blanchie.

*Payen*, qui a essayé cette méthode au laboratoire, a opéré sur 500 grammes de bois de pin coupé en rondelles de 0,01 mm. d'épaisseur ; il employait 2 litres d'acide chlorhydrique à 10 %, d'acide gazeux. Il obtint ainsi 105,6 gr. de dextrose, ce qui correspond à 21,1 % du bois sec.

Voici comme on opère en grand : On introduit dans une cuve contenant 80 hectolitres d'eau et 800 kgr. d'acide chlorhydrique du commerce, 2000 kgr. de bois de sapin ou de pin en rondelles très minces et l'on fait bouillir le tout au moyen de la vapeur directe pendant 12 heures. On fait ensuite écouler le liquide et l'on sature avec du carbonate de chaux ; le chlorure de calcium qui se forme ne gêne pas la fermentation, que l'on produit à l'aide de levure. L'alcool que l'on obtient par la distillation de ce jus fermenté, est en rapport avec la proportion de glucose formé

#### 24. ALCOOL DE PATATES.

Savalle dit que l'emploi des patates est très avantageux pour la distillerie. On obtient en Portugal 12 litres d'alcool pur par 100 kgr. de patates ; en Algérie jusqu'à 13,4 litres d'alcool. L'alcool est, paraît-il, d'une qualité exceptionnelle.

Les patates contiennent d'après *Ralu* :

Eau.....	67,50 %
Sucre .....	10,20 »
Amidon .....	16,05 »

D'après *Reincke* :

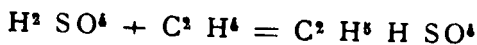
	I.	II.
Eau .....	67,57 %	68,04 %
Amidon et sucre .....	25,96 »	25,29 »

## 25. ALCOOL DE MELONS.

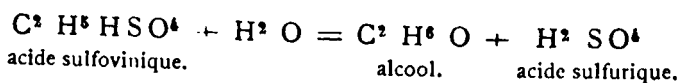
*Levat* a reconnu que le sucre contenu dans les melons n'est pas directement fermentescible. Il a obtenu de 30 kgr. de melons dont il avait interverti le jus en le faisant bouillir avec de l'acide sulfurique très dilué, 5 litres d'alcool normal et utilisable.

## 26. ALCOOL MINÉRAL.

On a appelé ainsi un alcool dont on s'est occupé en 1862 et qu'on tirait de la *houille*. Quand on distille la houille il se produit en effet le gaz  $C^2 H^4$ , qui est absorbé avec énergie par l'acide sulfurique en formant de l'acide sulfovique, suivant la réaction :



Lorsqu'on étend avec de l'eau l'acide sulfovique, il se décompose de la manière suivante :



La possibilité de retirer de l'alcool des gaz provenant de la distillation de la houille est donc incontestable, et l'on a vu à l'exposition de Londres de 1862 un échantillon d'alcool de cette provenance. Par contre, on peut se rendre aisément compte que l'on ne peut pas employer pratiquement ce procédé.

La distillation sèche de la houille produit, en effet, un mélange

de gaz dont  $\frac{1}{10}$  seulement est le gaz  $C^2 H^4$  qui joue un rôle dans la fabrication de l'alcool minéral. Disons, en terminant, qu'il faut employer 45000 kilos d'acide sulfurique pour une production quotidienne de 30 hectolitres.

Le prix de revient de l'alcool de houille serait donc excessivement élevé et le litre de ce produit qui a été exposé à Londres doit avoir coûté 1000 francs.

La distillerie agricole n'a donc pas à craindre la concurrence de l'alcool minéral.

## CHAPITRE X.

---

### SÉPARATION DE L'ALCOOL PAR DISTILLATION ET RECTIFICATION.

---

#### A. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Lorsque la fermentation est terminée, l'alcool se trouve dans le jus fermenté ou *vin*, et il ne s'agit plus que de l'obtenir à l'état pur et concentré. Il faut rappeler ici que les vins ne contiennent que 10 à 12 litres d'alcool par hectolitre, quand on a travaillé à moûts très épais, et 8 à 10 litres lorsque les moûts sont plus dilués, tandis que l'alcool commercial doit marquer au moins 80°.

La séparation de l'alcool des autres substances qui existent dans les vins, se fait par voie de *distillation*. Cette opération consiste à amener le moût à la température d'ébullition et à condenser par le froid les vapeurs qui se forment. On arrive aisément, de cette manière, à séparer complètement l'alcool des matières non volatiles du vin, à savoir du sucre n'ayant pas fermenté, des *enveloppes*, des *pelures*, des *sels*, de la *levure* et des nombreux produits non volatils qui se forment pendant la fermentation. Le produit de la distillation est encore pauvre et a besoin de subir une concentration (rectification); il est, en outre, souillé par les produits nombreux des fermentations secondaires, entre autres l'alcool amylique ou fusel, différents éthers et aldéhydes, etc., qui doivent être éliminés (déflegmation), lorsque l'alcool doit être consommé.

La concentration et la purification de l'alcool se faisaient autrefois par plusieurs distillations successives dans le même appareil,



et l'on n'arrêtait l'opération que lorsque le produit distillé avait la pureté et la force voulues. On perdait naturellement ainsi beaucoup de temps et l'opération était compliquée.

Aussi a-t-on été amené, lorsque l'industrie de la distillerie a pris une extension plus grande, à construire des appareils composés de dimensions plus grandes, dans lesquels des rectificateurs et des déflegmateurs sont disposés de manière à obtenir, par une seule opération, des produits à haut degré et relativement purs. Ces appareils à distiller ont tellement été perfectionnés que ceux dont on se sert le plus communément en Allemagne donnent des produits de 80 à 85 degrés et peuvent, dans des conditions spéciales, fournir, comme en Autriche, des alcools à 95°. On n'est pas arrivé du premier coup, cela va sans dire, aux appareils actuels et c'est surtout à *Pistorius* que l'on doit d'avoir atteint cette perfection; il faut aussi placer au premier rang *Savalle* dont l'appareil à distiller a servi de modèle pour tous les nouveaux appareils.

## B. THÉORIE DE LA DISTILLATION, DE LA RECTIFICATION ET DE LA DÉFLEGMATION.

M. R. ILGÉS avait bien voulu, dans l'édition précédente, avoir l'obligeance de traiter le chapitre relatif à la théorie de la distillation et de la rectification; pour cette 4<sup>e</sup> édition, c'est M. E. DÖNITZ qui s'est chargé de ce soin, s'inspirant du travail qu'il a publié dans la *Zeitschrift für Spiritus Industrie* de 1884 et 1885.

### 1. Ébullition des mélanges de liquides.

On peut définir le point d'ébullition d'un liquide en disant que c'est la température à laquelle la tension des vapeurs qui se forment fait équilibre à la pression atmosphérique.

Cette définition est rendue claire et se trouve confirmée par les lois qui régissent la distillation des liquides non miscibles qui ont été mélangés mécaniquement. Nous devons exposer brièvement ces lois, car elles servent de point de départ à celles qui régissent la distillation des liquides miscibles, mais qui en diffèrent par suite

de l'entrée en ligne de compte de l'affinité chimique. Voici quelles sont ces lois, en admettant qu'on ait obtenu un mélange suffisant par un moyen mécanique quelconque, par exemple, l'introduction de vapeur :

1° La température d'ébullition est indépendante de la proportion des liquides mélangés et, par suite, reste la même pendant la distillation, quoique cette proportion varie.

2° La proportion des vapeurs est indépendante de celle des deux liquides et ne change pas, par suite, pendant le cours de la distillation.

3° La température d'ébullition d'un mélange mécanique de liquides est celle à laquelle la somme des tensions maxima de chaque vapeur fait équilibre à la pression extérieure ; elle est donc moins élevée que celle du liquide entrant en ébullition à la température la plus élevée sous la même pression barométrique.

Les solutions d'alcool et d'eau font partie des liquides pouvant être mélangés en toutes proportions. Nous allons exposer maintenant les quelques lois que nous connaissons, qui ont trait à la distillation de ces mélanges et qui correspondent à celles que nous venons d'indiquer :

1° Le point d'ébullition est dépendant de la proportion des liquides et, si cette proportion vient à changer, ce qui est le cas quand on distille, la température monte jusqu'à ce qu'on arrive à un mélange fixe ou à la séparation d'un élément.

2° La proportion des diverses vapeurs, dans le mélange des vapeurs, est dépendante de celle des liquides. Lorsque ces deux rapports sont les mêmes, le point d'ébullition ne change naturellement pas ; lorsqu'ils ne sont pas égaux, l'élément qui prédomine dans le mélange de vapeurs (et qui dans quelques cas y figure seul) est celui dont l'absence élèverait le point d'ébullition du liquide ;

3° La température d'ébullition est plus élevée que celle à laquelle la somme des tensions maxima de toutes les vapeurs fait équilibre à la pression atmosphérique, elle peut même dépasser le point d'ébullition du liquide qui bout à la température la plus élevée sous la même pression extérieure. Il y aurait à ajouter à ces règles fixes qu'il est probable que la proportion des divers éléments du

mélange de vapeurs varie avec la pression atmosphérique, mais que l'on ne connaît pas de rapports qui permettent de déterminer cette proportion d'après celle des liquides mélangés, pas plus que d'après la pression extérieure ou la température d'ébullition.

Pour que l'ébullition puisse se produire il faut que les vapeurs formées résistent à la pression atmosphérique ainsi qu'à la force d'affinité exercée par le liquide générateur. Comme cette affinité existe aussi pour les vapeurs elles-mêmes, celles-ci ne peuvent être composées de vapeurs séparément saturées, et la pression atmosphérique ne doit pas, par suite, atteindre la somme des tensions maxima des dernières vapeurs.

Ce qu'il faut retenir, c'est que les vapeurs, en présence de leur liquide-générateur, doivent être assimilées à des vapeurs saturées. Quant à la question de savoir si elles sont réellement saturées ou surchauffées, cela n'a aucune importance en pratique.

Il ne faut pas conclure des grandes différences que l'on remarque dans la manière dont se comportent, pendant la distillation, les liquides pouvant se mélanger en toutes proportions, des principes qui seraient contraires aux lois que nous avons exposées plus haut, relatives aux liquides non miscibles. C'est, au contraire, le fait que la composition des vapeurs dépend avant tout de leurs tensions et de leurs compositions moléculaires qui permet d'expliquer ces différences sur lesquelles la plus ou moins grande affinité chimique n'apporte pas un jour suffisant.

## 2. *Table de Gröning.*

Après ces quelques considérations générales sur les mélanges de liquides pouvant être mêlés en toutes proportions, nous devons maintenant étudier plus particulièrement celles qui se rapportent aux mélanges d'eau et d'alcool.

Tout d'abord, pour ce qui est du point d'ébullition, les essais qui nous sont connus, ne portent pas sur des solutions à degrés assez élevés pour qu'on puisse en conclure que la température d'ébullition d'un mélange se trouve toujours entre celles des éléments dont il est composé. Il est au contraire possible et, pour plusieurs raisons, probable qu'il existe une température d'ébullition minima

pour les mélanges d'eau et d'alcool. Cette température minima correspondrait à peu près à un mélange renfermant 98 % d'alcool. Ce n'est là cependant qu'une supposition qui, pour être admise définitivement, a besoin d'être confirmée par des essais faits avec le plus grand soin. Quant à la composition des vapeurs produites par l'ébullition sous la pression atmosphérique des mélanges d'eau et d'alcool, nous n'avons comme données certaines que celles fournies par les tables de Gröning que nous reproduisons plus loin.

### 3. De la distillation simple.

Le fait que les vapeurs alcooliques sont plus riches que le liquide qui les a engendrées, a pour conséquence que lorsqu'on distille un mélange d'eau et d'alcool, ce mélange s'appauvrit continuellement jusqu'à ce qu'il ne soit plus composé que d'eau pure. On avait jusqu'ici pour habitude, dans l'étude de la distillation simple, de montrer à quelle concentration peuvent arriver les produits distillés, suivant la richesse en alcool du liquide à distiller, en mentionnant les chiffres suivants, résultats de divers essais :

Concentration du liquide à distiller.	Concentration du produit distillé.
10°	28°
28°	50°
50°	70°
70°	80°

On peut donc, en partant d'un mélange primitif à 10 % d'alcool, arriver après 4 distillations successives à un produit renfermant 80 % d'alcool.

Ces chiffres ne rendent compte que d'une manière quelque peu imparfaite de la marche de la distillation ; nous allons tâcher de la rendre plus claire en établissant un tableau permettant d'en suivre toutes les phases. Servons-nous pour cela des tables de Gröning, reproduites ci-après :

TABLE DÉTAILLÉE DE GRONING.

Température d'ébullition en ° centig.	PROPORTION D'ALCOOL				Température d'ébullition en ° centig.	PROPORTION D'ALCOOL			
	du liquide		de la vapeur			du liquide		de la vapeur	
	en volume	en poids	en volume	en poids		en volume	en poids	en volume	en poids
99.0	1.0	0.8	13.0	10.5	83.3	46.0	38.8	84.1	78.4
98.2	2.0	1.6	28.6	23.5	83.1	47.0	39.7	84.3	78.7
97.4	3.0	2.4	35.0	29.0	83.0	48.0	40.7	84.6	79.0
96.6	4.0	3.2	39.9	33.3	82.9	49.0	41.6	84.8	79.3
95.9	5.0	4.0	43.4	36.5	82.8	50.0	42.5	85.1	79.6
95.2	6.0	4.8	46.7	39.5	82.7	51.0	43.5	85.3	79.9
94.5	7.0	5.6	49.8	42.3	82.6	52.0	44.4	85.5	80.2
93.9	8.0	6.4	52.3	44.7	82.5	53.0	45.4	85.7	80.4
93.3	9.0	7.2	54.5	46.8	82.4	54.0	46.3	86.0	80.7
92.6	10.0	8.0	57.2	49.4	82.3	55.0	47.3	86.2	81.0
92.1	11.0	8.9	59.0	51.2	82.1	56.0	48.3	86.4	81.2
91.5	12.0	9.7	60.8	53.0	82.0	57.0	49.2	86.6	81.5
91.1	13.0	10.5	62.4	54.6	81.9	58.0	50.2	86.9	81.8
90.6	14.0	11.3	64.0	56.2	81.8	59.0	51.2	87.1	82.0
90.2	15.0	12.2	65.4	57.7	81.7	60.0	52.2	87.3	82.3
89.7	16.0	13.0	66.8	59.1	81.6	61.0	53.2	87.5	82.5
89.3	17.0	13.8	68.0	60.4	81.5	62.0	54.2	87.6	82.7
89.0	18.0	14.6	69.2	61.6	81.4	63.0	55.2	87.8	83.0
88.6	19.0	15.4	70.3	62.8	81.3	64.0	56.2	88.0	83.2
88.3	20.0	16.3	71.3	63.9	81.2	65.0	57.3	88.2	83.4
87.9	21.0	17.1	72.1	64.8	81.2	66.0	58.3	88.3	83.6
87.7	22.0	17.9	73.0	65.7	81.1	67.0	59.3	88.5	83.8
87.4	23.0	18.8	73.7	66.5	81.0	68.0	60.4	88.6	84.0
87.1	24.0	19.6	74.4	67.3	80.9	69.0	61.4	88.8	84.2
86.9	25.0	20.5	75.1	68.1	80.8	70.0	62.5	89.0	84.4
86.6	26.0	21.3	75.8	68.8	80.7	71.0	63.6	89.1	84.6
86.4	27.0	22.1	76.4	69.5	80.6	72.0	64.6	89.3	84.8
86.2	28.0	23.0	77.0	70.2	80.5	73.0	65.7	89.4	85.0
86.0	29.0	23.8	77.6	70.8	80.5	74.0	66.8	89.6	85.2
85.7	30.0	24.7	78.1	71.4	80.4	75.0	67.9	89.8	85.5
85.5	31.0	25.6	78.7	72.1	80.3	76.0	69.0	90.0	85.7
85.3	32.0	26.4	79.2	72.7	80.2	77.0	70.2	90.1	85.9
85.1	33.0	27.3	79.7	73.2	80.1	78.0	71.3	90.3	86.1
85.0	34.0	28.1	80.1	73.7	80.0	79.0	72.5	90.4	86.3
84.8	35.0	29.0	80.5	74.1	79.9	80.0	73.6	90.6	86.6
84.7	36.0	29.9	80.9	74.6	79.8	81.0	74.8	90.8	86.8
84.5	37.0	30.7	81.2	75.0	79.7	82.0	75.9	91.0	87.0
84.4	38.0	31.6	81.6	75.5	79.7	83.0	77.1	91.1	87.2
84.2	39.0	32.5	82.0	75.9	79.6	84.0	78.3	91.3	87.4
84.1	40.0	33.4	82.3	76.3	79.5	85.0	79.5	91.5	87.7
83.9	41.0	34.3	82.7	76.7	79.4	86.0	80.7	91.6	87.9
83.8	42.0	35.2	83.0	77.1	79.3	87.0	82.0	91.8	88.1
83.7	43.0	36.1	83.3	77.4	79.2	88.0	83.2	92.1	88.5
83.5	44.0	37.0	83.6	77.8	79.2	89.0	84.5	92.3	88.8
83.4	45.0	37.9	83.8	78.1	79.1	90.0	85.8	92.6	89.2

Supposons que nous vaporisons sous la pression atmosphérique 1000 unités de poids d'un mélange alcoolique à 90 % d'alcool en vol. = 85.8 % en poids ; la composition moyenne des vapeurs alcooliques qui se formeront pendant que la richesse du liquide descendra de 90 à 88 % en vol , se rapprochera de celle des vapeurs qui seraient produites par un mélange à  $\frac{90 + 88}{2} = 89\%$  d'alcool en volume , c'est-à-dire 92.3 % en vol. = 88.8 % en poids. Nous pouvons en déduire quelle a été la quantité de liquide vaporisée pendant cette période de la distillation et quel est le poids du liquide à 88 % d'alcool en vol., qui reste à distiller.

Appelons P le poids de liquide vaporisé ; nous pourrions poser l'équation suivante :

$$1000 \times 85.8 = 88.8 \times P + 83.2 (1000 - P)$$

poids d'alcool
poids d'alcool
poids d'alcool  
contenu dans le mélange primitif.
vaporisé.
restant dans le liquide.

$$\text{d'où } P = \frac{2600}{5.6} = 464$$

464 unités de poids ont donc été vaporisées et il en reste  $1000 - 464 = 536$  à distiller.

Si l'on étend ce calcul à toutes les périodes de la distillation, correspondant à un nouvel affaiblissement de 2° du mélange à distiller, on obtient le tableau suivant permettant de résoudre toutes les questions que peut faire naître l'étude ou la pratique de la distillation simple.

Tem- pérature ° C.	Poids Kgr.	PROPORTION D'ALCOOL		Tem- pérature ° C.	Poids Kgr.	PROPORTION D'ALCOOL	
		En volume p. %	En poids p. %			En volume p. %	En poids p. %
79,1	1000	90,0	85,8	83,5	39,2	44,0	37,0
79,2	536	88,0	83,2	83,8	37,6	42,0	35,2
79,4	355	86,0	80,7	84,1	36,0	40,0	33,4
79,6	264	84,0	78,3	84,4	34,6	38,0	31,6
79,7	208	82,0	75,9	84,7	33,3	36,0	29,9
79,9	172	80,0	73,6	85,0	32,0	34,0	28,1
80,1	146	78,0	71,3	85,3	30,8	32,0	26,4
80,3	127	76,0	69,1	85,7	29,7	30,0	24,7
80,5	111	74,0	66,8	86,2	28,6	28,0	23,0
80,6	99,3	72,0	64,6	86,6	27,6	26,0	21,3
80,8	89,9	70,0	62,5	87,1	26,7	24,0	19,6
81,0	82,0	68,0	60,4	87,7	25,7	22,0	17,9
81,2	75,3	66,0	58,3	88,3	24,9	20,0	16,3
81,3	69,5	64,0	56,2	89,0	24,0	18,0	14,6
81,5	64,7	62,0	54,2	89,7	23,2	16,0	13,0
81,7	60,4	60,0	52,2	90,6	22,3	14,0	11,3
81,9	56,6	58,0	50,2	91,5	21,5	12,0	9,7
82,1	53,3	56,0	48,3	92,6	20,7	10,0	8,1
82,4	50,2	54,0	46,3	93,9	19,9	8,0	6,4
82,6	47,6	52,0	44,4	95,2	19,0	6,0	4,8
82,8	45,2	50,0	42,5	96,6	18,1	4,0	3,2
83,0	43,1	48,0	40,7	98,2	17,1	2,0	1,6
83,3	41,1	46,0	38,8	100,0	14,5	0,0	0,0

Si, par exemple, on a obtenu par la distillation d'un kgr. d'un mélange d'eau et d'alcool à 50°, un résidu à 10°, on verra, d'après le tableau précédent, que son poids est de  $\frac{20.7}{45.2} = 0,458$  kgr., et que la quantité d'alcool ayant été distillée est de 0,542 kgr. contenant  $\frac{1 \times 42.5 - 0.458 \times 8.1}{0.542} = 71.5$  % en poids.  
 $= 78.2$  % en vol.

En étudiant la distillation simple, on peut aussi examiner comment se comportent les mélanges d'eau et d'alcool, lorsqu'ils se trouvent dans un espace fermé susceptible de s'agrandir d'une certaine quantité, la pression extérieure restant la même, hypothèse qui n'a de valeur pratique que par les conclusions auxquelles son étude aboutit. Si, en élevant la température de cet espace, température qui doit être la même dans toutes les parties, on soumet le liquide à une vaporisation qui soit assez lente pour qu'au bout d'un temps donné, on puisse considérer comme homogène la compo-

sition de la vapeur qui s'est formée pendant cette période, on peut se demander si les chiffres donnés dans le tableau précédent sont encore applicables dans ces circonstances. Ce n'est manifestement pas le cas,

Tem- pérature ° C.	LIQUIDE			VAPEUR		
	Kgr.	Volume	Poids	Kgr.	Volume	Poids
		p. %	p. %		p. %	p. %
80,8	1000	70,0	62,5	0	89,0	84,4
81,0	911	68,0	60,4	89	88,6	84,0
81,2	834	66,0	58,3	166	88,3	83,6
81,3	767	64,0	56,2	233	88,0	83,2
81,5	709	62,0	54,2	291	87,6	82,7
81,7	658	60,0	52,2	342	87,3	82,3
81,9	611	58,0	50,2	389	86,9	81,8
82,1	568	56,0	48,3	432	86,4	81,2
82,4	529	54,0	46,3	471	86,0	80,7
82,6	495	52,0	44,4	505	85,6	80,2
82,8	461	50,0	42,5	539	85,1	79,6
83,0	431	48,0	40,7	569	84,6	79,0
83,3	402	46,0	38,8	598	84,1	78,4
83,5	375	44,0	37,0	625	83,6	77,8
83,8	349	42,0	35,2	651	83,0	77,1
84,1	322	40,0	33,4	678	82,3	76,3
84,4	296	38,0	31,6	704	81,6	75,5
84,7	271	36,0	29,9	729	80,9	74,6
85,0	246	34,0	28,1	754	80,1	73,7
85,3	220	32,0	26,4	780	79,2	72,7
85,7	191	30,0	24,7	809	78,1	71,4
86,2	163	28,0	23,0	837	77,0	70,2
86,6	133	26,0	21,3	867	75,0	68,8
87,1	101	24,0	19,6	899	74,4	67,3
87,7	67	22,0	17,9	933	73,0	65,7
88,3	30	20,0	16,3	970	71,3	63,9
88,7	0	18,7	15,2	1000	70,0	62,5

La vapeur qui s'est formée tout d'abord et qui, par exemple, pour une solution à 70 % d'alcool en volume, en renferme 89,0 % en vol., sera amenée par la moindre élévation de température à un certain état, à la suite duquel il se formera à la surface du liquide restant une nouvelle quantité de vapeurs, dont la composition ne correspondra pas exactement aux données de la table de Gröning, mais sera telle que les vapeurs réunies se trouvent de nouveau à l'état de saturation.

La vaporisation, si elle est suffisamment lente, se fera donc de façon à ce qu'à tout instant il s'établisse entre les vapeurs formées jusqu'à ce moment et le liquide restant, les relations données par les tables de Gröning.



Les dernières portions du liquide à distiller contiendront 18,7 % d'alcool en vol. qui est la richesse du liquide pouvant donner des vapeurs contenant 70 % d'alcool. Le tableau précédent donne, du reste, les proportions des quantités vaporisées et de celles qui restent à vaporiser, ainsi que leurs compositions, aux divers instants de la distillation, en faisant partir la vaporisation de 70°C.

#### 4. De la *Déflegmation*.

On appelle *déflegmation* l'opération consistant à enrichir les vapeurs alcooliques en en séparant, par refroidissement, un liquide plus faible en degré.

La déflegmation n'est en somme que l'inverse de la vaporisation (1). Aussi, l'étude que nous avons faite dans le paragraphe précédent de la distillation dans un espace fermé, n'a-t-elle besoin que d'être prise à rebours pour nous faire comprendre ce qui se passe pendant la déflegmation. Si, par exemple, on soumet à un refroidissement lent et régulier 1000 kilos d'une solution alcoolique à l'état de vapeur, à 88,7° C. de température, et renfermant 70 % d'alcool en volume, sous une pression atmosphérique constante, on doit obtenir les mêmes chiffres que dans le tableau précédent, mais naturellement dans un ordre inverse. On pourrait, cependant, objecter à cela que ces vapeurs à 70 % d'alcool en volume n'étant pas en présence d'un liquide bouillant renfermant 18,7 % d'alcool en vol., pourraient parfaitement ne pas être à l'état de saturation, mais être surchauffées, ce qui leur permettrait de pouvoir être refroidies sans qu'il se produise une condensation. Par le fait, nous n'aurions pas pu prouver dans le paragraphe précédent que les vapeurs sont par elles-mêmes à l'état de saturation, mais ce que l'on peut avancer avec certitude c'est que, dans tous les cas pratiques, les vapeurs entraînent toujours avec elles une quantité plus ou

(1) Maercker ne doit pas cacher ici que PAMPE ne partage pas son opinion sur ce point (voir la *Zeitschrift für Spir. ind.* 1885, p. 415). Ce constructeur dit dans cet article qu'il est arrivé à la conviction qu'il n'est nullement exact que les vapeurs alcooliques, refroidies à une certaine température, se décomposent forcément en un liquide moins alcoolique et en vapeurs plus riches, mais que ce phénomène ne se produit, au contraire, que lorsque la condensation d'une partie des vapeurs est suivie d'une nouvelle vaporisation. Peu importe, du reste, que cette opération ait lieu dans le déflegmateur ou dans le rectificateur. Le cadre de cet ouvrage ne permet pas à Maercker d'engager une polémique sur ce sujet, mais il importait cependant que cette manière de voir y fut signalée.

moins grande de gouttelettes de liquide qui, dans l'exemple dont nous nous occupons, renferment 18.7 % d'alcool en volume. Nous pourrions alors considérer la déflegmation comme une aspiration, par le liquide, de certains éléments des vapeurs, aspiration qui rétablit l'état de saturation détruit par l'abaissement de température. Cette explication permet de se rendre compte de l'action des déflegmateurs dans lesquels le liquide rétrogradant et les vapeurs formées, suivent le même chemin et restent, par suite, pour ainsi dire, constamment en contact.

Une autre hypothèse que l'on peut examiner est celle où le liquide condensé serait éliminé dans la mesure même dans laquelle il se condense. Dans ce cas comme dans celui de la distillation simple, le liquide formé pendant la séparation sera seul en présence des vapeurs ; cette séparation se fera donc suivant les règles de GRÖNING.

Si, maintenant, procédant d'une façon analogue à ce que nous avons fait dans le cas de la distillation simple, nous admettons qu'un refroidissement qui, par exemple, élève la richesse des vapeurs de 64 à 66.8 % d'alcool en vol., a pour effet une condensation dont le produit renferme environ 15 % d'alcool en vol., c'est-à-dire la quantité correspondant à la condensation d'une vapeur renfermant  $\frac{64 + 66.8}{2} = 65.4$  % d'alcool en vol., nous obtiendrons, en poursuivant le calcul, le tableau suivant faisant le pendant à celui que nous avons établi dans le premier cas.

Température ° C.	Poids Kgr.	PROPORTION D'ALCOOL		Température ° C.	Poids Kgr.	PROPORTION D'ALCOOL	
		En volume p. %	En poids p. %			En volume p. %	En poids p. %
90,6	1000	64,0	56,2	83,3	621	84,1	78,4
89,7	938	66,8	59,1	83,0	611	84,6	79,0
89,0	889	69,2	61,6	82,8	602	85,1	79,6
88,3	847	71,3	63,9	82,6	592	85,5	80,2
87,7	816	73,0	65,7	82,4	583	86,0	80,7
87,1	789	74,4	67,3	82,1	574	86,4	81,2
86,6	768	75,8	68,8	81,9	564	86,9	81,8
86,2	746	77,0	70,2	81,7	555	87,3	82,3
85,7	727	78,1	71,4	81,5	547	87,6	82,7
85,3	707	79,2	72,7	81,3	538	88,0	83,2
85,0	692	80,1	73,7	81,2	530	88,3	83,6
84,7	678	80,9	74,6	81,0	521	88,6	84,0
84,4	665	81,6	75,5	80,8	512	89,0	84,4
84,1	653	82,3	76,3	80,6	505	89,3	84,8
83,8	641	83,0	77,1	80,5	492	89,6	85,2
83,5	630	83,6	77,8	80,3	478	90,0	85,7

Il y aurait enfin à étudier un dernier mode de déflegmation que nous appellerons déflegmation idéale. Il repose sur des données plus compliquées, mais produit des résultats d'autant plus simples. Qu'on imagine un tuyau traversé dans un sens par le courant continu de vapeur et en sens opposé par celui du liquide condensé, et qu'on suppose aussi que les parois se refroidissent successivement en suivant la direction de la vapeur dans le tuyau. La transmission de chaleur par les parois est, du reste, si grande à la moindre différence de température, que l'on peut admettre que, dans chaque coupe transversale du tuyau, le liquide aussi bien que la vapeur ont la température correspondant à cette section. La proportion du liquide condensé, par rapport aux vapeurs qui lui ont donné naissance, suivra les règles de Gröning; elle augmentera suivant la quantité d'alcool dont les vapeurs se seront enrichies.

Pour mieux nous rendre compte de la puissance des divers modes de déflegmation que nous venons de décrire prenons un exemple de chaque cas :

1° *Déflegmation dans un espace fermé.* Dans ce cas, si l'on prend une vapeur renfermant 70 % d'alcool en volume, ce ne seront que les dernières parties condensées qui atteindront la richesse de 89 % en vol. (voir le 2<sup>e</sup> tableau du paragraphe de la distillation simple);

2° *Déflegmation avec élimination constante du liquide condensé.* D'après le dernier tableau de 889 kilos d'une vapeur renfermant 69.2 % d'alcool en vol., il n'en reste que 512, soit 0,576 par unité de poids, après que sa richesse s'est élevée par condensation à 89 % en volume. Le liquide condensé renferme 36,8 % d'alcool en vol.

3° *Déflegmation idéale.* Dans ce cas, 1 kgr. de vapeur à 69.2 % d'alcool en vol. est réduit à 0,673 kgr. après que la richesse de cette vapeur s'est élevée par condensation à 89 %. Le liquide condensé renferme 18 % d'alcool en vol.

Si l'on voulait simplement se baser sur ces chiffres pour calculer la puissance des déflegmateurs industriels, on s'exposerait à un sérieux mécompte, les résultats qu'ils pourraient donner étant bien au-dessous de ceux que nous venons d'indiquer. On a, en effet, à tenir compte dans la pratique de ce qu'une section qui serait faite transversalement à travers les couches de liquide et de vapeur, n'au-

rait nullement partout la même température. En général, la température augmentera constamment de la surface réfrigérante à celle du liquide avec lequel elle est en contact, et de là au centre du courant de vapeur. Ce ne sont que les couches de liquide et de vapeur qui se touchent, qui ont la même température et obéissent aux règles de Gröning et, à mesure que les vapeurs s'éloignent du liquide, elles ont une température plus élevée et sont moins alcooliques. Quant à la force alcoolique du liquide condensé, elle augmente et diminue en allant de sa surface à celle de l'appareil réfrigérant, suivant que les courants de liquide ou de vapeur marchent dans la même direction ou en sens inverse. Il se forme, du reste, aussi bien dans la couche de vapeur que dans celle de liquide, des courants de diffusion qui tendent à atténuer les différences dans la force alcoolique des diverses parties et qui, joints au rayonnement et à la conductibilité, aident aussi à égaliser la température.

Ces différences ne peuvent naturellement être complètement effacées tant que la cause qui les produit pendant la réfrigération n'est elle-même supprimée.

##### 5. *Appareil à distiller idéal.*

Dans l'étude que nous faisons de la distillation idéale, c'est-à-dire de la distillation dépensant le moins de chaleur possible, nous nous sommes jusqu'ici placés dans des conditions contraires à ce qui se passe dans la pratique, en supposant, pour apporter plus d'exactitude dans nos raisonnements, avoir à faire à de simples solutions d'eau et d'alcool au lieu de moût. Cette simplification est, du reste, justifiée, car le caractère particulier d'un appareil à distiller idéal consiste à ce que celui-ci ne soit pas soumis, comme les appareils réels, à certaines causes qui correspondent aux frottements et aux ébranlements dans les machines proprement dites. C'est ainsi que l'appareil à distiller idéal ne supporte aucune perte de chaleur par conductibilité ou par rayonnement. Les différences de pression et, par suite, de température sont aussi exclues de la conception de l'appareil idéal, puisqu'en ralentissant les mouvements, par l'agrandissement de sa section, on peut les atténuer d'une manière indéfinie. On ne peut pas, d'après ce que nous venons de dire, décrire quelle serait la construction d'un appareil idéal ; nous

pouvons, cependant, pour mieux nous rendre compte de sa marche, nous en faire une représentation en nous reportant à l'image que nous nous étions faite du déflegmateur idéal dans le paragraphe précédent. Qu'on se figure donc, de nouveau, un tuyau traversé d'une façon continue, de haut en bas, par le courant de liquide; de bas en haut, par le courant de vapeur. Supposons aussi que la température des parois du tuyau s'abaisse successivement, en suivant la direction de la vapeur et que la transmission de chaleur par les parois soit si grande que dans chaque section transversale le liquide et la vapeur aient la température correspondante à cette section. Admettons, enfin, que la température de ce tuyau soit limitée, à la partie inférieure par celle de l'eau bouillante; à la partie supérieure, par celle qui correspond, d'après la table de Gröning, à une vapeur de la force alcoolique que l'on veut obtenir.

Notre appareil étant ainsi constitué, alimentons le avec un moût, chauffé jusqu'à son point d'ébullition et entrant dans la section qui possède la même température. L'arrivée du moût divise l'appareil en deux parties dont la supérieure peut être considérée comme colonne de concentration ou déflegmateur idéal, tandis que l'inférieure constituera la colonne à distiller proprement dite. D'après ce que nous avons dit des propriétés de l'appareil idéal, il est évident que dans chaque section transversale de cet appareil les relations entre le courant ascendant de vapeur et le courant descendant de liquide suivront les règles de Gröning et il s'en suit que le liquide rétrogradant du déflegmateur dans la colonne à distiller proprement dite, aura la même force alcoolique que le moût alimentant l'appareil. Il est maintenant d'un grand intérêt d'apprendre à connaître le rapport existant entre la quantité de chaleur fournie à la colonne de distillation et celle qui est enlevée à la colonne de concentration. Pour cela, faisons la somme algébrique des quantités de chaleur traversant une section déterminée, ce qui revient à additionner la chaleur amenée par les vapeurs ascendantes et considérée comme positive avec celle emmenée par le liquide descendant et regardée comme négative. Le résultat de cette addition nous indiquera l'importance et la direction du mouvement de la chaleur dans cette section. La différence de ces mouvements de chaleur entre deux sections transversales quelconques, indiquera la chaleur

qui a été gagnée ou perdue dans l'espace compris entre ces deux sections.

**MOUVEMENT DU LIQUIDE ET DE LA CHALEUR DANS UN APPAREIL IDÉAL.**

° C.	LIQUIDE		VAPEUR		POIDS		CHALEUR		DÉPLACEMENT DE LA CHALEUR		CHALEUR	
	Volume p. %	Poids p. %	Volume p. %	Poids p. %	Du liquide Kgr.	De la vapeur Kgr.	Du liquide Calories	De la vapeur Calories	Montant Calories	Descendant Calories	Apportée Calories	Enlevée Calories
80,3	76,0	69,0	90,0	85,7	0,00	9,18	0	2940	2940	—	—	—
80,8	70,0	62,5	89,0	84,5	0,50	9,68	37	3150	3410	—	—	170
81,7	60,0	52,2	87,3	82,3	1,04	10,22	82	3140	3330	—	—	220
82,8	50,0	42,5	85,1	79,6	1,49	10,67	122	3690	3570	—	—	240
84,1	40,0	33,4	82,3	76,3	2,01	11,19	174	4020	3850	—	—	280
85,7	30,0	24,7	78,1	71,4	2,81	11,99	251	4540	4290	—	—	440
88,3	20,0	16,3	71,3	63,9	4,20	13,38	398	5450	5050	—	—	760
92,6	10,0	8,0	57,2	49,4	8,08	17,27	825	8030	7210	—	—	2160
92,6	10,0	8,0	57,2	49,4	106,64	17,27	10900	8030	—	2870	260	—
93,3	9,0	7,2	54,5	46,8	105,62	16,25	10850	7720	—	3130	500	—
93,9	8,0	6,4	52,3	44,7	104,30	14,93	10840	7210	—	3630	400	—
94,5	7,0	5,6	49,8	42,3	103,01	13,64	10740	6710	—	4030	440	—
95,2	6,0	4,8	46,7	39,5	101,73	12,36	10680	6210	—	4470	460	—
95,9	5,0	4,0	43,4	36,5	100,37	11,00	10590	5660	—	4930	530	—
96,6	4,0	3,2	39,9	33,3	98,87	9,50	10460	5000	—	5460	520	—
97,4	3,0	2,4	35,0	29,0	97,43	8,06	10340	4360	—	5980	580	—
98,2	2,0	1,6	28,6	23,5	95,90	6,53	10220	3660	—	6560	790	—
99,0	1,0	0,8	13,0	10,5	96,74	7,37	10270	4500	—	5770	3660	—
100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,37	0,00	9430	0	—	9430	—	—

Si l'on veut calculer la quantité de chaleur qui a été fournie et enlevée à une certaine section, il faut donc déterminer les quantités de vapeur et de liquide qui la traversent. Nous connaissons déjà, soit pour la vapeur, soit pour le liquide, la relation qui existe entre la quantité d'eau et celle d'alcool, ce rapport nous étant fourni par le chiffre de la table de Gröning qui correspond à la température de cette section.

Quant aux quantités absolues de liquide et de vapeur traversant une section donnée, elles sont connues par les deux égalités suivantes :

*Pour la colonne à distiller proprement dite :*

- 1) La somme algébrique de l'eau traversant la section = la vinasse.
- 2) La somme algébrique de l'alcool = 0.

*Pour la colonne de concentration :*

1) La somme algébrique de l'eau = la quantité d'eau contenue dans les vapeurs qui vont au réfrigérant.

2) La somme algébrique de l'alcool = la quantité d'alcool contenue dans les vapeurs.

Ces égalités ont servi à établir le tableau de la page 328 qui donne une idée très nette du mouvement de la chaleur dans l'appareil à distiller idéal. Les chiffres de ce tableau se rapportent à la distillation de 100 litres (mesurés à  $15\ 1/2^{\circ}\text{C.}$ ) d'un moût de  $10^{\circ}$  d'alcool dont on retire un produit de  $90^{\circ}$ . Nous donnerons dans le paragraphe suivant un exemple pratique des calculs relatifs à la dépense de calorique pendant la distillation.

Il est clair qu'il ne peut pas exister de méthode de distillation demandant moins de chaleur que le procédé idéal que nous venons de décrire, car le rapport entre la force alcoolique des vapeurs ascendantes et celle du liquide descendant ne peut pas être plus favorable que dans notre type théorique. Il est même impossible qu'un autre procédé de distillation ne dépense pas une quantité plus considérable de chaleur, car tout écart de la marche idéale, décrite précédemment, aura pour effet, non-seulement de changer la condition fondamentale de l'abaissement successif de température, mais aussi de faire varier les quantités d'alcool et de liquide. La quantité supplémentaire d'eau et d'alcool qui sera nécessaire, sera la même dans les vapeurs que dans le liquide puisque la somme algébrique des deux éléments ne doit pas changer et que la quantité de chaleur dont les vapeurs ascendantes surpassent le liquide de condensation, doit être ajoutée à celle qui est fournie pendant la distillation et à celle qui est enlevée par la déflegmation. Le changement dans les quantités absolues de liquide et de vapeur doit naturellement faire varier aussi leur force alcoolique et, par suite, les rapports établis dans la table de Gröning.

Les quantités absolues de vapeur et de liquide qui traversent une section quelconque d'un appareil industriel, s'écartent donc, ainsi que leurs forces alcooliques, des données fournies par la table de Gröning.

Les relations existant entre les vapeurs et le liquide dans les appareils à distiller industriels, s'écartent donc aussi des chiffres de Gröning.

### 6. *Quantité de chaleur exigée par la distillation.*

Le tableau que nous donnons à la page 332 permet d'exécuter tous les calculs relatifs à la quantité de chaleur exigée par la distillation des dissolutions d'alcool et d'eau. La colonne 3 de ce tableau intitulée : chaleur de mélange, indique la quantité de chaleur que l'on doit retrancher de celle que possède la dissolution échauffée par le mélange même, pour ramener sa température à celle des éléments non mélangés, supposés à 0°C. Comme à 0° la quantité de chaleur que possède l'alcool aussi bien que l'eau est égale à 0, on n'obtient la véritable chaleur d'une dissolution alcoolique qu'en retranchant les chiffres de cette colonne de la chaleur apparente correspondant à la température donnée et que l'on trouve indiquée dans la colonne 2. Cette colonne renferme les capacités calorifiques à 1°C, calculées comme étant les moyennes de celles de 0 à 2 t.

La quantité la plus faible de chaleur qui soit nécessaire pour la distillation est celle que demande l'appareil idéal. Comme les quantités de chaleur qui abandonnent l'appareil idéal sont plus que suffisantes pour échauffer complètement le vin, on peut poser en principe que la quantité de chaleur fournie par la colonne à distiller doit être égale à celle qu'elle a reçue.

La quantité de chaleur théoriquement nécessaire pour la distillation est donc égale à la chaleur de la vinasse et des vapeurs allant dans le déflegmateur, moins la chaleur du vin et du liquide condensé rétrogradant dans la colonne.

**EXEMPLE.** Quelle est théoriquement la chaleur nécessaire pour distiller 100 litres d'un moût renfermant 10 % d'alcool, le volume du moût étant ramené à 15.5 C. et l'alcool obtenu devant marquer 90° ?

1° *Calcul de la chaleur du moût.* 100 litres d'un mélange d'eau et d'alcool à 10 % en vol. à 15.5°C. pèsent 98,56 kgr. Pour obtenir ce chiffre on n'a qu'à se servir du tableau des poids spécifiques que nous avons donné dans le premier volume de cet ouvrage, mais en ayant soin de multiplier les chiffres qu'il fournit par le coefficient 0,9990, le poids spécifique de l'eau à 15,5° n'étant pas 1 mais 0,9990.



Connaissant le poids du moût, les autres données nécessaires à notre calcul nous sont fournies par le tableau de la page suivante.

La chaleur contenue dans le moût est égale à :

$$98,56 \left( -4.5 + 92.6 \left[ 1.06 + 0,002 \frac{92.6}{2} \right] \right) = 10080 \text{ calories.}$$

2° *Calcul de la chaleur de la vinasse.* Le poids de la vinasse est égal à celui du moût moins celui de l'alcool obtenu. Le poids de l'alcool à 90° en vol., soit 85.8 % en poids, est donné par la formule :

$$P \times 0,858 = 0,08 \times 98.56 \quad \text{d'où } P = 9.19 \text{ kgr.}$$

poids de l'alcool
poids du moût

$$\text{Le poids de la vinasse} = 98.56 - 9.19 = 89.37 \text{ kg}$$

La chaleur de la vinasse sera donc égale à

$$89.37 \times 100 \left( 1 + 0,0011 \frac{100}{2} \right) = 9430 \text{ calories.}$$

3° *Calcul de la chaleur du liquide de rétrogradation.* La quantité de chaleur renfermée dans le liquide de rétrogradation, ainsi que celle des vapeurs ascendantes du déflegmateur, est déterminée par le fait que l'alcool des vapeurs ascendantes doit se retrouver en entier dans l'alcool obtenu et le liquide de rétrogradation.

Les vapeurs ont 57.2 % d'alcool en vol. = 49.4 % en poids, tandis que le liquide de rétrogradation n'a que 10° en vol. = 8 % en poids.

Si donc nous appelons  $p$  le poids des vapeurs et  $p^1$  le poids du liquide de rétrogradation, nous aurons l'équation à deux inconnues :

$$(1) \quad 0.494 \times p = 0.858 \times 9.19 + 0,08 \times p^1.$$

Pour obtenir la deuxième équation nécessaire pour pouvoir calculer  $p$  et  $p^1$ , posons que la somme des poids de l'alcool et du liquide de rétrogradation est égale au poids des vapeurs :

$$(2) \quad 9.19 + p^1 = p.$$

en résolvant ces deux équations, on obtiendra  $p = 17.27 \text{ kgr.}$   
et  $p^1 = 8.08.$

La chaleur du liquide de rétrogradation sera donc égale à :

$$8.08 \left( -4.5 + 92.6 \left[ 1.06 + 0,002 \frac{92.6}{2} \right] \right) = 825 \text{ calories.}$$

4° *Calcul de la chaleur des vapeurs.* Le poids des vapeurs est de 17.27 kgr. La chaleur nécessaire pour amener le liquide de 57° alcooliques à 92,6°, en supposant la pression assez forte pour maintenir l'état liquide, est égale à :

$$17.27 \left( -7.3 + 92.6 \left[ 0,95 + 0,0028 \frac{92.6}{2} \right] \right) = 1600 \text{ calories.}$$

La quantité de chaleur nécessaire pour transformer le liquide en une vapeur de 1 atmosphère de pression =  $17.27 \times 372 = 6430$  calories.

La chaleur totale des vapeurs =  $1600 + 6430 = 8030$  calories.

*La dépense totale de chaleur sera donc égale à :*

$$9430 + 8030 - (825 + 10080) = 6550.$$

Disons en terminant ce chapitre que la théorie de la distillation a été l'objet de bien des travaux, parmi lesquels il faut surtout citer ceux d'ILGES et de PAMPE.

TABLEAU  
DES CONSTANTES PHYSIQUES DES MÉLANGES D'EAU ET D'ALCOOL.

Proportion d'alcool contenue dans le liquide  % en vol.	CHALEUR SPECIFIQUE  à t ° C.  calories	Chaleur de mélange par kilogr. de mélange  calories	Chaleur spécifique de vapo- risation  calories	Point d'ébullition à la pression atmosph. de 760 mm  ° C.
0,0	1,000 + 0,00110 t	0,0	536	100,0
5,0	1,040 + 0,00185 t	2,8	523	95,9
10,0	1,060 + 0,00200 t	4,5	509	92,6
15,0	1,065 + 0,00205 t	6,3	495	90,2
20,0	1,065 + 0,00205 t	7,7	481	88,3
25,0	1,060 + 0,00210 t	8,9	467	86,9
30,0	1,055 + 0,00220 t	9,4	452	85,7
35,0	1,045 + 0,00235 t	9,6	438	84,8
40,0	1,035 + 0,00250 t	9,5	424	84,1
45,0	1,015 + 0,00260 t	9,1	409	83,4
50,0	0,990 + 0,00270 t	8,4	394	82,8
55,0	0,960 + 0,00275 t	7,6	379	82,3
60,0	0,930 + 0,00285 t	6,8	363	81,7
65,0	0,900 + 0,00290 t	5,9	346	81,2
70,0	0,865 + 0,00295 t	5,0	330	80,8
75,0	0,830 + 0,00300 t	4,1	312	80,4
80,0	0,795 + 0,00305 t	3,2	294	79,9
85,0	0,750 + 0,00310 t	2,6	276	79,5
90,0	0,705 + 0,00310 t	1,9	256	79,1
95,0	0,650 + 0,00320 t	1,3	234	78,8
100,0	0,580 + 0,00340 t	0,0	209	78,4

## APPAREILS A DISTILLER.

### I. L'ALAMBIC SIMPLE.

L'alambic simple qui était généralement employé, avant que la distillation devînt une grande industrie se composait de :

- A La chaudière.
- B Le chapiteau.
- C Le serpent.
- D Le réfrigérant.

Cet appareil est représenté par la Fig. 176.

Le moût était introduit par l'ouverture *a* dans la chaudière *A* qui était à l'origine chauffée à feu nu et par la suite à la vapeur. Le moût y était porté à l'ébullition. Le chapiteau *B* avait la forme de la cornue des alchimistes et était destiné à empêcher l'entraînement du moût.

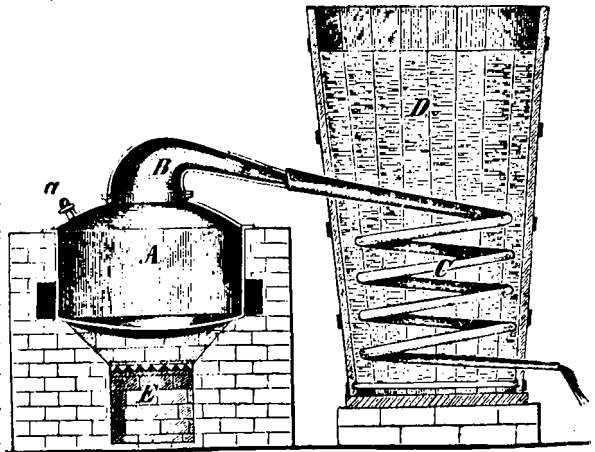


Fig. 176.

On avait donné à

l'origine une grandeur immodérée et un aspect informe à cette partie de l'appareil parce que la distillation était frappée dans ses commencements d'un impôt sur la capacité des chaudières, ce qui obligeait le distillateur à les remplir complètement.

L'adoption du système d'impôt basé sur la capacité des cuves a fait ramener ce chapiteau à de plus justes proportions.

Les vapeurs alcooliques passaient du chapiteau *B* dans le serpen-

tin C où elles étaient condensées au moyen de l'eau froide renfermée dans le réfrigérant D.

L'alambic ne pouvait, cela va sans dire, que fournir des produits bien dilués, et l'on était obligé d'avoir recours à plusieurs distillations successives pour obtenir un alcool concentré; aussi ces appareils ont-ils été généralement remplacés par des appareils composés pouvant donner du premier jet un alcool concentré.

## II. APPAREIL PISTORIUS ET AUTRES APPAREILS A CHAUDIÈRES.

*Pistorius* a construit, le premier, un appareil distillatoire en y appliquant d'une manière rationnelle les principes de distillation, de chauffage préalable du moût, de rectification et de déflegmation. Aussi cet appareil supplanta-t-il rapidement tous les autres et n'a-t-il été détrôné que par les appareils continus ou colonnes à distiller qui sont employées aujourd'hui dans presque toutes les grandes distilleries. Par contre, nombre de petites usines ou exploitations agricoles sont encore munies de l'appareil de *Pistorius*. Cet appareil est représenté par la fig. 177 tirée du traité de la fabrication de l'alcool de *Ludersdorff-Pistorius*.

Le moût à distiller est contenu dans la chaudière inférieure A où il est soumis à l'action directe du feu et porté à l'ébullition, et les vapeurs alcooliques qui s'en dégagent, se rendent par le tuyau B dans la 2<sup>me</sup> chaudière C. Un agitateur, disposé dans la chaudière A, permet de remuer de temps en temps la masse liquide afin qu'elle ne se brûle pas. Le moût contenu dans la chaudière C est chauffé par les vapeurs produites dans la chaudière inférieure A et par les gaz de combustion. Le tuyau D conduit les vapeurs de la chaudière C dans le rectificateur E et dans le chauffe vin F. L'appareil E F faisant, à la fois, l'office de réchauffeur et de rectificateur, se compose d'un récipient extérieur E pour condenser les vapeurs alcooliques et d'un vase intérieur F, pour chauffer le vin. Le tuyau D qui conduit les vapeurs mixtes de la chaudière dans le rectificateur est recouvert à son embouchure a par une calotte, de telle sorte que les vapeurs en arrivant viennent frapper une paroi métallique refroidie par le vin contenu dans le chauffe-vin F; elles se condensent alors en partie, et le liquide condensé, en s'accumulant dans la partie inférieure du récipient,

dépasse le niveau des bords de la calotte. Les vapeurs non condensées sont donc obligées de se frayer un chemin à travers l'épaisseur de la couche du liquide ; elles y barbottent, la ramènent à l'ébullition et produisent ainsi une action rectificatrice.

Avant de suivre la marche des vapeurs à leur sortie du rectificateur E remarquons que l'appareil de Pistorius est disposé de manière à ce que les vapeurs marchent en sens inverse du vin à distiller. Le chauffe-vin F est, en effet, rempli de vin provenant des cuves à fermenter ; lorsque ce vin a été suffisamment chauffé par les vapeurs du rectificateur E, on le dirige à l'aide d'un robinet de décharge dans la chaudière C dont on a auparavant vidé le contenu dans l'épouseur A. Le liquide épousé

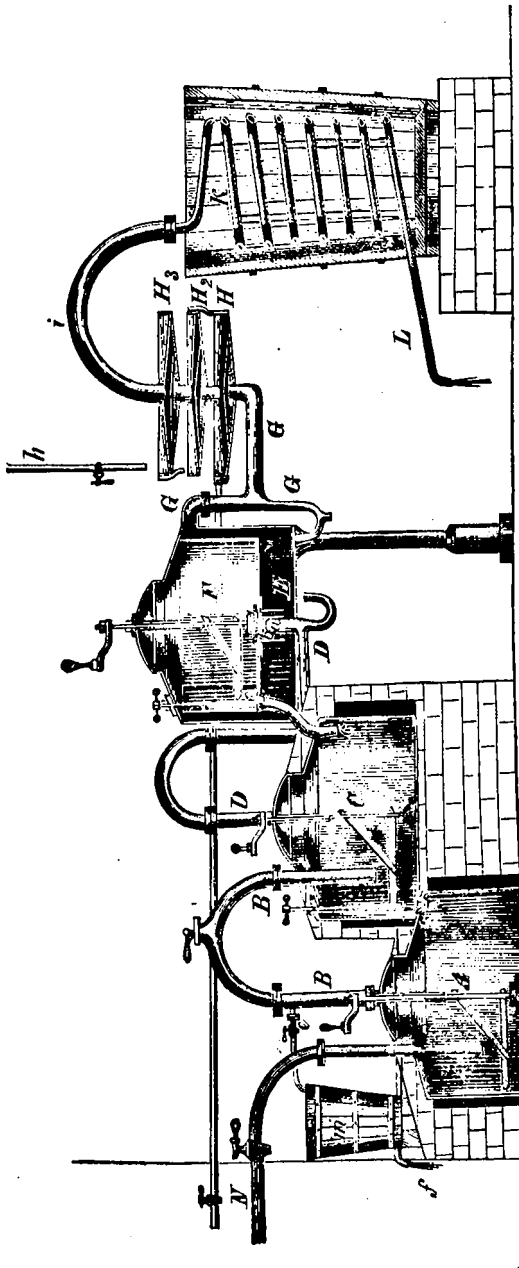


Fig. 177.

en A a été préalablement éliminé par le conduit de vinasse. Une tubulure *e*, partant du tuyau B, conduit une partie des vapeurs de la chaudière A dans le réfrigérant à serpentin *m* et permet de recon-

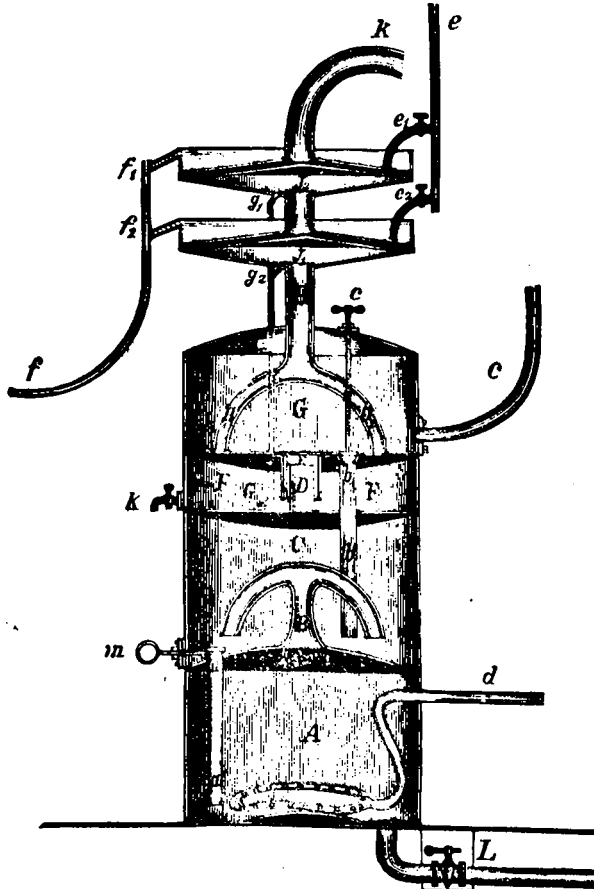


Fig. 178.

naître au moyen d'un alcoomètre si le liquide condensé a bien été dépouillé de tout son alcool.

Revenons maintenant aux vapeurs sortant du rectificateur E ; elles pénètrent par le tuyau G dans le déflegmateur de Pistorius, qui affecte la forme d'un bassin, ou plutôt de 3 bassins superposés H, H<sub>2</sub> et H<sub>3</sub>. Chacun de ces bassins est divisé par un diaphragme en 2 parties, le compartiment inférieur étant des-

tiné aux vapeurs et le supérieur à l'eau froide. Celle-ci arrive dans le bassin supérieur H<sub>3</sub> et coule de là en H<sub>2</sub>, puis en H et condense en partie les vapeurs qui, marchant en sens contraire de l'eau, entrent en H et remplissent successivement les compartiments inférieurs de H, H<sub>2</sub> et H<sub>3</sub>. De là le nom de déflegmateur donné à cette partie de l'appareil. Le liquide condensé, faiblement alcoolique, rétrograde par le tuyau à bifurcation G dans la partie inférieure du rectificateur E, tandis que les vapeurs alcooliques poursuivent leur chemin

par le tuyau *i*. Cette disposition présente l'inconvénient que les vapeurs rencontrent en G sur leur passage le liquide condensé, qu'elles en entraînent toujours quelque peu avec elle et qu'il peut en résulter un produit distillé faible et impur. Aussi les derniers appa-

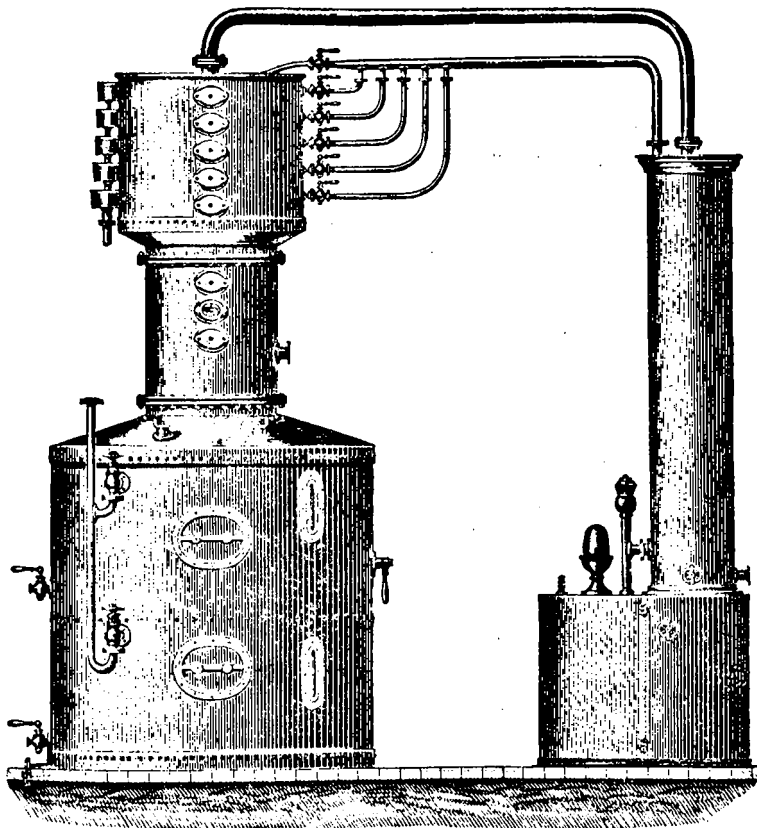


Fig. 179.

reils construits par Pistorius sont-ils munis d'un tube d'abduction spécial (voir fig. 178) qui sert à la rétrogradation du liquide condensé dans le rectificateur.

Les autres parties de l'appareil se comprennent sans peine. Les vapeurs alcooliques non condensées dans le déflegmateur sont conduites dans le serpentin du réfrigérant K, et le produit distillé s'écoule en L.

La fig. 177 représente un appareil à distiller à feu nu, mais il va

sans dire qu'on peut y appliquer la distillation à la vapeur. L'appareil de Pistorius, tel que nous l'avons décrit, exige une place assez considérable, aussi a-t-il été modifié, et c'est sous la forme de colonne représentée par la figure 178 qu'on le rencontre le plus souvent. Cette disposition, qui se comprend sans autre explication, économise, non-seulement de l'espace, mais encore de la chaleur. L'appareil de Pistorius permet d'obtenir, par une seule distillation, un produit brut renfermant 80 à 85 % d'alcool; il a réalisé un immense progrès sur les anciens appareils dont la manutention

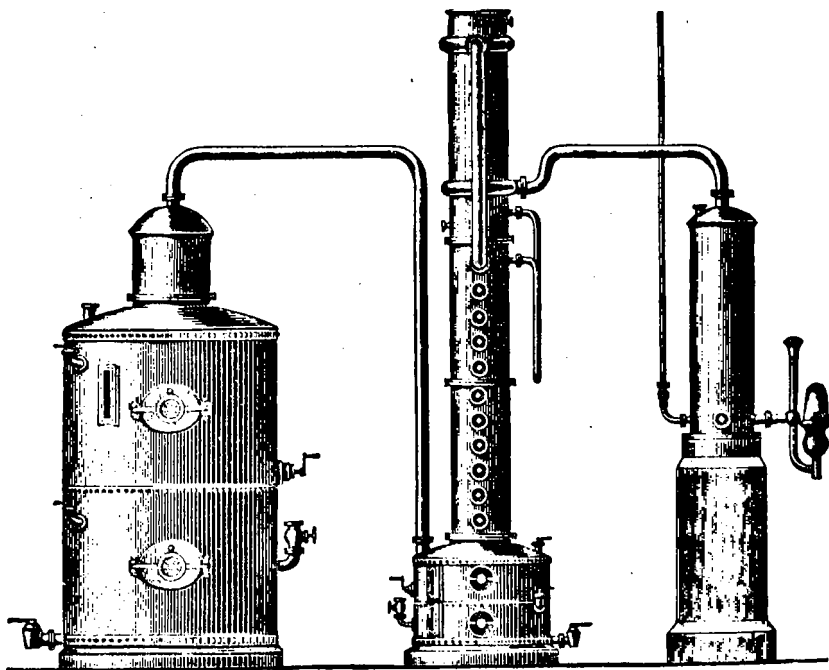


Fig. 180.

était pénible et coûteuse. On peut même dire que la fabrication allemande de l'alcool n'a pris sa place de grande industrie sur le marché du monde que depuis l'invention de cet appareil qui n'a été supplanté que par les appareils continus, supérieurs et plus économiques. Les parties de l'appareil de Pistorius qui sont défectueuses sont surtout le rectificateur et le déflegmateur; c'est pourquoi on les remplace souvent par les dispositions meilleures adoptées pour les nouveaux appareils. On les place alors, soit au-dessus



de la colonne habituelle de Pistorius (construction de *Weigelt*, à Neisse (Fig. 179), soit simplement à côté (construction *Volkmar, H'nig et Cie*, à Dresde (Fig. 180).

### III. APPAREILS A DISTILLER CONTINUS.

Presque toutes les distilleries importantes possèdent maintenant des appareils à distiller continus qui portent ce nom, parce que le moût, au lieu de remplir d'abord une chaudière dont le contenu est distillé séparément et fait l'objet d'une opération particulière, arrive dans la colonne d'une façon continue et régulière. Quoique presque tous les nouveaux appareils, comme ceux d'*Ilgès*, des frères *Siemens*, de *Hecht*, de *Christoph*, etc., soient des appareils à alimentation continue, on réserve principalement le nom d'appareils continus ou de colonnes à distiller à ceux qui sont dérivés de la colonne à distiller française de *Savalle*.

D'après les données que possède *Maercker*, c'est le chaudronnier en cuivre *Krause*, d'*Halberstadt*, qui a adapté l'appareil français, destiné à la distillation des mélasses, des jus de betteraves et des moûts de grains peu concentrés, au travail de moûts épais de pommes de terre. Cette adaptation était nécessaire, car les ouvertures et les trop-pleins de la colonne *Savalle* auraient été bientôt engorgés, et la circulation des moûts, arrêtée, si l'on s'était servi de cet appareil tel quel pour la distillation des moûts épais contenant des fragments de pommes de terre, tels que les préparent les distillateurs allemands.

#### 1. Appareils continus dérivés de la colonne à distiller de *Savalle*.

L'appareil à distiller continu le plus répandu est celui qui est construit par les frères *Bohm*, à *Fredersdorf* (Voir fig. 181).

Il se compose des parties suivantes :

- A. La colonne à distiller ;
- B. La colonne à rectifier ;
- C. Le condenseur ;
- D. Le réfrigérant ;
- E. La sortie de la vinasse ;
- G. L'éprouvette à alcool.

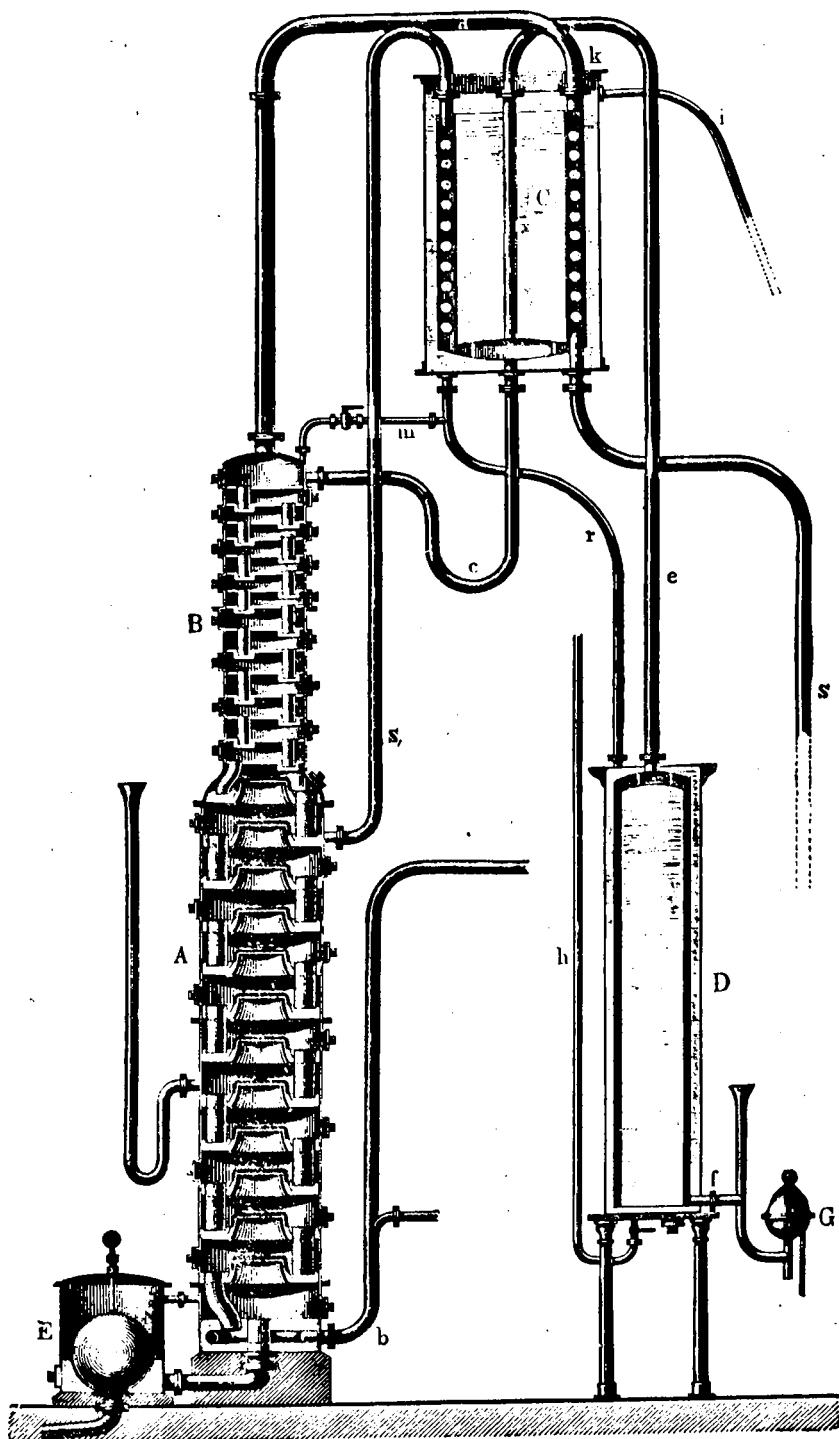


Fig. 181.

1° *Marche du moût ou vin.* Le vin fermenté est élevé, à l'aide d'une pompe à vapeur de construction connue, par le tuyau S, dans le condenseur C, faisant en même temps l'office d'un chauffe-vin. La partie de cet organe jouant le rôle d'un chauffe-vin, se compose d'un vase à doubles parois et d'un serpentín *d* faisant suite au tuyau S dans lequel passe le moût. Ce serpentín est entouré par les vapeurs alcooliques arrivant dans l'espace laissé libre entre les spires, de telle sorte que le vin se chauffe en le traversant et arrive, en cet état, dans le compartiment supérieur des 11 divisions de la colonne à distiller. Le constructeur Bohm fait également arriver dans le compartiment supérieur le retour de vapeur de la pompe à vin dans le but de chauffer ce dernier autant que possible.

Chaque chambre de la colonne à distiller est munie d'un trop-plein dont le bord supérieur dépasse un peu le fond du compartiment et dont l'extrémité inférieure débouche dans la chambre placée directement au-dessous et près du fond. Le trop-plein de chaque compartiment est diamétralement opposé à ceux des compartiments voisins. Le vin arrive premièrement dans le compartiment supérieur jusqu'au niveau du trop-plein, par lequel il s'écoule dans le deuxième compartiment qu'il remplit jusqu'au niveau de son propre trop-plein, l'extrémité de celui du compartiment placé au-dessus, plongeant dans la couche de liquide, et ainsi de suite. Le vin arrive ainsi de chambre en chambre au tuyau d'écoulement de la vinasse. Par suite de cette disposition des trop-pleins, le vin est obligé, pour trouver un écoulement, de circuler tout autour des calottes qui recouvrent les orifices destinés au passage des vapeurs ; il se trouve ainsi en contact intime avec les vapeurs qui le portent à l'ébullition. La vidange de la vinasse se fait par une vanne qui agit automatiquement sous l'impulsion d'un flotteur, formé par une boule creuse, lorsque la vinasse a atteint un certain niveau.

2° *Marche des vapeurs.* La vapeur, soit directe, soit d'échappement, arrive par un barboteur recourbé dans le compartiment inférieur de la colonne à distiller A ; elle passe de là dans le compartiment placé au-dessus par l'orifice central du plateau et, comme cet orifice est recouvert par une calotte dont les bords inférieurs plongent dans le liquide qui s'est amassé sur le plateau, elle est

obligée de traverser cette couche de liquide, autrement dit de barbotter dans ce liquide. Les vapeurs montent ainsi d'un compartiment à l'autre en s'enrichissant, c'est-à-dire en devenant de plus en plus alcooliques, tandis que le vin, qui marche en sens contraire, s'appauvrit de plus en plus et arrive enfin au bas de la colonne complètement dépouillé de son alcool. Au sortir de la colonne à distiller A, les vapeurs s'enrichissent encore dans la colonne à rectifier B qui, dans l'appareil de Bohm, se compose de 15 compartiments superposés, formés par des plateaux perforés munis de trop-pleins. Du rectificateur B, les vapeurs passent dans le condenseur C. Cette partie de l'appareil se compose d'un vase cylindrique C rempli d'eau, dans lequel plonge un autre vase à doubles parois K. C'est dans l'espace annulaire fermé formé par les deux parois et qui est traversé par un serpentin *d* que nous avons déjà décrit, sous le nom de chauffe-vin, que pénètrent les vapeurs alcooliques. Au contact du vin froid contenu dans ce chauffe-vin et de l'eau froide qui baigne les parois extérieures du condenseur, les vapeurs les plus aqueuses se condensent, tandis que les plus alcooliques vont se condenser au réfrigérant D, d'où elles coulent à l'éprouvette G.

Le liquide alcoolique moins riche condensé rétrograde par le tuyau recourbé *c* dans le compartiment supérieur de la colonne à rectifier, et de là descend par les trop-pleins de plateau en plateau, constamment traversé par les vapeurs qui s'élèvent de la colonne à distiller A et le dépouillent de l'alcool qu'il contient.

La construction que nous venons de décrire présente l'inconvénient de remettre en contact avec le vin et finalement de mélanger à la vinasse, de l'alcool amylique et d'autres corps ayant mauvais goût et mauvaise odeur. Quand on veut éviter cet inconvénient, on n'a qu'à placer la colonne à rectifier à côté de celle à distiller ; on obtient aussi de cette façon des vinasses plus concentrées.

3<sup>o</sup> *Marche de l'eau servant à refroidir.* L'eau froide arrive d'abord dans le réfrigérant D, passe ensuite par le tuyau *r* dans le condenseur d'où elle sort chaude en *i*.

Un tuyau *m*, greffé sur la conduite *r* et muni d'un robinet, permet, lorsqu'on veut nettoyer l'appareil à distiller, de faire arriver l'eau dans le compartiment supérieur de la colonne à rectifier, d'où elle descend de plateau en plateau jusqu'au bas

de l'appareil pour s'échapper par l'orifice de sortie de la vinasse E. Les parties intérieures des appareils à distiller, lorsqu'ils ont servi un certain temps, se recouvrent d'une croûte formée par les résidus du vin, les corps gras, la terre, les cellules de levure, etc., qui peut

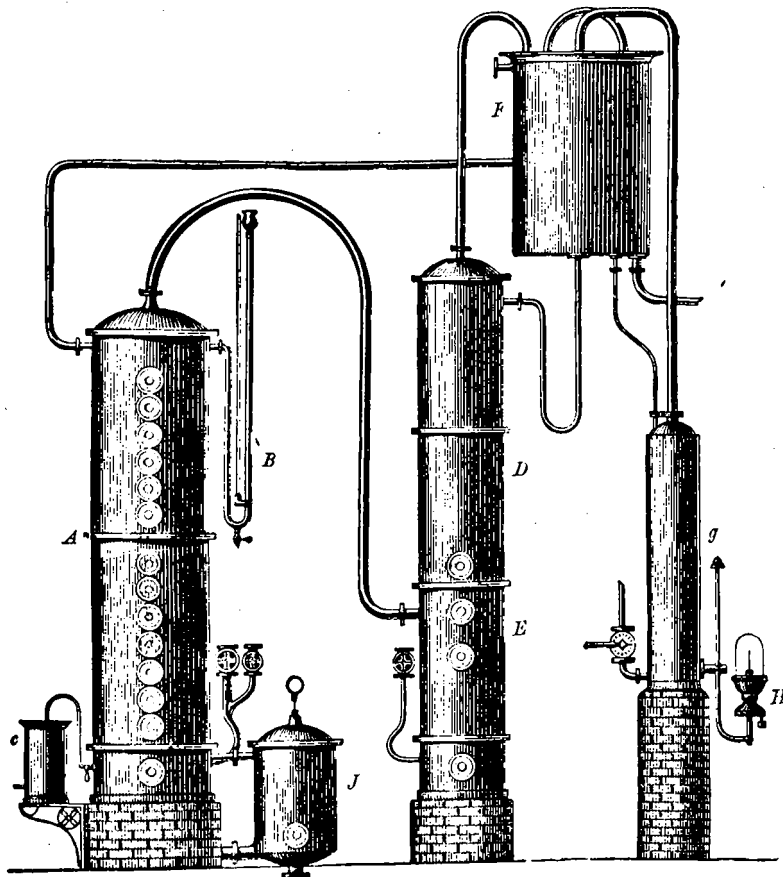


Fig. 182.

atteindre jusqu'à 2 cm. d'épaisseur. Pour enlever cette croûte sans démonter l'appareil, on le nettoie d'abord à l'eau, puis on ouvre tous les regards, et l'on introduit successivement dans chaque compartiment, en commençant par le bas, une capsule renfermant un mélange, en parties égales, de pétrole et d'alcool auquel on met le feu. Il suffit de laisser brûler la flamme pendant 3 ou 4 minutes dans chaque compartiment pour arriver à dessécher complètement la

croûte ; elle se détache alors et peut être enlevée sans peine. On doit pouvoir nettoyer ainsi les plus grands appareils en 3 ou 4 heures et en dépensant seulement 2 litres de pétrole et 2 litres d'alcool. (Zeitschrift f. Spirit. Ind., 1884, page 997.

Dans les appareils très grands, ou lorsqu'ils sont placés dans des bâtiments peu élevés, la colonne à rectifier, au lieu d'être placée au-dessus de la colonne à distiller, est montée à côté. Cette disposition est appliquée la première fois, si nous ne nous trompons pas, par C. Paulmann ; elle est représentée par la fig. 182.

A est la colonne à distiller ;

E » à rectifier ;

F est le condenseur et chauffe-vin ;

g est le réfrigérant ;

J est le régulateur d'écoulement de la vinasse ;

c est le contrôleur de la vinasse.

*Ellenberger* a construit un appareil analogue qui peut aussi servir pour la rectification. Dans cet appareil, la colonne à rectifier est placée sur une chaudière dans laquelle on introduit l'alcool à rectifier après l'avoir réduit à 48°. Quand on veut faire servir cet appareil pour la rectification, on ferme, à l'aide d'un robinet, la communication entre les colonnes à distiller et à rectifier et l'on fait passer l'eau dans le serpentín du chauffe-vin.

2. Appareil à distiller de *Vernicke*, de Halle-s|-Salle, pouvant distiller 150 hectolitres de vin à l'heure, et produisant de l'alcool premier jet de 95° à 96° Tralles.

En Autriche où l'industrie de la distillation est généralement pratiquée dans de grands établissements, on a besoin d'avoir des appareils très puissants, et de produire un alcool aussi concentré que possible, par suite des dispositions spéciales de la législation. L'appareil de *Wernicke*, de Halle, qui est employé à la distillerie de Franz Xaver Brosche, de Vysoçan, près Pragues, réalise ces conditions. Disons, en passant, que l'appareil le plus employé en Hongrie, est celui de *Schmidt*, de Nauen ; on en fait généralement grand cas. L'appareil de *Wernicke* (Fig. 183) est disposé de la manière suivante :

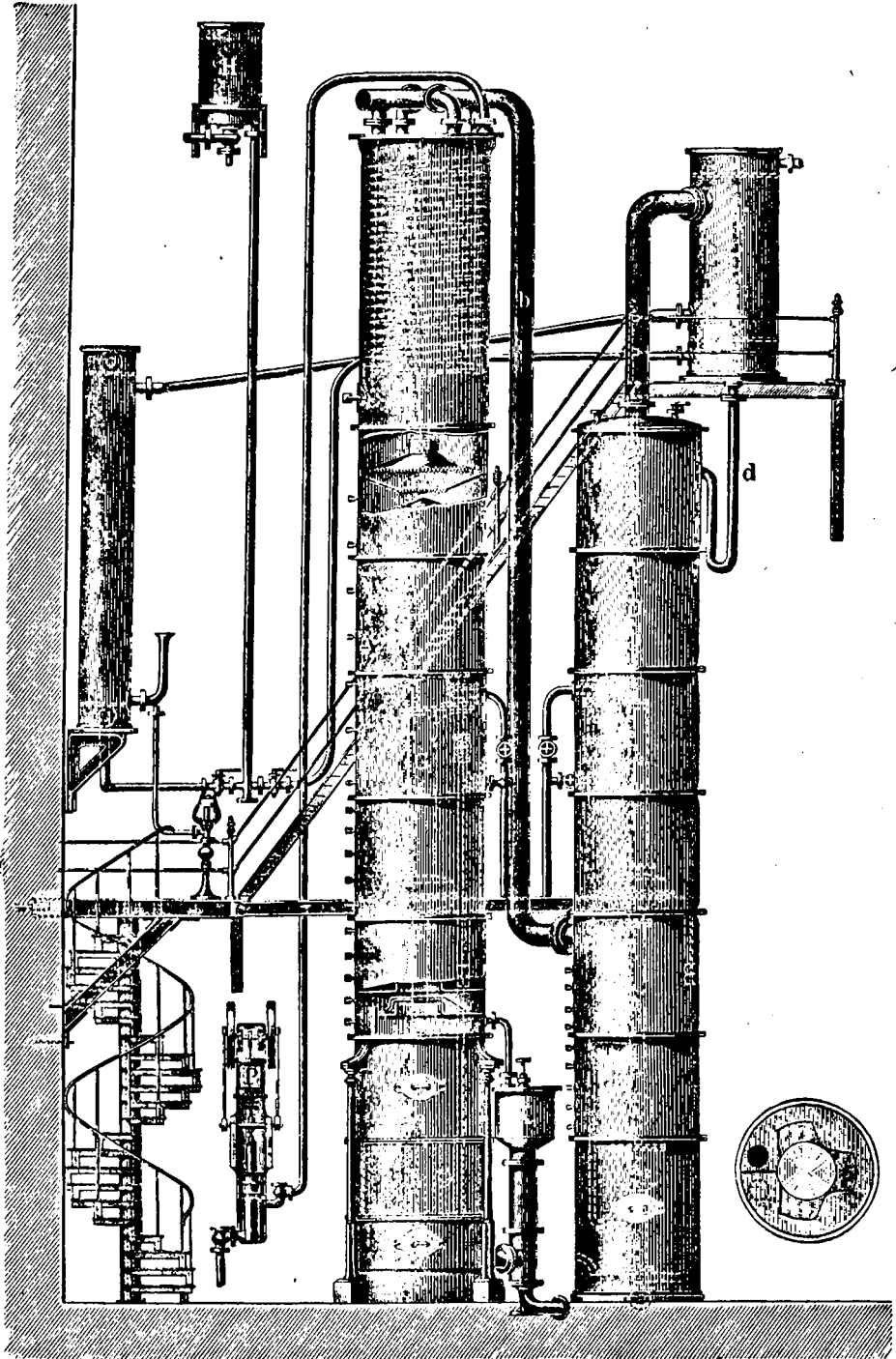


Fig 183.

Le vin est élevé au moyen de la pompe P, et refoulé dans le serpentín du chauffe-vin B. De là, le vin arrive dans la colonne à distiller et passe d'un compartiment à un autre, en tombant sur la surface d'une sorte d'entonnoir dentelé qui est lui-même placé au-dessus d'un entonnoir analogue renversé. La partie coupée de la figure permet de se rendre compte aisément de cette disposition. Les 10 derniers compartiments de la colonne sont munis de trop-pleins et de calottes en forme d'étoile. La section de ces calottes est représentée dans notre figure, par un croquis spécial qui montre, en outre, qu'une petite cloison, allant de la calotte à la paroi de la colonne, sépare les deux trop-pleins, celui d'amenée et celui d'écoulement du vin. Par suite de cette disposition, le vin arrivant par un des trop-pleins est obligé de faire le tour de la calotte pour s'écouler. Il passe ensuite dans la partie inférieure de la colonne, et se rassemble sur une couronne cylindrique dentelée, d'où il tombe en gouttelettes d'une hauteur de 1 m. environ, offrant ainsi une surface considérable d'évaporation.

Dans les distilleries de mélasse, où il est nécessaire de ne pas diluer la vinasse, on se sert toujours d'un serpentín ou d'un système tubulaire qui est représenté par *h*, dans notre figure ; mais quand on n'a pas à se préoccuper de cette considération, on peut, cela va sans dire, utiliser la vapeur directe.

La vidange de la vinasse se fait en K. Les vapeurs alcooliques sortent du chauffe-vin B déjà concentrée, et se rendent de là dans la colonne à rectifier composée elle-même de la colonne à rectifier proprement dite à plateaux perforés D et de la colonne à mauvais goûts C. Les vapeurs alcooliques arrivent dans l'espace compris entre ces deux organes différents, passent à travers les plateaux de la colonne à rectifier et de là dans le condenseur E et dans le réfrigérant. Le liquide condensé dans le condenseur E est conduit par le tuyau *d* dans le rectificateur proprement dit, et tombe de plateau en plateau jusqu'à la colonne à mauvais goûts, formée par des plateaux à calottes en forme d'étoiles. Un régulateur K<sub>2</sub> règle la sortie des mauvais goûts. Le régulateur de vapeur est formé par une membrane métallique, de forme spéciale, surmontée d'une colonne d'eau dont la hauteur est égale à la pression (calculée en eau) que l'on veut maintenir dans l'appareil. Une tige partant du milieu de la membrane, passe par le tube de niveau et est reliée, par l'intermé-



diaire d'un levier, à la soupape de distribution de vapeur. Le régulateur d'alimentation de l'eau servant à refroidir se compose d'un flotteur qui est mis en relation avec une soupape équilibrée au moyen d'une tige verticale. La soupape équilibrée communique par l'intermédiaire d'un tuyau avec le réservoir d'eau. Le flotteur est enfermé dans un récipient en tôle, dans lequel l'eau conserve toujours un même niveau. Grâce à cette condition, la quantité d'eau se rendant dans le condenseur est toujours régulière.

### 3. *Appareil de Hecht.*

Cet appareil est représenté par la fig. 184.

A. *Partie inférieure de la colonne à distiller avec l'arrivée de vapeur et la sortie de vinasse.* Celle-ci est munie d'une disposition particulière qui consiste en ce que l'ouverture du robinet est elliptique ainsi que la section du tuyau de vidange. Comme le grand axe de l'ellipse est placé dans la direction que suit le robinet en tournant, on n'a jamais d'obturation, le moindre déplacement du robinet offrant un passage circulaire aux parties solides du moût, qui engorgent souvent l'ouverture en forme de fente du robinet ordinaire.

B. *Colonne à distiller proprement dite.* La construction de cette partie de l'appareil diffère beaucoup de celle des appareils que nous avons décrits jusqu'à présent. Dans cette colonne, les compartiments ne contiennent ni calottes ni trop-pleins, mais sont formés par des cloisons affectant la forme d'un entonnoir qui se rétrécit et aboutit à une ouverture étroite. Au-dessous de chaque ouverture se trouve un cône renversé *f*, de telle façon que le vin s'échappant par l'ouverture centrale, coule le long des parois du cône jusqu'à la périphérie où l'entonnoir suivant le ramène au centre, et ainsi de suite. Cette disposition a pour effet de faire suivre au moût une marche régulière, allant en sens inverse des vapeurs tout en leur offrant une grande surface.

C. *Partie supérieure de la colonne à distiller.* C'est dans cette partie que le vin arrive à sa sortie du chauffe-vin E; il tombe dans les capsules *r'* et *r''* qui sont destinées à augmenter la surface d'évaporation.

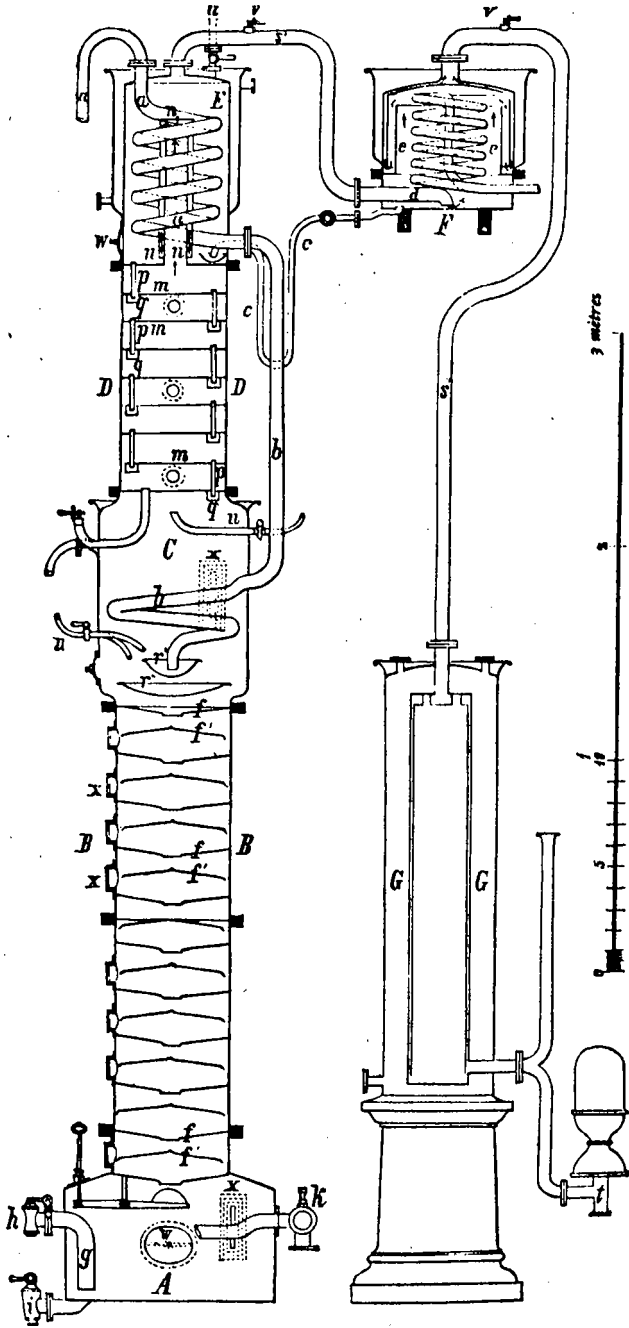


Fig. 184.

D. *Colonne à rectifier*. Elle se trouve dans la fig. 184 au-dessus de la colonne à distiller ; elle pourrait sans inconvénient être placée à côté, si la salle des appareils n'avait pas assez de hauteur.

E. *Ch chauffe-vin avec son serpent*. Il est entouré d'une enveloppe et l'on peut, quand le besoin s'en fait sentir, faire circuler de l'eau dans l'espace formé par cette enveloppe et les parois du chauffe-vin.

F. *Condenseur*. Les vapeurs provenant du chauffe-vin E, sont amenées dans le condenseur F par le tuyau *s'*, et y pénètrent en *d*. La condensation est obtenue au moyen d'un serpent dans lequel passe de l'eau froide, et d'une circulation d'eau extérieure. La partie la plus alcoolique poursuit son chemin et pénètre par le tuyau *s''* dans le réfrigérant, tandis que la partie la plus aqueuse se condense et rétrograde par le tuyau en siphon *c* dans la colonne à rectifier.

G. *Réfrigérant avec l'éprouvette*.

#### 4. *Appareil de Cristoph de Nisky*.

Cet appareil, représenté par la fig. 185, se compose des parties suivantes :

- A. Le régulateur d'alimentation ;
- B. La chaudière à vinasse ;
- C. La colonne à distiller ;
- D. La colonne à rectifier ;
- E. Le déflegmateur ;
- F. Le réfrigérant ;
- G. Le vérificateur de vinasse ;
- H. Le régulateur de vapeur.

Le vin, préalablement élevé dans un réservoir, est conduit dans la colonne à distiller par un tuyau *a* ; il y pénètre régulièrement grâce au régulateur d'alimentation A que nous décrirons plus loin dans le paragraphe intitulé : « *Régulateurs d'alimentation et de pression* ».

Le tuyau *a* est muni d'un entonnoir dans lequel tombe le vin à sa sortie du régulateur d'alimentation.

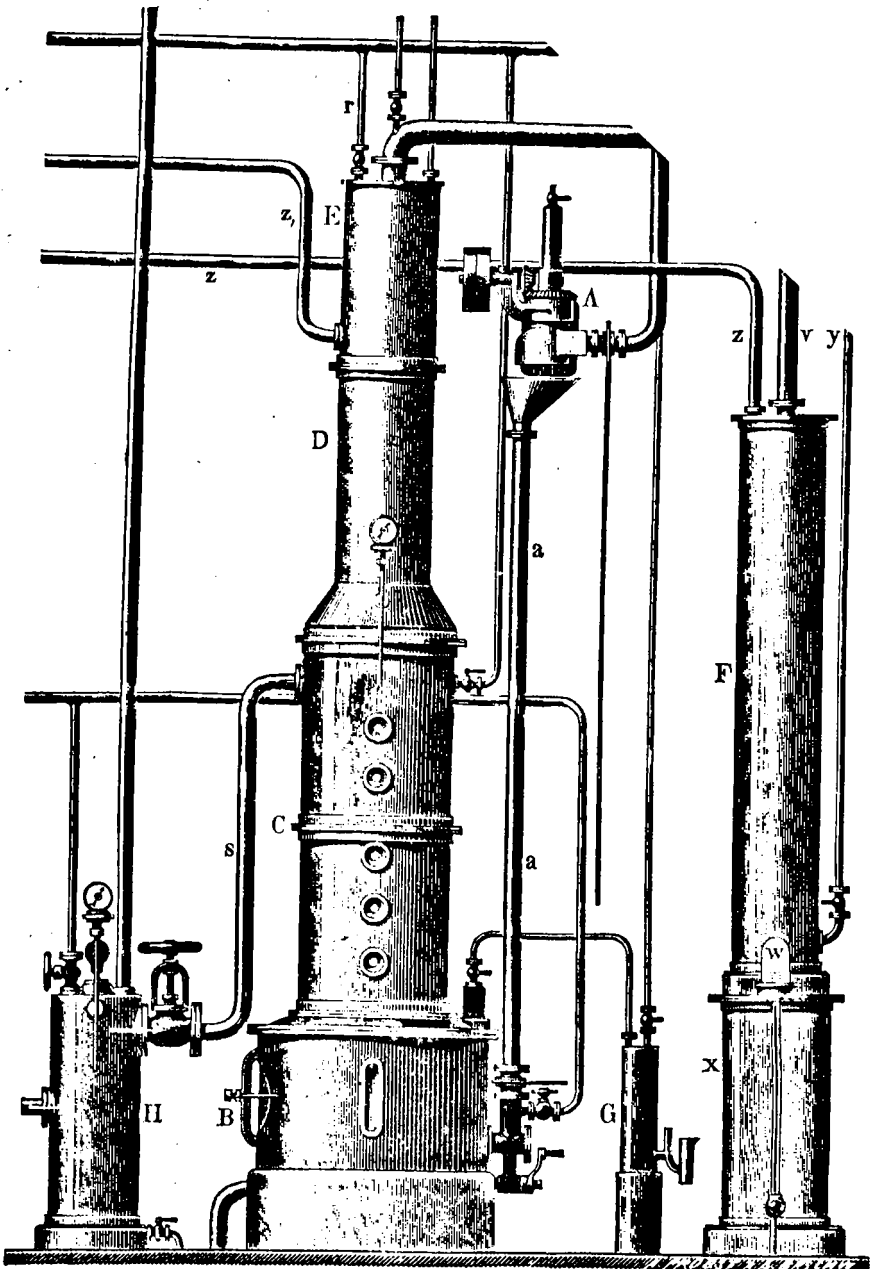


Fig. 185.

La fig. 186 permet de bien se rendre compte de l'entrée du vin dans la colonne à distiller: il y pénètre par le tuyau *a* qui affecte dans la chaudière la forme de serpent, et monte ensuite verticalement en *c* dans la colonne à distiller. Le vin se chauffe dans la chaudière au contact de la vinasse, remonte par le tuyau *c*, se déverse sur le plateau à évaporation *e*, et de là, descend de plateau en plateau, comme dans la plupart des appareils continus, jusque dans la chaudière où il arrive complètement dépouillé de son alcool. La vinasse s'écoule périodiquement et d'une manière automatique au moyen d'un flotteur *f*, agissant sur une soupape de décharge *g*. L'appareil est chauffé, en partie, par de la vapeur d'échappement et, en partie, par la vapeur directe. La pression est réglée au moyen d'un régulateur que nous décrivons plus loin. La vapeur arrive par un tuyau *s* qui passe dans le tube central *c* par lequel arrive le vin, et se répand ensuite dans la chaudière où elle porte la vinasse à l'ébullition. Les vapeurs qui se dégagent de la chaudières'élèvent de plateau

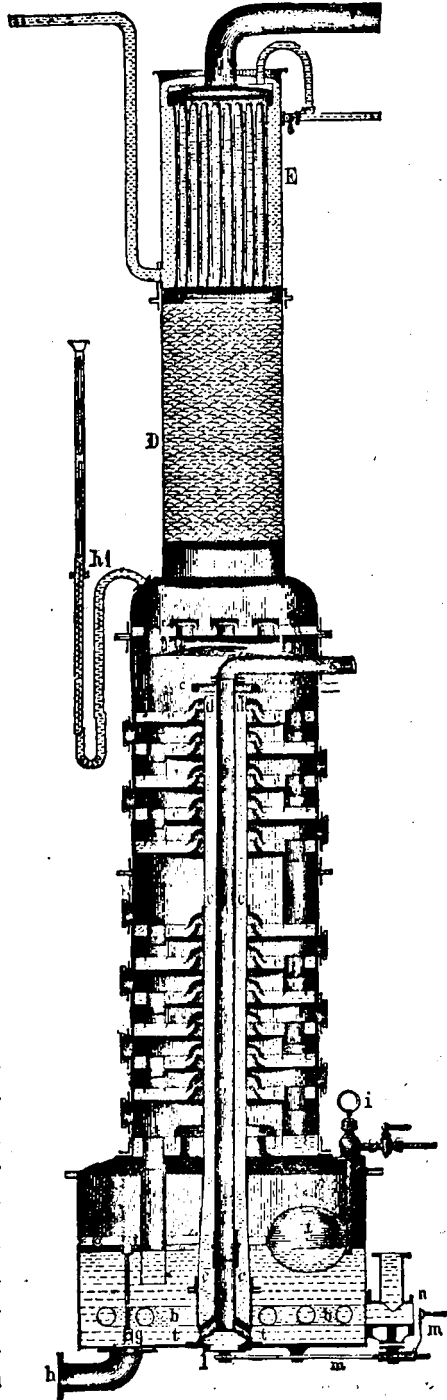


Fig. 186.

en plateau par les ouvertures garnies de calottes qui se trouvent autour du tube central *c*. A chaque plateau, elles sont obligées de barbotter dans la couche de liquide et le portent à l'ébullition. A la sortie de la colonne à distiller, les vapeurs traversent deux plateaux obturateurs (brise-mousses) *u u*, destinés à empêcher qu'elles n'entraînent du vin avec elle dans la colonne à rectifier. Les plateaux de cette dernière colonne représentés par les fig. 187 et 188 sont régulièrement ondulés, formant ainsi des creux et des bosses qui sont placés de telle façon que chaque enfoncement corresponde à la partie repoussée du plateau venant immédiatement après. Le liquide condensé descendant d'un plateau à l'autre, passe à travers des fentes étroites ménagées dans les enfoncements, tombe sur la partie repoussée du plateau suivant et se répand ainsi en couche régulière qui est traversée par les vapeurs ascendantes. Celles-ci pénètrent à la sortie du rectificateur D dans le déflegmateur E, formé par un système de tuyaux aplatis qui sont entourés d'eau froide et dans lesquels elles passent.

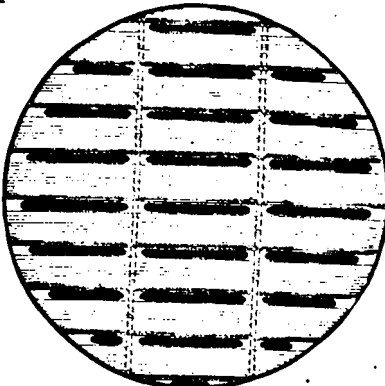


Fig. 187.

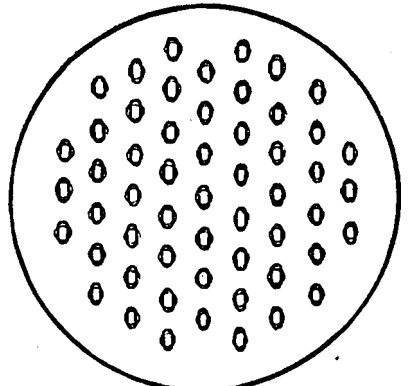


Fig. 188.

*Christoph* établit la colonne à rectifier, lorsque cela est nécessaire, à côté de la colonne à distiller, au lieu de la mettre au-dessus. Dans ce cas, il ménage une sortie spéciale aux mauvais goûts.

##### 5. *Appareil à distiller d'Igès.*

L'appareil à distiller d'Igès, tout en appartenant à la catégorie des appareils continus ordinaires, est particulièrement intéressant

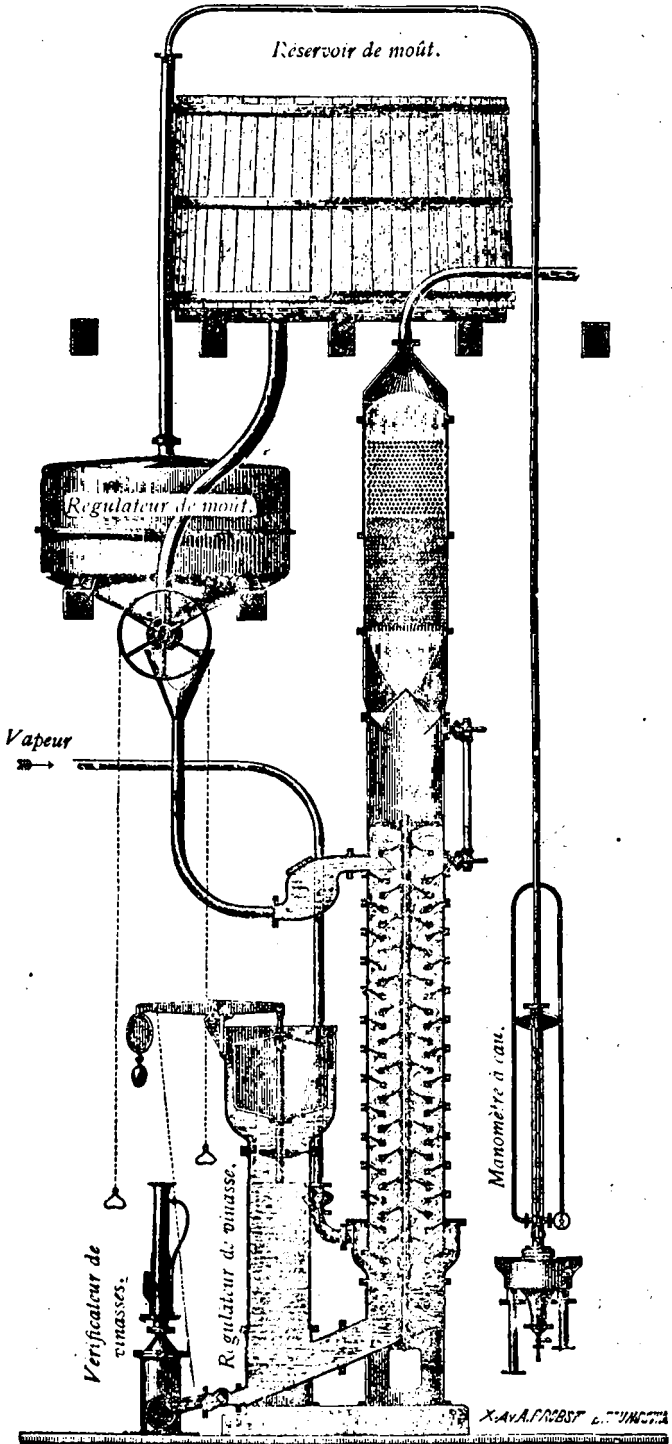


Fig. 189.

parce qu'il met en application un principe nouveau. Tandis que dans les appareils continus que nous venons de décrire, le vin descend de plateau en plateau, en formant une couche mince, dans l'appareil d'Ilgès, il forme une nappe continue qui occupe toute la colonne. La fig. 189 représente en coupe l'appareil d'Ilgès ; nous devons ce croquis à l'obligeance de MM. *Sachsenberg frères*, à Rosslau-sur-Elbe.

Voici comment fonctionne cet appareil : le vin provenant d'un réservoir élevé, complètement fermé, arrive d'une manière continue et régulière dans la colonne ; l'alimentation est réglée par une entrée d'air. La colonne, comme nous l'avons déjà dit, n'est pas divisée en compartiments par des plateaux ; elle forme une capacité non interrompue dans laquelle des diaphragmes, convenablement disposés, obligent le vin à serpenter sous la forme d'une nappe continue. Ces diaphragmes, de forme respectivement circulaire et annulaire sont garnis de côtes en relief excentrées et dirigées de manière à ce que le liquide prenne, en quittant chacun d'eux, une direction contraire à celle qu'il avait. Les fig. 190 et 191 permettent de se rendre compte de la construction de ces diaphragmes ou plateaux.

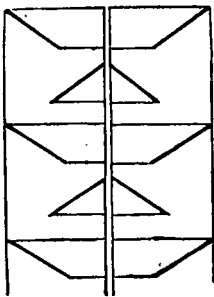


Fig. 190.

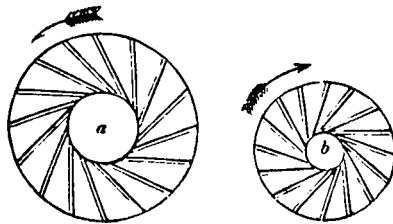


Fig. 191.

L'entrée de vapeur, réglée par un régulateur spécial que nous décrirons plus loin, se fait par une tubulure qui aboutit tangentiellement dans un évasement annulaire de la colonne à distiller. Par suite de cette disposition, la vapeur prend immédiatement le mouvement circulaire qui est transmis au moût par le dernier diaphragme. La sortie de la vinasse se fait à travers un régulateur dont la fig. 189 indique la construction. La sortie des vinasses est réglée automatiquement par un régulateur de telle façon qu'il sorte



toujours un volume de vinasse égal à celui du vin entrant dans la colonne.

Le *rectificateur* de l'appareil d'Ilgès se compose d'un récipient en fonte à section rectangulaire, fermé à l'extrémité inférieure par un grillage et plein de petites billes en porcelaine.

Le *déflegmateur* est composé d'un grand nombre de petits tubes en cuivre horizontaux, placés très près les uns des autres et divisés en rangées superposées. L'eau provenant des réfrigérants passe dans ces tubes, et condense les vapeurs qui se trouvent autour. Une lame dentelée en cuivre, soudée à chacun des tubes, conduit les gouttes du liquide condensé, de tuyau en tuyau, jusque sur les billes en porcelaine du rectificateur. Les flegmes condensés s'écoulent ainsi très régulièrement dans le rectificateur où, sous l'action des vapeurs ascendantes, ils sont de nouveau portés à l'ébullition.

Les vapeurs alcooliques se rendent, à leur sortie du déflegmateur, dans un réfrigérant ordinaire.

Dans les appareils nouveaux et plus grands d'Ilgès, les rectificateur et déflegmateur sont placés, lorsqu'on ne dispose pas d'une hauteur suffisante, non sur la colonne à distiller, mais à côté. Dans ce cas, la forme de ces organes est conservée, mais le constructeur y ajoute une petite colonne à mauvais goûts. Cette colonne est munie d'une prise de vapeur spéciale et d'un siphon pour la sortie des mauvais goûts qui ne se trouvent pas ainsi mélangés avec la vinasse.

Nous donnerons à la fin de ce chapitre quelques indications sur la puissance des appareils Ilgès. Contentons-nous de dire pour le moment que *Delbrück* en a obtenu de *très bons résultats* à la distillerie d'essai de Biesdorf.

Il faut reconnaître qu'à bien des points de vue Ilgès a ouvert une nouvelle voie aux constructeurs d'appareils, qui en ont créés plusieurs basés sur le même principe. Parmi les dispositions les plus originales de cet appareil, il faut citer d'abord la colonne à distiller, d'une construction toute différente de celle des appareils dérivés de la colonne française, puis le rectificateur à billes, et avant tout le régulateur d'alimentation. L'auteur croit, en outre, qu'Ilgès a été le premier en Allemagne qui ait adapté un régulateur de vapeur à l'appareil à distiller.

6. *Appareil à distiller des frères Siemens à Charlottenbourg.*

L'appareil (Fig. 192) peut servir à la distillation des moûts de pommes de terre, de maïs, de mélasse ou de betteraves.

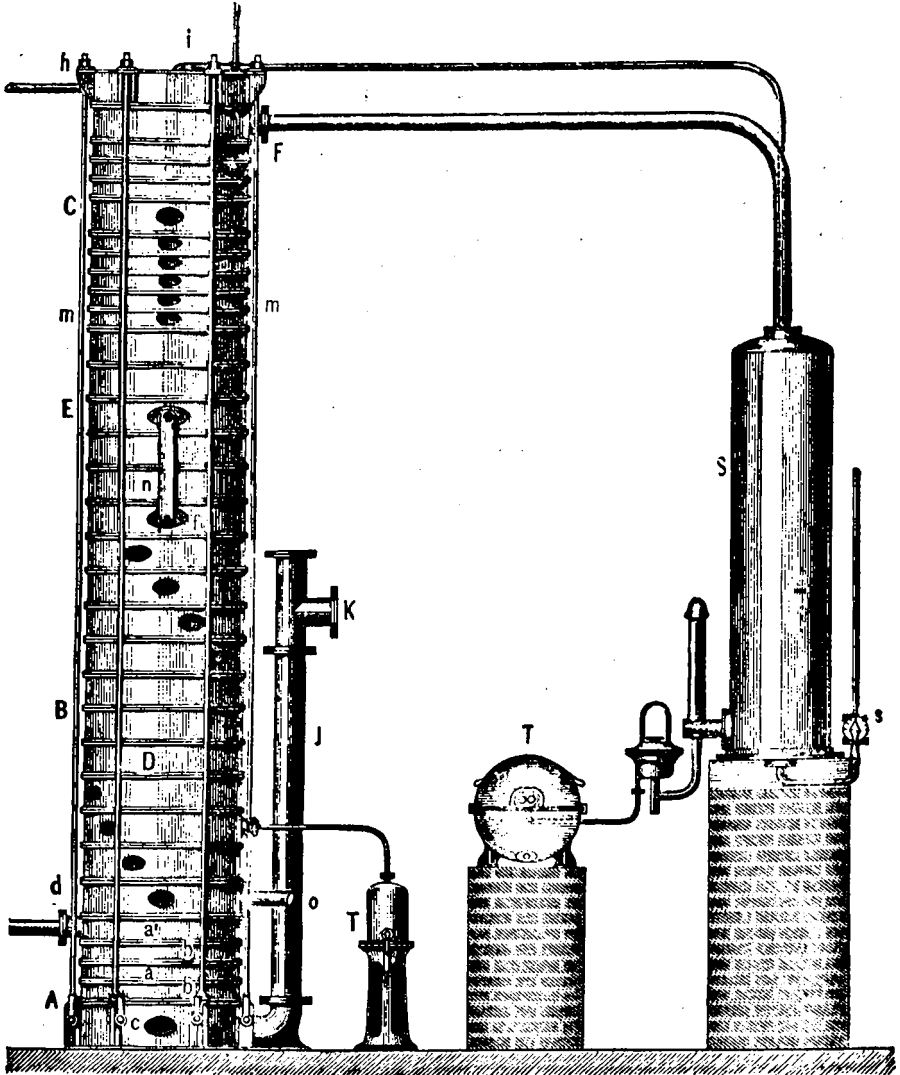


Fig. 192.

La colonne à distiller se divise en plusieurs parties, à savoir : le chauffe-vin A, la colonne à distiller proprement dite B, le brisé-

mousses E et le rectificateur C; elle se compose de tronçons en fonte placés les uns sur les autres et lutés avec de la colle de farine.

Le chauffe-vin est divisé en hauteur en deux compartiments à forme hélicoïdale, dont l'un est rempli de vin froid et l'autre de vinasse chaude, de telle façon que le vin, pour entrer dans la colonne à distiller, soit obligé de passer à côté de la vinasse chaude et de s'y chauffer.

La colonne à distiller proprement dite B se compose d'une capacité longue et relativement étroite qui est traversée de haut en bas, dans toute sa longueur, par le vin à distiller.

La vapeur arrive en *o*, marche en sens inverse de la nappe de vin et la dépouille de son alcool; cette distillation se fait rapidement et avec une dépense réduite de vapeur.

La marche du vin est la suivante :

Il est envoyé dans la colonne par une pompe à vapeur; il y entre en *d*, se chauffe aux dépens de la vinasse bouillante contenue dans le chauffe-vin, traverse de bas en haut la colonne à distiller dans un tuyau central et se déverse dans la colonne à la hauteur du tube de niveau *n*. Le vin, en descendant dans la colonne, rencontre les vapeurs qui marchent en sens inverse et le dépouillent de l'alcool qu'il contient. Le vin est ainsi réduit à l'état de vinasse qui emplit d'abord le premier compartiment du chauffe-vin, puis passe dans le second où elle cède une partie de son calorique au vin froid qui y arrive constamment. Elle passe ensuite dans le compartiment inférieur *c* pour s'écouler par le tuyau de vidange J, qui remonte verticalement jusqu'en K. T est un appareil d'épreuve pour la vinasse.

Le tronçon qui se trouve au-dessus de la colonne à distiller B et que nous appelons le brise-mousses, sert à empêcher l'entraînement du vin. Pendant que l'appareil travaille, la colonne est pleine de vin jusqu'au tube de niveau *n*.

Les vapeurs alcooliques sortant de la colonne se concentrent dans le rectificateur *c* formé par des plateaux en cuivre et des tubes analyseurs, de telle sorte qu'elles deviennent assez riches pour pouvoir donner un produit à fort degré. Elles passent ensuite du rectificateur C dans le réfrigérant S où elles sont condensées.

L'eau froide servant à la condensation passe d'abord dans le réfrigérant, puis dans les tubes du déflegmateur et s'écoule en *h*.

T<sup>1</sup> représente le compteur à alcool, système Siemens.

Les frères *Siemens* construisent aussi des appareils plus petits pour une fabrication intermittente. Ces appareils sont d'ailleurs identiques

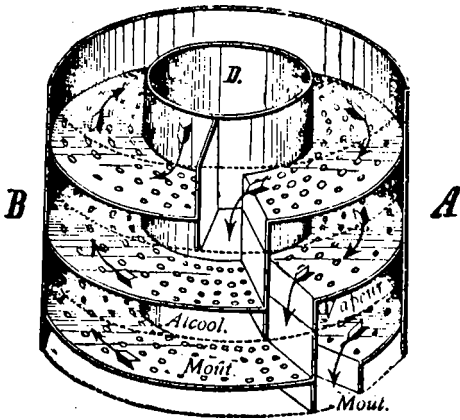


Fig. 193

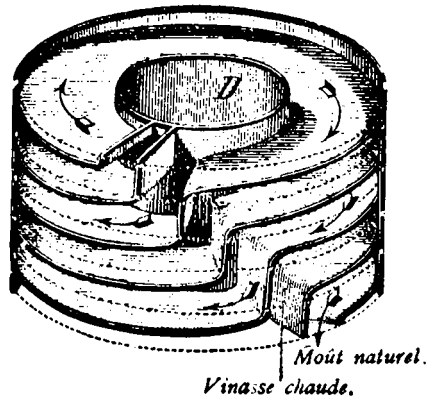


Fig. 194.

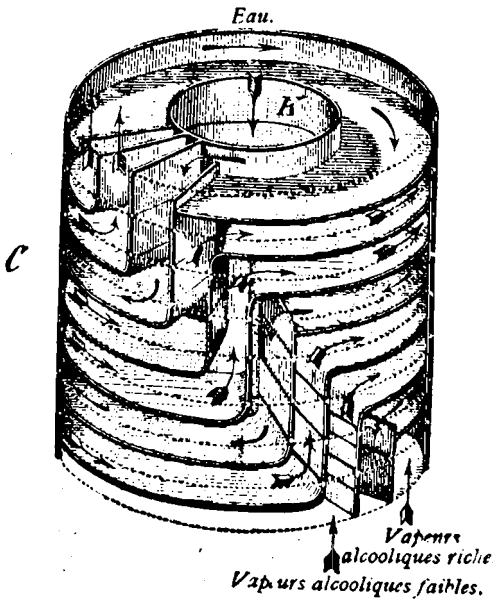


Fig. 195.

à celui que nous venons de décrire ; ils n'en diffèrent qu'en ce que le brise-mousses E est sensiblement plus haut et muni de deux tubes de niveau.

Quand on travaille d'une manière intermittente, on procède à peu près de la même façon que pour les appareils à chaudière : chaque demi-heure environ, on laisse écouler 250 à 400 litres de vinaisse que l'on remplace par la même quantité de vin. On peut facilement apprécier ce volume de vinaisse au moyen des deux tubes de niveau.

Comme la nouvelle quantité de vin qu'on introduit dans la colonne à distiller proprement dite a déjà séjourné pendant une demi-heure dans le chauffe-vin et s'y est échauffée, l'interruption de la distillation ne dure que fort peu de temps.

Les fig. 193, 194 et 195 représentent les détails des divers organes

de l'appareil Siemens, tels qu'ils ont été décrits par *E. Ritter* et *Delbrück* dans la *Zeitschrift für Spiritus Industrie*, année 1879, page 160.

La colonne à distiller proprement dite B se compose d'une plaque perforée se déroulant en spirale autour du tube central D. Le vin qui suit la spirale est maintenu en ébullition par les vapeurs ascendantes qui traversent les ouvertures ménagées dans les plaques. Le chauffe-vin se compose de deux compartiments juxtaposés qui se déroulent en hélice autour du tube central, et dont l'un sert de passage au vin froid entrant dans la colonne, et l'autre, à celui de la vinasse chaude sortant de la colonne. Ainsi que nous l'avons déjà vu, le vin, au sortir du chauffe-vin, s'élève dans le tube central D et se déverse dans le premier compartiment de la colonne.

Le rectificateur C se compose d'une triple hélice se développant autour du tuyau central K. Les vapeurs mixtes sortant de la colonne à distiller suivent un de ces compartiments hélicoïdaux, s'élèvent jusqu'au haut de l'appareil, descendent dans le tuyau central jusqu'au niveau du vin, s'enrichissent pendant ce trajet et remontent dans une autre spirale du rectificateur, qui est destinée aux vapeurs concentrées. Le troisième compartiment du rectificateur est destiné à l'eau froide qui marche en sens inverse du vin et exerce une action rectificatrice et déflegmatrice.

Si donc, on considère les divers compartiments dont est composé cet organe, on rencontre d'abord, en partant du bas de l'appareil, une tranche occupée par les vapeurs mixtes à une température élevée; au-dessus de cette tranche se trouve celle qui est occupée par les vapeurs concentrées, à une température moyenne; le compartiment à eau froide vient ensuite. Ce même ordre se répétant jusqu'au bout du rectificateur.

Par suite de cette disposition, la tranche des vapeurs mixtes se trouvant au-dessous de celle occupée par les vapeurs concentrées, cède de la chaleur à celles-ci et rectifie le liquide qui s'y condense. De même, on remarquera que la tranche occupée par les vapeurs riches prend la chaleur de celle qui est au-dessous et qui est occupée par les vapeurs mixtes, exerçant ainsi sur celle-ci une action déflegmatrice.

### 7. Appareil de Salzmann pour la production de drèches concentrées.

Les exploitations importantes nourrissant une grande quantité de bétail, à l'aide de la drèche, les distilleries de mélasses et celles qui possèdent une installation pour le séchage des résidus, trouvent un avantage à produire des vinasses concentrées. Aussi s'est-on préoccupé de construire des appareils réalisant cette condition. Celui de *Salzmann*, entr'autres, a la forme d'une colonne de 3<sup>m</sup>,800 à 4<sup>m</sup>,500 de hauteur, dont la section oblongue a 1<sup>m</sup>,200 à 1<sup>m</sup>,800 de long sur 0<sup>m</sup>,300 à 0<sup>m</sup>,450 de large.

Cette colonne est divisée en 4 parties dont 3 servent à la distillation et une au chauffage du vin.

Le vin arrive à la partie inférieure du chauffe-vin et passe dans une série de plateaux à doubles parois qui sont superposés et placés en chicane, de chaque côté de la colonne. Pendant ce trajet il s'échauffe au contact de la vinasse bouillante (104° C. environ) qui descend de la colonne et entoure les plateaux, et passe dans la partie supérieure de la colonne à distiller (1<sup>re</sup> zone) qui est reliée au chauffe-vin par un tuyau de communication.

Cette partie de la colonne renferme des plateaux simples inclinés, également disposés en chicane, les uns au-dessus des autres, sur lesquels le vin est maintenu en ébullition par les vapeurs ascendantes.

La deuxième partie de la colonne à distiller proprement dite est occupée par des plateaux disposés de la même façon, mais qui sont à doubles parois comme ceux du chauffe-vin et dans lesquels arrive la vapeur d'échappement de la machine. Le vin, en traversant cette partie de l'appareil, est déjà dépouillé en grande partie de l'alcool qu'il contient; cette opération s'achève dans la partie inférieure de la colonne où se trouvent des plateaux analogues, mais chauffés par de la vapeur directe.

La vidange de la vinasse s'opère d'une manière continue; contrôle se fait au moyen d'un thermomètre placé dans le dernier compartiment de la colonne à distiller. L'eau provenant de la vapeur

condensée dans les plateaux s'écoule régulièrement par un retour allemand. Quoique cette colonne à distiller paraisse compliquée à première vue, elle offre le grand avantage d'éviter les engorgements et de ne présenter que des surfaces lisses et simples, sans supports, calottes, hélices, etc., etc.

Un appareil de ce système de 0<sup>m</sup>,300 X 1<sup>m</sup>,200 de section peut distiller 11 h<sup>8</sup> par heure en dépensant 26 à 27 kilos de vapeur par 100 litres de vin distillé. L'auteur a fait l'analyse d'une vinasse provenant de cet appareil et a trouvé 9,38 % de matières sèches et 2,05 % de protéine.

Salzmann a remplacé dans ses derniers appareils les plateaux creux disposés en chicane dans la colonne par un système de plateaux à vapeur A adaptés à un tuyau central B et formant également chicane avec ceux ajustés aux parois de la colonne. La fig. 197 permet de se rendre compte sans peine de cette disposition.

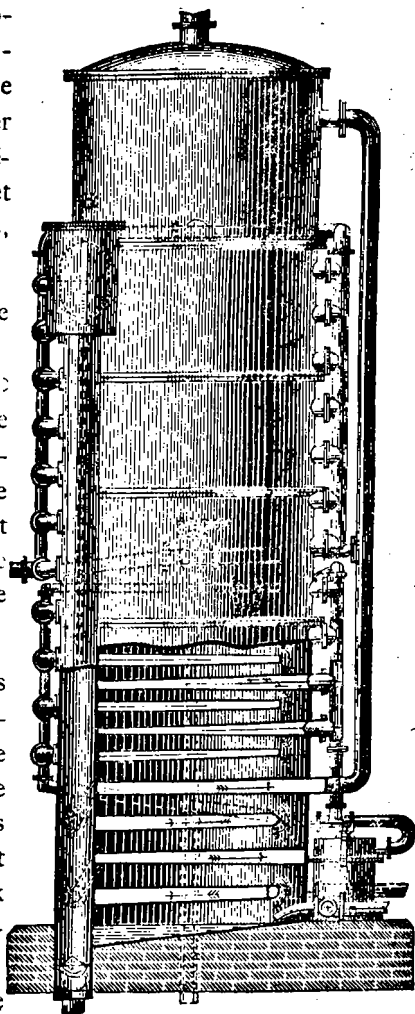


Fig. 196.

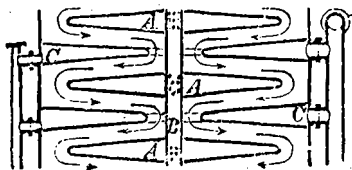


Fig. 197.

#### IV. AUTRES CONSTRUCTIONS D'APPAREILS A DISTILLER.

1° *Appareils de E. de Siemens*, de Hohenheim. A *E. de Siemens* revient une large part des progrès qu'a accomplis la science de la distillation, quoique grâce aux moyens puissants dont dispose la grande industrie, ses appareils aient déjà fait place à d'autres plus puissants et plus perfectionnés.

*E. de Siemens* s'est surtout efforcé de simplifier l'appareil de Pistorius et de le construire à meilleur marché; il y est arrivé avec son appareil en bois à plateaux de fonte qui a surpassé comme bon marché tous les appareils de son temps. Rappelons de plus que *Siemens* s'est aussi beaucoup préoccupé de donner aux condenseurs et aux déflegmateurs une forme rationnelle, et, si l'on ne rencontre plus guère des types créés par lui, il ne faut pas cependant oublier que beaucoup de constructions plus modernes en dérivent.

2° *Appareil à distiller de F. Hilbert*, de Dresde. Cet appareil se compose d'une chaudière et d'une colonne rectangulaire sur laquelle est placé un déflegmateur d'un système spécial, consistant en des bassins à fond incliné. La vapeur va d'un bassin à l'autre, en entrant toujours à la partie supérieure, tandis que le liquide condensé s'écoule en suivant la pente du bassin. (Voir pour plus amples détails la *Zeitschrift für Spir-Ind.* de 1880, p. 313.)

3° *Appareil à distiller de Hagist et Lion Lévy*, brevet allemand, 11843. Cet appareil, à section rectangulaire, contient deux systèmes de plateaux recourbés spéciaux, l'un des systèmes recevant le vin qui descend, et l'autre étant traversé par les vapeurs ascendantes.

4° *Appareil à distiller continu de Hermann Schulz*, de Ratibor. L'originalité de cet appareil consiste en ce que le moût circule pendant la distillation dans des sortes de galeries.

5° *Appareil à distiller horizontal de Seeger et Toppenthal*. La colonne à rectifier de cet appareil est horizontale et se trouve placée immédiatement au-dessus de la colonne à distiller.

6° *Appareil de M. Neumann*, de Christianstadt. Cet appareil ne diffère de l'ancien appareil de Pistorius que par l'adjonction qui lui est faite d'une colonne d'épuration qui est placée à côté de l'autre.



7° Un autre appareil continu à épurateur est celui de *Munch*, de Bernbourg. L'organe particulier de cet appareil est une calotte à bords rabattus formant rigole. C'est dans cette rigole que tombe le liquide qui a été dépouillé de son alcool dans les compartiments supérieurs de l'appareil, et qui de là peut rejoindre la vinasse ou être écoulé à part.

8° *Appareil à distiller d'Otrowski*, de Posen. Cet appareil présente ceci de particulier que l'appareil à rectifier ne se trouve, ni sur la colonne à distiller, ni à côté, mais est placé à l'intérieur.

La figure 198 suffit pour montrer ce genre de construction. On voit que cet appareil se compose, en somme, de deux colonnes placées l'une dans l'autre, l'espace annulaire servant de colonne à distiller. Le vin y entre par le haut en A et descend le long du rectificateur dans un canal en forme de spirale. Les vapeurs, après être arrivées au haut de la colonne à distiller redescendent par le tube central C pour remonter dans le rectificateur. Les billes que contient cet organe sont en verre. A leur sortie du rectificateur, les vapeurs se rendent dans le condenseur.

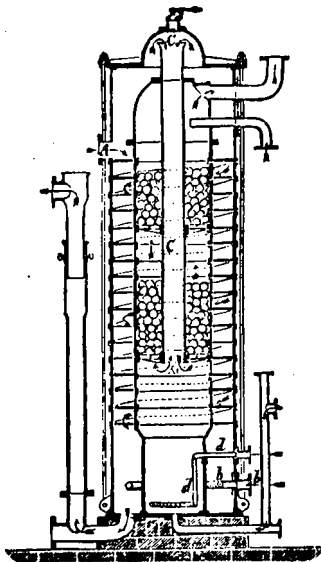


Fig. 198.

Le liquide condensé par les billes en verre se rassemble dans la partie inférieure du rectificateur où il est de nouveau porté à l'ébullition au moyen d'une arrivée de vapeur spéciale.

9° *Appareil de Galland pour la distillation dans l'air raréfié*. Le titre de cet appareil indique que la particularité qu'il offre est la distillation dans le vide, qui a pour but de produire des alcools plus purs. L'auteur ne sait pas quels résultats cet appareil a donnés dans la pratique.

10° *Appareil à distiller de J. Hampel*, de Dresde. Cet appareil se compose de compartiments prismatiques en fonte et d'une colonne à rectifier également prismatique. La colonne à distiller est, comme dans l'appareil d'Ilgès, remplie par le vin qui y circule en

nappe continue. Nous avons décrit cet appareil dans la 3<sup>e</sup> édition de cet ouvrage ; mais depuis lors on lui a trouvé de divers côtés des inconvénients assez importants.

11<sup>o</sup> *Nedwig* a construit récemment un *appareil à distiller à chaudière* travaillant très vite. Il se compose de trois chaudières superposées, d'un chauffe-vin et d'une colonne à rectifier assez élevée. D'après *Wittelshöfer*, cet appareil a pu distiller 4 cuves en 5 opérations qui ont duré 8 1/2 heures, ce qui correspond à une distillation de 13 hectolitres par heure, pour une capacité de chaudière de 26 hect. La vinasse était exempte d'alcool, et le produit coulant à l'éprouvette marquait 90° Tralles. Cet appareil prouve que l'on peut aussi travailler vite avec les appareils à chaudières.

12<sup>o</sup> *J. A. Steltzner* a construit un appareil pour la production d'un alcool très pur et concentré (Brevets allemands 22464 et 24886). L'alcool brut mélangé avec des huiles, des sels, des alcalis, du carbonate de chaux ou de soude, ou encore avec de l'alun, est envoyé en pluie fine dans la chaudière, au moyen d'un injecteur ; il y est porté à l'ébullition, et les vapeurs se rendent dans la colonne.

13<sup>o</sup> L'appareil de *Minguet et Jolibois* (brevet allemand 27431) qui a été décrit dans la *Zeitschrift für Spir-Ind.* 1884, p. 753, repose comme l'appareil de *Steltzner* sur le principe de la pulvérisation,

14<sup>o</sup> *Wagner*, de Dahme, (brevet allemand 28283) place au-dessous des trop-pleins conduisant le liquide condensé d'un plateau perforé à l'autre, une capsule à bords rabattus dans laquelle le liquide se rassemble. Lorsque la capsule est pleine, ce liquide se déverse régulièrement et en couche mince sur les plateaux perforés.

15<sup>o</sup> *E. Weigl*, de Neisse, a breveté (N<sup>o</sup> 20683) un appareil possédant un système de réfrigération très énergique (*Zeits. für Spir. Ind.* 1883, p. 709).

16<sup>o</sup> *Fleury* propose de distiller les vins en les saturant d'acide carbonique à une pression de 15 atmosphères, et en les conduisant ensuite dans l'appareil à distiller. La force d'expansion du gaz acide carbonique aiderait à la distillation.

## V. COLONNES FRANÇAISES.

Les colonnes à distiller françaises sont nombreuses, et, parmi elles, il y en a d'excellentes. Les plus connues sont celles de *Derosme* et *Champonnois*, de *Collette*, etc. etc., et surtout de *Savalle*.

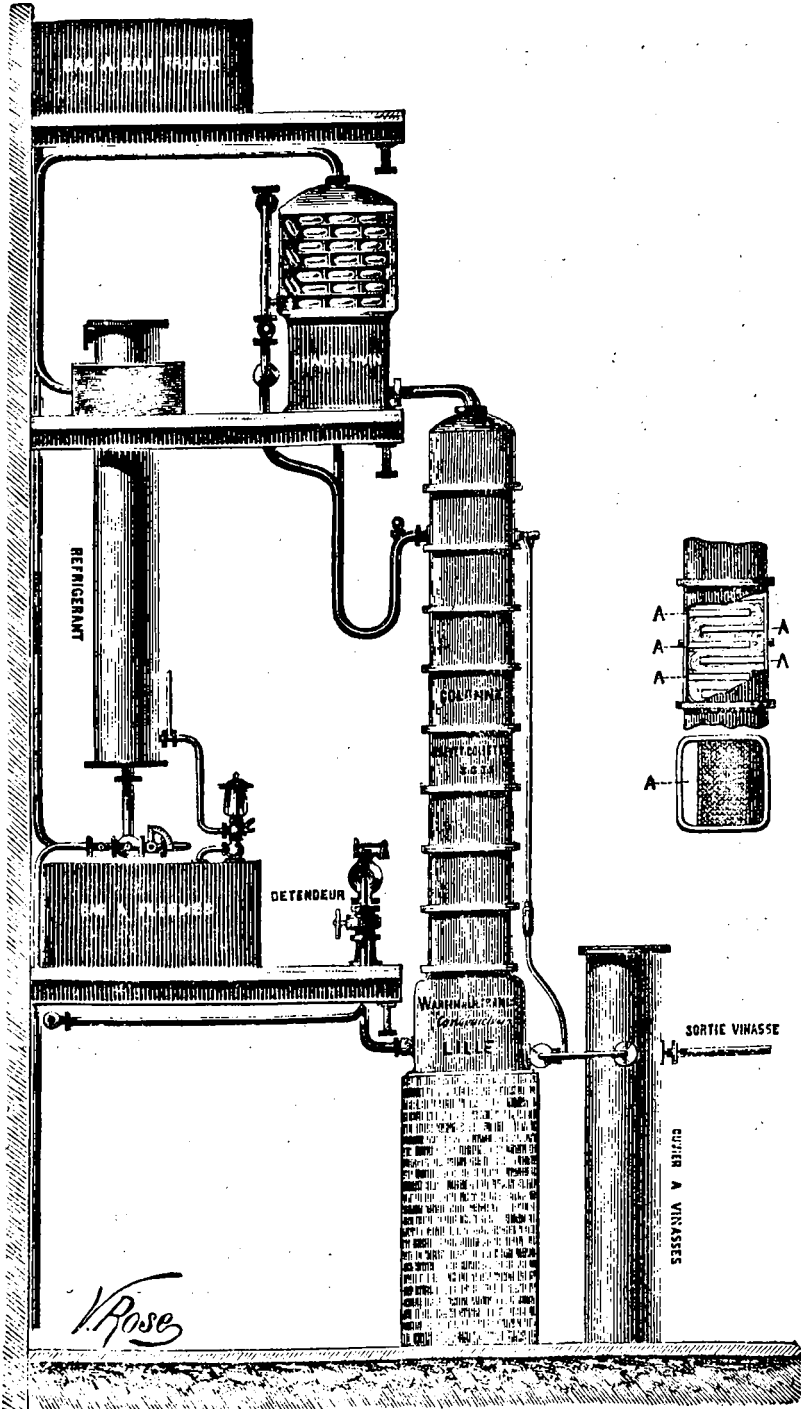


Fig. 199.

Ces dernières étant très connues, nous n'en parlerons pas, et nous dirons seulement quelques mots de la colonne Collecte qui convient plus particulièrement à la distillation des moûts épais.

\*) Cet appareil, qui est construit par Messieurs *Warein fils et DeFrance*, de Lille, se compose des organes suivants (Voir fig. 199).

- a. Soubassement de la colonne ;
- b. Colonne à distiller ;
- c. Rectificateur ;
- d. Chauffe-vin tubulaire ;
- e. Réfrigérant ;
- f. Eprouvette ;
- g. Entrée des vins au chauffe-vin ;
- h. Sortie des vins et entrée à la colonne ;
- j. Thermomètre indiquant la température d'entrée des vins ;
- k. Rétrogradation du rectificateur ;
- l. Régulateur d'entrée de vapeur ;
- m. Régulateur de sortie des drèches ;
- n. Cuvier à vinasse.
- o. Robinet d'entrée d'eau (à cadran) ;
- p. — de vidange du réfrigérant ;
- q. Bac à eau ;
- r. Bac à flegmes.

Cette colonne présente les avantages suivants :

Elle marche pleine, le vin circule de plateau en plateau, et se trouve constamment traversé par les vapeurs qui montent en sens inverse. Ces vapeurs alcooliques sont sectionnées de plateau en plateau, comme dans la colonne à calottes et s'enrichissent de plus en plus au fur et à mesure qu'elles arrivent à la partie supérieure de la colonne.

Cette disposition empêche tout dépôt, toute obstruction, quelle que soit l'épaisseur des moûts ; aussi la colonne est-elle toujours propre, même après plusieurs années de marche.

Les flegmes sont à haut degré et parfaitement limpides.

Le fonctionnement de cette colonne est automatique ; elle est munie d'un régulateur de sortie des vinasses, d'un régulateur de

(\*) N. d. T.

vapeur, d'un épurateur, d'un chauffe-vin pouvant se nettoyer facilement et d'un vérificateur constatant l'épuisement complet des vinasses. Cette colonne fonctionne depuis cinq ans, tant en France qu'à l'étranger, avec des moûts contenant jusqu'à 30 kgr. de grains par hectolitre.

D'après MM. *Warein fils et DeFrance*, l'emploi de cette colonne permettrait de ne dépenser que 120 kgr. de charbon par hectolitre d'alcool pour tout le travail, depuis le maïs en grain jusqu'à l'alcool expédié.

## DESCRIPTION DE QUELQUES PARTIES DES APPAREILS A DISTILLER.

Nous allons décrire dans ce paragraphe quelques parties des appareils qui méritent une étude un peu spéciale.

### 1. *Pompes à moût et à vin de construction nouvelle.*

Les anciennes pompes à moût présentent presque toutes l'inconvénient de tourner très lentement et, par suite, d'être portées à s'arrêter au point mort. Aussi les pompes les plus nouvelles sont-elles très petites et marchent-elles vite, de manière à éviter ce danger. Nous citons, comme exemple de ces dernières, la pompe de *Venuleth et Ellenberger*, à course variable, qui fait 60 tours à la minute, et celle de *Bohm* qui a également un mouvement très rapide. D'après *Delbrück*, il faut cependant encore préférer aux pompes à vin les régulateurs d'alimentation du système *Ilgès*, dans lesquels l'arrivée du vin est réglée par un petit robinet à air, car ils offrent l'avantage de fonctionner sans être influencés par les variations de vitesse de la machine à vapeur ou celles de la pression des chaudières. Ils sont, de plus, meilleur marché que les pompes.

La fig. 200 représente une *pompe à vapeur de Bohm* destinée à élever les moûts. Le bâti de cette pompe se compose d'une forte colonne en fonte boulonnée sur une plaque de fondation; cette colonne supporte l'arbre de couche et un second arbre placé au-

dessous du premier auquel il communique le mouvement par l'intermédiaire d'un engrenage. L'arbre inférieur met en mouve-

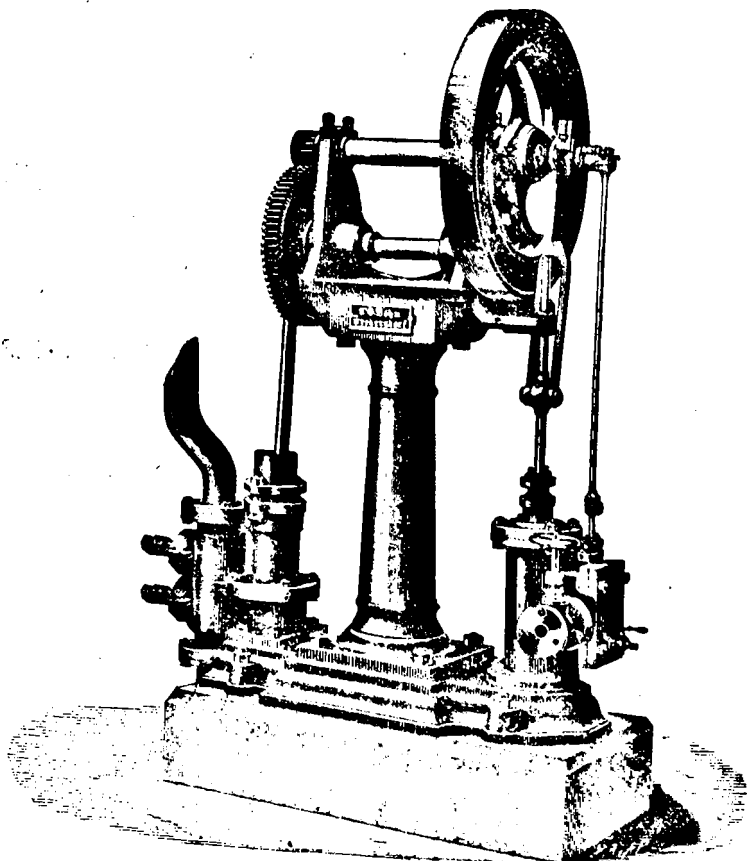


Fig. 200.

ment la pompe et tourne environ cinq fois moins vite que l'arbre de couche. Le cylindre à vapeur se trouve d'un côté du bâti et le corps de pompe de l'autre.

## 2. Condenseurs.

En étudiant les divers condenseurs, nous avons reproduit dans les dessins des appareils la plupart des systèmes des condenseurs employés, et nous n'avons besoin ici que de les rappeler ; ce sont les condenseurs de : Bohm, Hecht, Christoph, Ilgès, Siemens et Wernicke.

Presque tous ces condenseurs jouent en même temps le rôle de chauffe-vin.

### 3. Réfrigérants.

Le système de réfrigérant le plus ancien et qui est employé encore dans nombre de distilleries, consiste dans un serpentín en cuivre plongé dans un vase plein d'eau, ainsi que le représente la fig. 201. Primitivement, on faisait le réfrigérant assez grand pour que le serpentín n'en occupât que la partie inférieure et pour qu'il existât au-dessus un espace entièrement rempli d'eau. On obtenait de cette

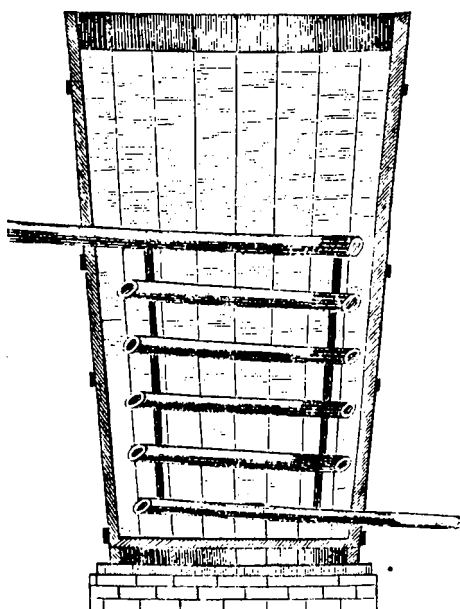


Fig. 201.

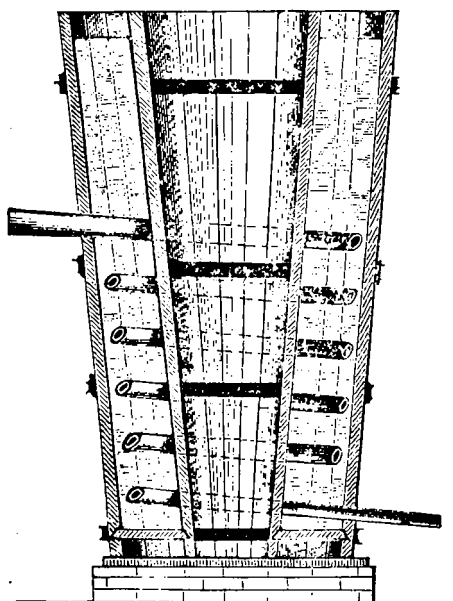


Fig. 202.

façon une réfrigération plus complète, le fond du vase étant toujours occupé par l'eau la plus froide, tandis que celle qui s'était chauffée au contact des vapeurs, s'élevait à la partie supérieure. Ces réfrigérants étaient installés, sans exception, en dehors des bâtiments ; on les appliquait généralement contre un des murs de la distillerie.

On pouvait ainsi, pendant les mois froids de l'année, laisser l'eau se refroidir pendant la nuit et s'en servir de nouveau le lendemain pour la condensation.

L'utilisation de l'eau froide dans ces réfrigérants n'était cependant pas complète, car il y avait dans le centre du vase toute une zone d'eau ne touchant pas le serpentin. On a remédié, dans une certaine mesure, à cet inconvénient en apportant à la construction du réfrigérant la modification représentée par la fig. 202 et qui consiste en

ce qu'un second vase, autour duquel se déroule le serpentin, est placé au milieu du premier. Cet appareil utilise l'eau froide d'une manière plus complète.

Ces réfrigérants sont d'ailleurs toujours plus abandonnés, par suite de leurs dimensions colossales qui les rendent peu commodes, et des frais d'entretien qu'ils exigent ; aussi, trouve-t-on, presque sans exception, dans toutes les nouvelles distilleries, des réfrigérants plus perfectionnés dont nous allons décrire quelques types.

Le réfrigérant le plus employé, et qui est représenté par la fig. 203, se compose d'un système de tubes étroits enfermés dans un vase cylindrique long et étroit, et qui est rempli d'eau. Les coupes 203 a et 203 b permettent de se rendre aisément compte de la marche des vapeurs : elles

entrent en A dans le système de tubes, et le liquide condensé s'écoule en B. L'eau froide servant à la condensation entre dans le bas de l'appareil en C et ressort en D ; elle marche en sens contraire des vapeurs. On emploie aussi fréquemment le réfrigérant annulaire représenté par les fig. 204 a et 204 b. Cet appareil se

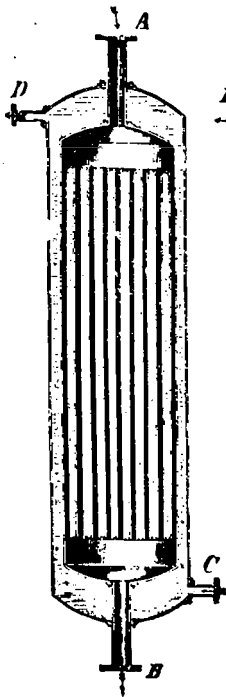


Fig. 203 a.

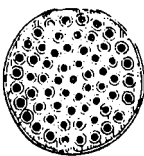


Fig. 203 b.

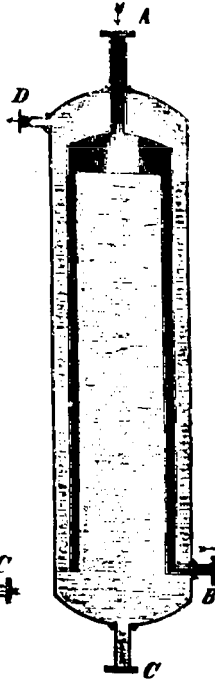


Fig. 204 a.

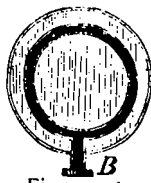


Fig. 204 b.



compose d'une ou de deux capacités annulaires placées dans un vase cylindrique pareil à celui du réfrigérant à tubes. Les vapeurs arrivent dans ces capacités annulaires et se condensent sous l'action de l'eau froide qui en baigne les parois ; leur marche ainsi que celle de l'eau froide sont indiquées dans les coupes 204 a et 204 b.

Le réfrigérant de Theisen est analogue à celui que ce même constructeur construit pour les mûts.

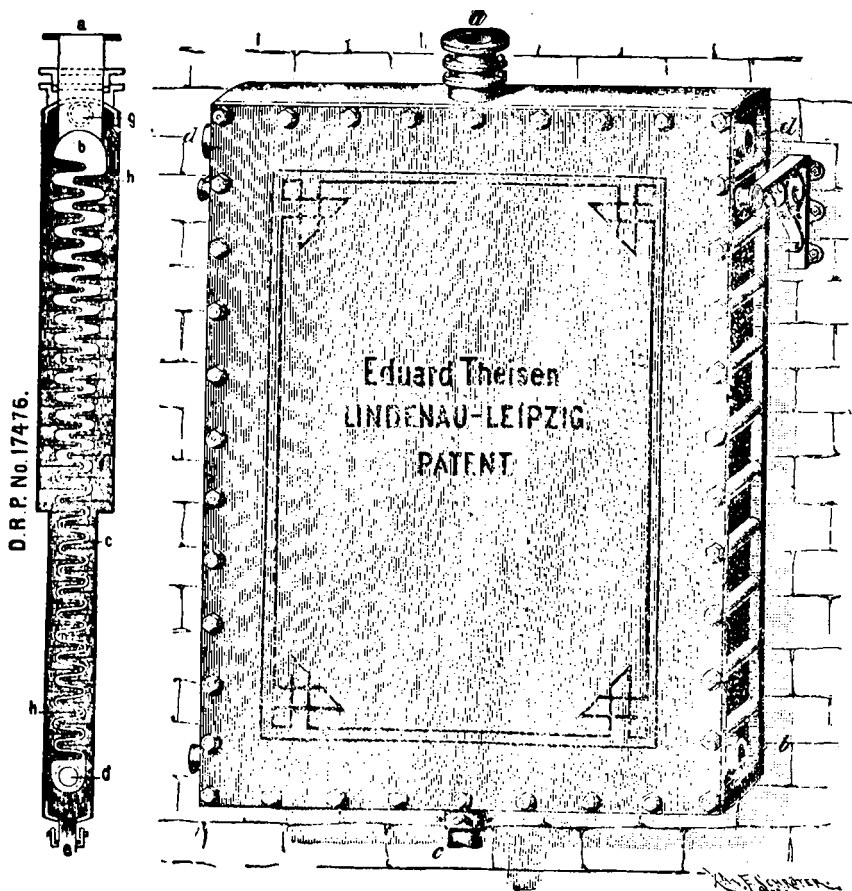


Fig. 205.

Cet appareil se compose de deux plaques de cuivre ondulées, boulonnées entre elles, et dont l'écartement diminue de haut en bas. Ces plaques de cuivre sont entourées d'un manteau en fer forgé, et c'est entre ces deux enveloppes que coule de bas en haut l'eau froide

servant à la condensation. Des lamelles rivées aux parois du manteau extérieur obligent l'eau à couler le long des plaques de cuivre.

Les vapeurs alcooliques entrent par un tuyau spacieux dans l'espace compris entre les deux plaques de cuivre. Ce tuyau débouche à la partie supérieure de l'appareil, c'est-à-dire à l'endroit où les plaques de cuivre sont le plus écartées ; les vapeurs descendent alors entre les deux parois qui vont toujours en se resserrant, et se condensent de plus en plus. Elles marchent en sens inverse de l'eau froide, et l'alcool condensé se réunit au bas de l'appareil, à l'endroit où l'eau est la plus froide.

Le tuyau amenant les vapeurs alcooliques est muni d'un presse-étoupe, à son entrée dans le réfrigérant, pour que l'eau ne puisse pas pénétrer dans l'espace qui leur est destiné. Ce tuyau aboutit dans un autre tuyau *b* très large et affectant la forme demi-circulaire.

L'alcool se trouve encore à l'état de vapeur dans la zone *b b* ; en *c*, il est condensé, c'est-à-dire à l'état liquide ; il se rassemble dans un nouveau tuyau demi-circulaire et s'écoule par le tube *d*. L'eau froide entre dans l'appareil en *e*, s'élève sous pression entre les plaques de cuivre et l'enveloppe en fer forgé, et s'écoule en *g*. Pendant cette ascension, des diaphragmes *h* obligent l'eau à couler le long des plaques ondulées ; *g* est la sortie de l'eau chaude.

Cet appareil dépense relativement peu d'eau, car, d'après *Wittels-höfer*, l'eau s'élève, pendant son fonctionnement, de 10° C. à 77° C., c'est-à-dire de 67°, tandis que dans des essais faits à la distillerie de Biesdorf, on a constaté que l'eau chaude sortant du réfrigérant à tubes de Christoph n'avait que 63° de température. L'appareil de Theisen utiliserait donc mieux l'eau.

#### 4. *Éprouvettes ou systèmes adoptés pour l'écoulement de l'alcool.*

Les constructeurs ont donné à l'orifice d'écoulement de l'alcool diverses dispositions qui ont pour but de protéger l'alcool contre les dangers d'inflammation et, en même temps, de permettre de contrôler constamment le degré de l'alcool qui coule, au moyen d'un alcoomètre. On appelle cette partie de l'appareil : l'*épreuve*.

Le genre d'éprouvette qui est le plus répandu en Allemagne, tel que le construit, par exemple, C. Heckmann de Berlin, est celui

qui est représenté par la figure 206. L'alcool condensé arrive dans l'éprouvette par un tuyau qui se dirige d'abord vers le sol, puis remonte verticalement, et débouche dans une cuvette recouverte d'une cloche en verre. Ce tuyau, dans lequel plonge l'alcoomètre, a ses bords recourbés. Un tuyau d'air surmonté d'une cloche permet aux gaz, principalement l'acide carbonique, qui sont entraînés à travers le réfrigérant et qui risqueraient de briser l'alcoomètre, de se dégager. Ce tuyau d'air a été la cause de bien des explosions et des incendies, aussi est-il prudent de le conduire jusqu'à l'extérieur.

Dans la province de Posen, cette précaution est prescrite par les règlements qui régissent les distilleries.

On ne peut pas nier qu'en dehors de ce tube à air, la non-étanchéité des tuyaux et des appareils nesoit la source de bien des dangers d'inflammation ; c'est pourquoi il faut, autant que possible, éclairer les distilleries de l'extérieur, à travers des baies devant lesquelles on place des lumières munies de réflecteurs.

Il faut rechercher la cause d'un grand nombre d'explosions dans le phénomène suivant : quand on arrête un appareil, les vapeurs qu'il renferme encore se condensent ; il se produit un vide dans l'appareil, et, par suite, une aspiration d'air. Quand alors on remet l'appareil en route, cet air, saturé de vapeurs alcooliques, est chassé de l'appareil et se répand dans l'atmosphère de la salle où il peut produire des explosions, s'il s'enflamme. On peut amoindrir ce danger en ayant soin de refroidir fortement lorsqu'on met de la vapeur dans l'appareil, mais on ne le conjure pas complètement.

Nous ne décrivons pas l'éprouvette de Savalle, bien connue des distillateurs français, qui permet de mesurer d'un coup d'œil la quantité de liquide qui s'écoule et de séparer les produits impurs de l'alcool.

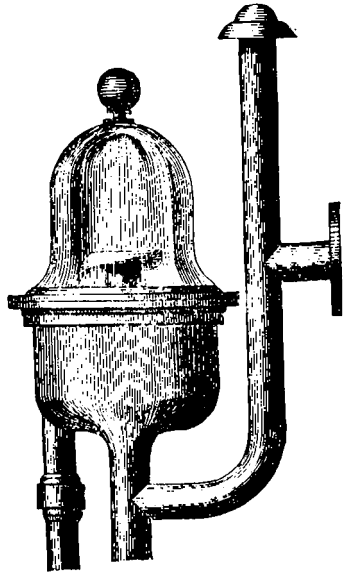


Fig. 206.

### 5. *Régulateurs de vapeur, d'eau et d'alimentation.*

Ces divers régulateurs n'étaient presque pas employés autrefois, mais depuis quelques années on a senti le besoin de rendre les appareils indépendants du manque de soin ou des fautes du surveillant en leur adaptant des régulateurs automatiques. Le célèbre constructeur français D. SAVALLE a été le premier qui ait muni ses appareils d'un régulateur de vapeur très puissant. En Allemagne, R. ILGÈS a appliqué le principe de Savalle à ses appareils et les a dotés, en outre, d'un régulateur d'alimentation ayant pour but d'envoyer dans la colonne une quantité de vin régulière. Ces appareils se sont encore plus multipliés ces derniers temps ; c'est pourquoi leur description occupe plus de place dans cette édition que dans les précédentes.

1. *Régulateurs de vapeurs.* Le régulateur de vapeur de Savalle représenté par la fig. 207 se compose de deux bâches A et B superposées, reliées entre elles par un tuyau A. Ce tuyau est soudé à la bâche supérieure B, mais pénètre dans l'inférieure A à travers un presse-étoupe. La mobilité de ce tuyau a pour but de pouvoir rapprocher ou éloigner les deux bâches l'une de l'autre. Le vase supérieur renferme un flotteur C relié par l'intermédiaire d'une tige et d'un levier avec le robinet de distribution de vapeur E et est disposé de telle façon que plus le flotteur est haut plus la soupape de distribution est fermée.

Voici comment cet appareil fonctionne : la bâche inférieure A doit être pleine d'eau jusqu'au niveau de la tubulure F reliée à l'appareil dans lequel on veut régler la pression. Supposons maintenant l'appareil à distiller en fonction et le régulateur réglé à une certaine pression. Si la pression vient à s'élever dans l'appareil, l'air contenu dans la bâche A au-dessus de la couche de liquide est comprimé ; il refoule l'eau dans le tube B, et cette dernière soulève le flotteur C, qui ferme le robinet de vapeur d'autant plus que la pression dans l'appareil est plus élevée. Il est clair que plus les bâches A et B sont distantes l'une de l'autre, plus la pression dans l'appareil devra être forte pour faire monter l'eau dans le tube B et soulever le flotteur, mais lorsque ce régulateur a été réglé à une pression déterminée, il la maintient absolument constante.

D'après SAVALLE, les variations ne dépassent jamais un centimètre d'eau soit  $1/1000$  d'atmosphère, exactitude qui est plus que suffisante en pratique.

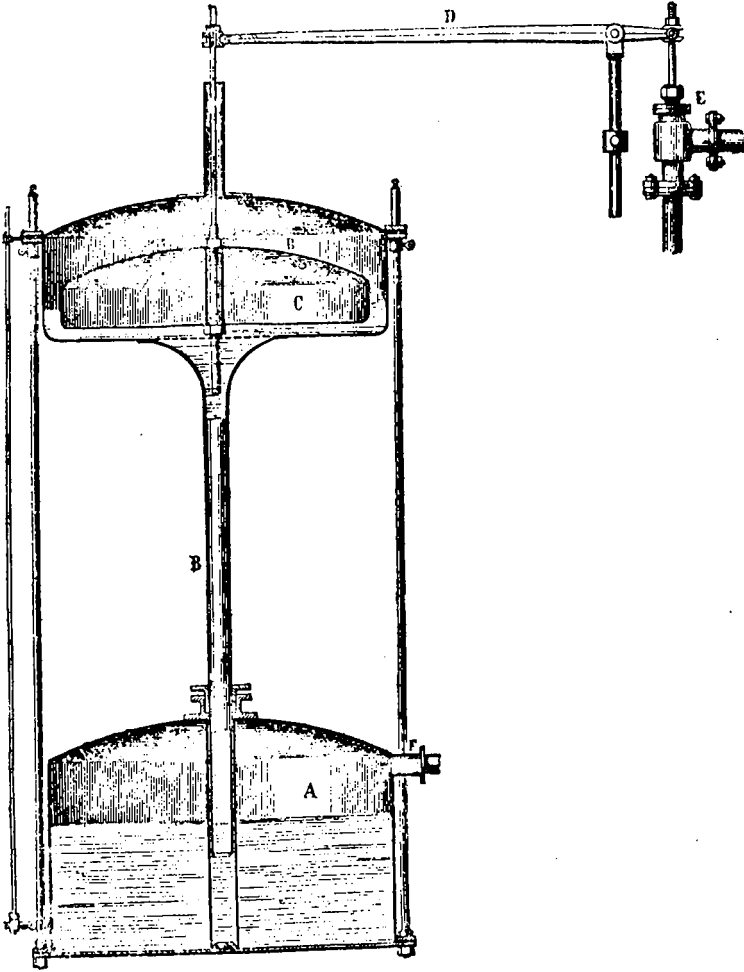
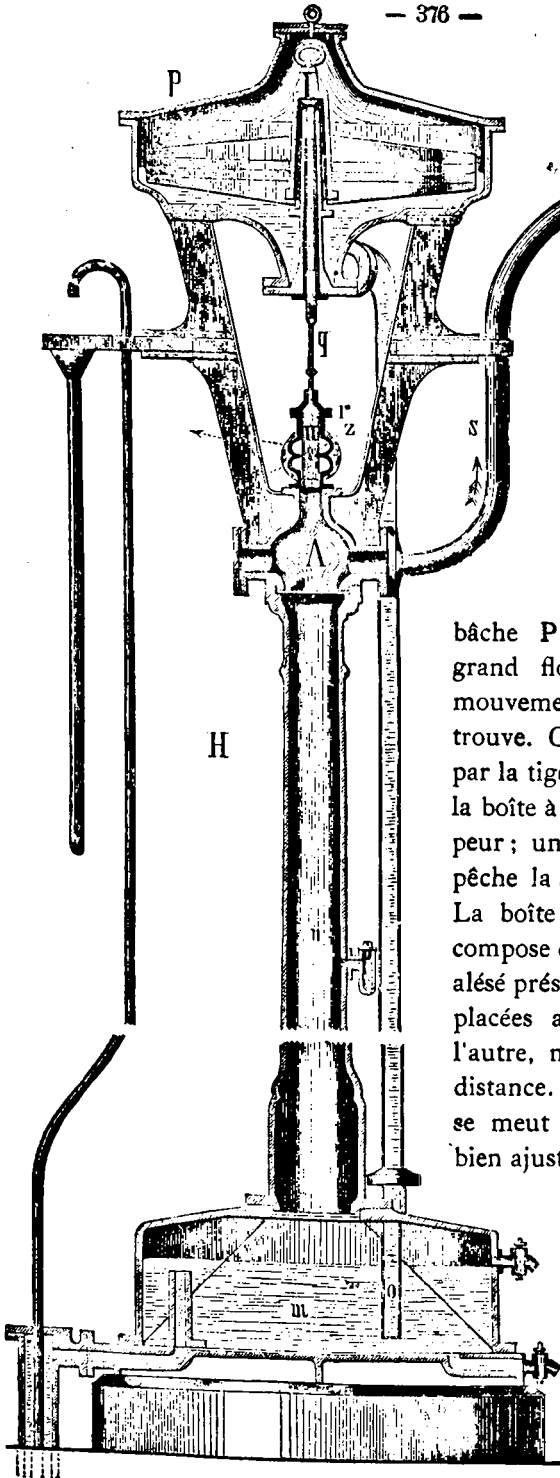


Fig. 207

*Le régulateur de pression d'Ilgès est basé sur le même principe que celui de Savalle, mais il affecte une forme particulière : il est disposé de façon à ce que l'on puisse employer dans l'appareil la vapeur directe et celle d'échappement de la machine. Il est représenté en coupe par la fig. 208.*



La vapeur entre en A dans la colonne creuse *n* et se rend dans la colonne à distiller par le tuyau S. Elle communique aussi par l'intermédiaire de la colonne creuse *n* avec le récipient fermé *m*, rempli en grande partie d'eau, et refoule celle-ci par le tuyau O dans la

bâche P, renfermant un grand flotteur qui suit le mouvement de l'eau qui s'y trouve. Ce flotteur est relié par la tige *q* avec le tiroir de la boîte à distribution de vapeur ; un presse-étoupe empêche la sortie de la vapeur. La boîte à distribution se compose d'un cylindre creux alésé présentant deux cavités placées au-dessus l'une de l'autre, mais à une certaine distance. Dans ce cylindre se meut un piston évidé et bien ajusté qui est en outre percé d'une ouverture Z, placée environ au milieu de sa hauteur et est ouvert en-dessous en A. Lorsque le piston est au bas de sa

Fig. 208.

course, l'ouverture qui y est pratiquée se trouve placée vis à vis de la cavité inférieure qui met l'intérieur du piston et par suite l'appareil en communication avec l'arrivée de la vapeur directe. Lorsque le piston est au haut de sa course, c'est avec la conduite destinée à laisser échapper l'excès de vapeur qu'il est en communication. Lorsque le piston se trouve dans la position intermédiaire indiquée par la figure, il ne communique avec aucune des deux cavités.

Les différentes situations dans lesquelles on peut se trouver pendant la marche de l'appareil, au point de vue de la pression, sont les suivantes :

1° La vapeur d'échappement de la machine arrive en abondance et suffit pour le travail ; le piston occupe alors la position intermédiaire et n'est en communication avec aucune des deux cavités ;

2° La machine à vapeur est mise davantage à contribution et la vapeur d'échappement arrive en trop grande quantité ; la pression qui augmente dans l'appareil, se répercute dans le régulateur et soulève le flotteur et en même temps le piston qui se trouve mis alors en communication avec le tuyau destiné à laisser échapper l'excès de vapeur ;

3° La machine est peu chargée et n'envoie qu'une quantité insuffisante dans l'appareil ; le flotteur baisse alors dans la bêche P et le piston, descendant avec lui, commence par intercepter la communication avec le tuyau de sortie de la vapeur, et, si la pression baisse encore dans l'appareil, il arrive au bas de sa course et laisse entrer la vapeur directe.

Ce sont-là les trois positions principales que peut occuper le piston, mais il va sans dire qu'il y en a un grand nombre d'intermédiaires suivant que le piston ouvre plus ou moins les communications avec les cavités. Une certaine quantité de vapeur se condense pendant que le régulateur marche et vient se rassembler dans la bêche m. Le niveau du liquide dans ce récipient et, par suite, aussi celui de la bêche P varierait donc si le constructeur n'avait eu soin de mûnir la bêche m d'un trop-plein qui y maintient un niveau constant ; ce trop-plein est placé à gauche dans la fig. 208.

Un tube de niveau permet aussi de se rendre constamment compte de la pression dans le régulateur.

Le régulateur de vapeur dont *Christoph* a muni son appareil est

très simple et très puissant. La description suivante de ce régulateur, représenté par la fig. 209, est due à *Delbrück* qui l'a publiée dans la *Zeits. f. Spir. Ind.* 1882, page 328.

Cet appareil se compose d'un vase A plus haut que large, fermé hermétiquement par un couvercle D. Une tubulure, placée à peu près à mi-hauteur, conduit la vapeur d'échappement dans le régulateur; une autre tubulure, placée un peu au-dessous du couvercle, fait communiquer l'appareil avec la colonne à distiller. Le cou-

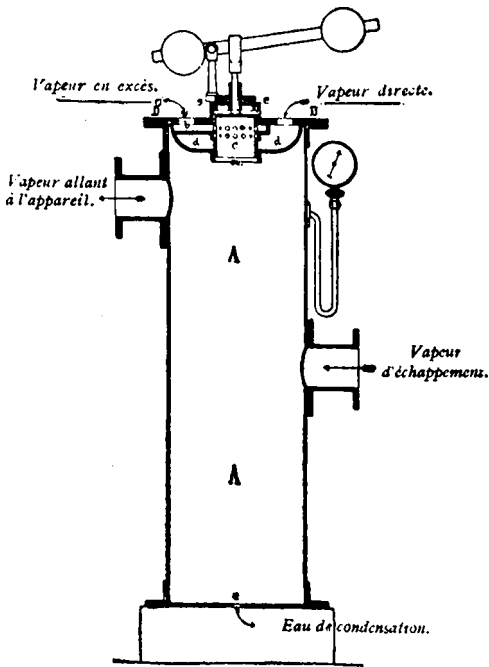


Fig. 209.

vercle D est, en outre, traversé par deux tuyaux dont l'un sert à l'entrée de la vapeur directe et dont l'autre est destiné à faire échapper dans l'air la vapeur se trouvant en excès dans le vase. Ce couvercle D se continue dans le vase A par une boîte *d* dans laquelle débouche le tuyau de vapeur directe et qui est en communication, par une fente annulaire, avec le cylindre *a* qui traverse cette capacité. A l'intérieur de cette boîte il s'en trouve une plus petite *b*, qui reçoit le tuyau permettant à la vapeur de s'échapper et qui, comme *d*,

est en relation avec le cylindre *a* par une fente annulaire. Dans ce cylindre se meut, à frottement doux, un piston évidé, en forme de cloche *c*, qui est percé de deux rangées de petits trous. La distance qui sépare ces deux rangées a été calculée de façon à ce que lorsque la rangée supérieure est en communication avec le compartiment *b*, les trous de la rangée inférieure soient bouchés par la couronne qui se trouve entre les deux fentes circulaires pratiquées sur la surface du cylindre *a*. Lorsque le piston se trouve dans une position intermédiaire, les deux rangées de trous sont bouchées, et, lorsqu'enfin il est au bas de sa



course, la rangée inférieure est mise en communication avec le compartiment *d*, c'est-à-dire avec l'arrivée de la vapeur directe. La tige à laquelle est fixée le piston traverse le couvercle du cylindre dans un presse-étoupe et va se relier à un levier muni de contre-poids pouvant glisser sur le bras du levier et qui permettent ainsi de régler la pression à laquelle le régulateur doit fonctionner.

Supposons maintenant cette pression réglée de façon à ce que la vapeur d'échappement de la machine en marche normale suffise pour le chauffage de l'appareil ; le piston occupera alors la position intermédiaire où les deux rangées d'ouvertures sont bouchées. Si la machine vient à développer plus d'efforts et, par suite, à dépenser plus de vapeur, le piston s'élèvera dans le cylindre et mettra le vase A en communication avec le tuyau de sortie de la vapeur *b*, celle-ci s'échappera alors dans l'air jusqu'à ce que la pression ayant diminué dans le régulateur, le piston ait repris sa première place. Si la pression continue à baisser, le piston descendra encore davantage et donnera accès à la vapeur directe, et ainsi de suite. Il s'ensuit que, pendant que l'appareil fonctionne, le piston est animé d'un mouvement de va et vient qui maintient, dans la colonne à distiller, une pression constante, ne variant que dans de très faibles limites.

Le vase A est muni sur l'un de ses côtés d'un manomètre indiquant la pression existant dans l'appareil et à sa partie inférieure d'un robinet *e* servant à l'écoulement de l'eau de condensation.

*Legat*, de Paris, a inventé un régulateur qui se compose d'une cloche reliée au bras le plus long d'un levier dont le petit bras est fixé à la tige de la soupape de distribution de vapeur. Cette cloche métallique qui est placée dans une capacité fermée, a ses bords inférieurs plongés dans du mercure. Elle est en communication avec l'appareil à rectifier ou à distiller par deux tuyaux dont l'un est destiné aux vapeurs se dégageant de l'appareil et l'autre, à la rétrogradation du liquide condensé. Si la pression monte dans l'appareil, la cloche s'élève et ferme la soupape à vapeur, si, par contre, elle baisse, c'est le contraire qui se produit.

2. *Régulateurs d'alimentation*. Le premier régulateur d'alimentation a été construit par *Ilgès* (voir fig. 189). Il se compose d'un bac dans lequel le vin arrive d'un réservoir placé plus haut, par un tuyau muni d'un robinet.

L'appareil à distiller de Christoph est aussi muni d'un régulateur d'alimentation spécial qui est représenté par la figure 210. Il se compose d'une boîte 2, fixée à une console en fonte et dans laquelle tourne lentement un piston creux 3. Le mouvement est communiqué à ce piston par l'intermédiaire d'une poulie 6 et des engrenages coniques 4 et 5. La chambre dans laquelle tourne le piston

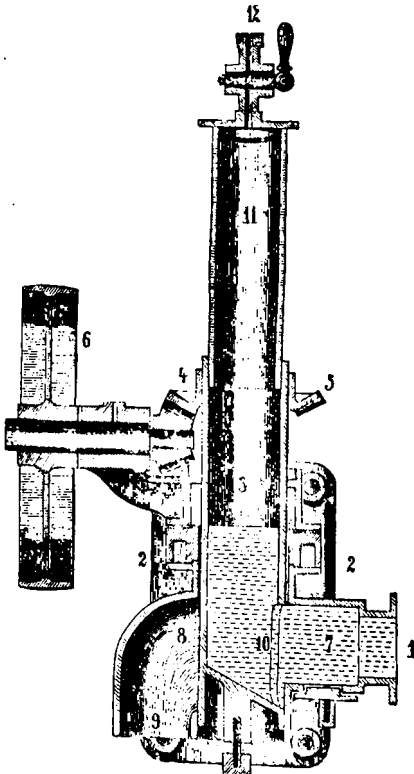


Fig. 210.

est percée de deux ouvertures 7 et 8 communiquant, la première avec le tuyau d'arrivée du vin 1; la seconde, avec le tuyau d'alimentation 9. Le piston est fermé à sa partie inférieure par un fond incliné, et est traversé par une fente à la hauteur des ouvertures 7 et 8; il se prolonge par un tuyau muni d'un robinet à air 12. Il tourne sur un pivot fixé au-dessous du fond incliné. La figure 210 représente le piston lorsqu'il est en communication avec l'arrivée du vin; celui-ci pénètre par la tubulure 1 dans le piston et s'y élève à une hauteur qu'on peut faire varier en ouvrant plus ou moins le robinet à air 12. Le piston continuant à tourner, la fente 10 arrive

vis-à-vis du tuyau d'alimentation, et la quantité de vin qui y est emprisonnée coule dans un entonnoir aboutissant dans l'appareil.

D'après l'appréciation de *Delbrück*, ce régulateur fonctionne très bien. Le seul défaut qu'on puisse lui reprocher est que les pelures de pommes de terre entraînées avec le vin peuvent obstruer le robinet d'air 12. *Christoph* conseille, pour éviter cet inconvénient, de placer au haut du tube 11 une petite cloche qui n'est pas représentée dans la figure 210.

3. *Régulateurs d'eau.* C'est encore *Savalle* qui a construit le premier régulateur à eau véritablement complet.

Voici, d'après *Pampe*, la description de cet appareil représenté par la fig. 211, et ayant pour but de fournir au condenseur juste la quantité d'eau qui lui est nécessaire.

Avant de donner cette description, rappelons que plus la distil-

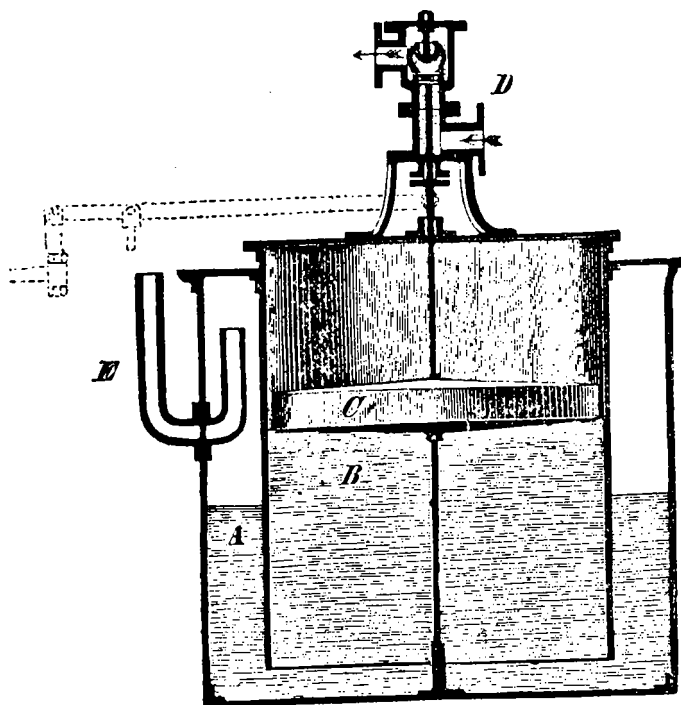


Fig. 211.

lation est active, plus la pression est élevée dans le condenseur, et plus il faut d'eau pour condenser.

Le régulateur se compose de deux vases, l'un extérieur A, l'autre intérieur B, qui sont remplis d'eau jusqu'à un certain niveau. Le vase extérieur A communique par un tuyau recourbé E avec le condenseur. Supposons maintenant que la pression augmente dans le condenseur, l'air qui se trouve au-dessus du liquide, dans la

bâche A, sera comprimé, fera monter l'eau dans le vase B, et sou-  
lèvera le flotteur C qui est relié à la vanne de distribution d'eau.  
Celle-ci s'ouvrira davantage et laissera arriver une plus grande  
quantité d'eau dans le condenseur. La pression y diminuera bientôt  
et le flotteur et, par suite aussi, le robinet d'eau, ne tarderont pas  
à reprendre leur position primitive.

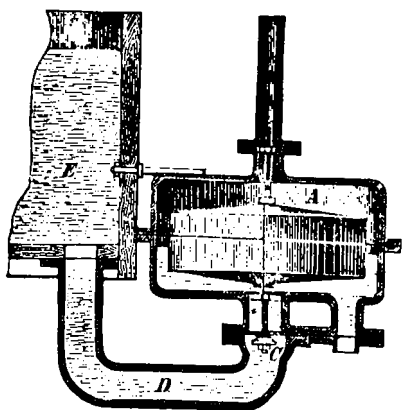


Fig. 212.

La fig. 212 représente un  
régulateur, construit par *Pampe*,  
qui a pour but de rendre aussi  
régulière que possible l'arrivée  
de l'eau dans le condenseur et  
le réfrigérant.

La lettre E de la figure dési-  
gne le réservoir à eau et la  
lettre D, un tuyau deux fois re-  
courbé qui conduit à la sou-  
pape C et au régulateur A B.  
Quand le niveau de l'eau monte  
dans le réservoir E, elle coule  
plus vite dans le tuyau D, et s'élève en A à une plus grande  
hauteur en soulevant le flotteur B qui ferme la soupape d'alimen-  
tation du condenseur C.

## 6. Compteurs à eau et à vin.

### Compteur à alcool de Siemens.

Les fig. 213 et 214 représentent la coupe et la vue d'ensemble du  
compteur à alcool *Siemens*. Ce compteur a pour but de mesurer  
le volume d'alcool coulant à l'éprouvette, et en même temps la  
quantité d'alcool pur qu'il contient.

Deux organes servent à atteindre ce double but. Le compteur B  
et l'enregistreur A servant à contrôler le degré de l'alcool. Le mesu-  
rage de l'alcool se fait d'une façon très simple et très sûre :  
L'alcool arrivant de l'appareil enregistreur A est conduit par le  
tuyau i dans la capacité cylindrique D (Voir fig. 213) qui se trouve  
elle-même à l'intérieur du tambour B. Ce tambour est divisé par

des cloisons en trois compartiments I, II, III, pouvant recevoir chacun un volume déterminé de liquide. Des ouvertures étroites

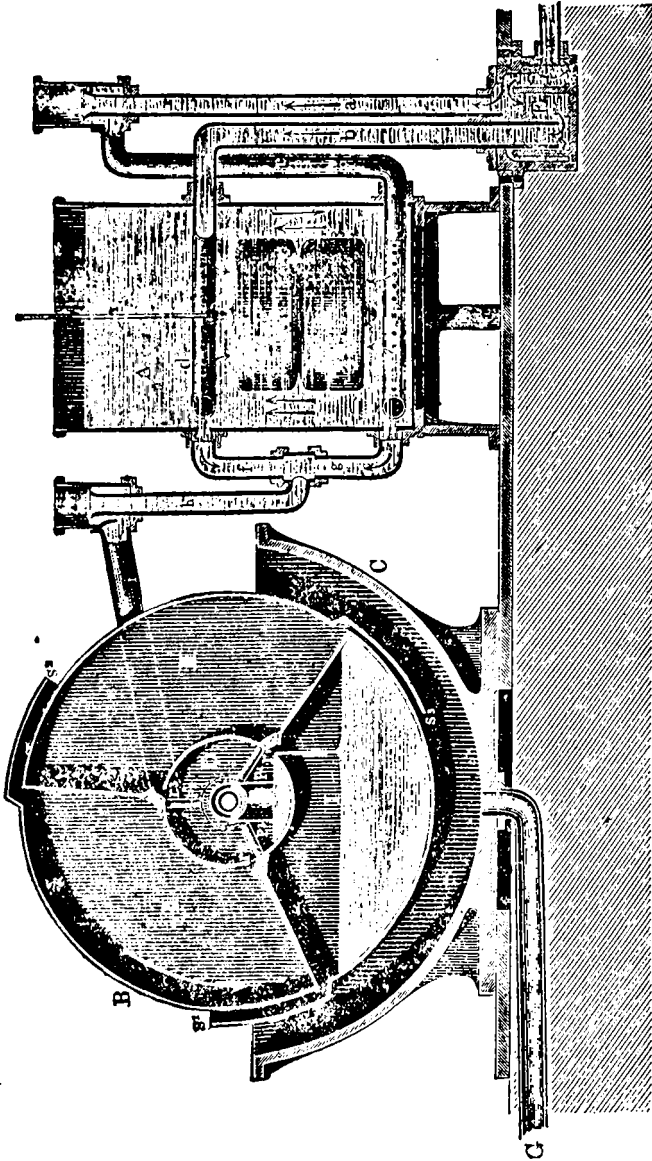


Fig. 213.

$r_1, r_2, r_3$ , parallèles à l'axe du tambour mettant en communication chaque compartiment avec le cylindre D, de manière à ce que,

suivant la position du cylindre, l'alcool puisse pénétrer dans les compartiments I, II, III. Chacune de ces cases communique avec l'extérieur par l'intermédiaire des ouvertures  $s_1, s_2, s_3$ , qui sont destinées à l'écoulement de l'alcool contenu dans les compartiments. Les petits tuyaux  $p_1, p_2, p_3$ , permettent à l'air de s'échapper pendant que les compartiments se remplissent.

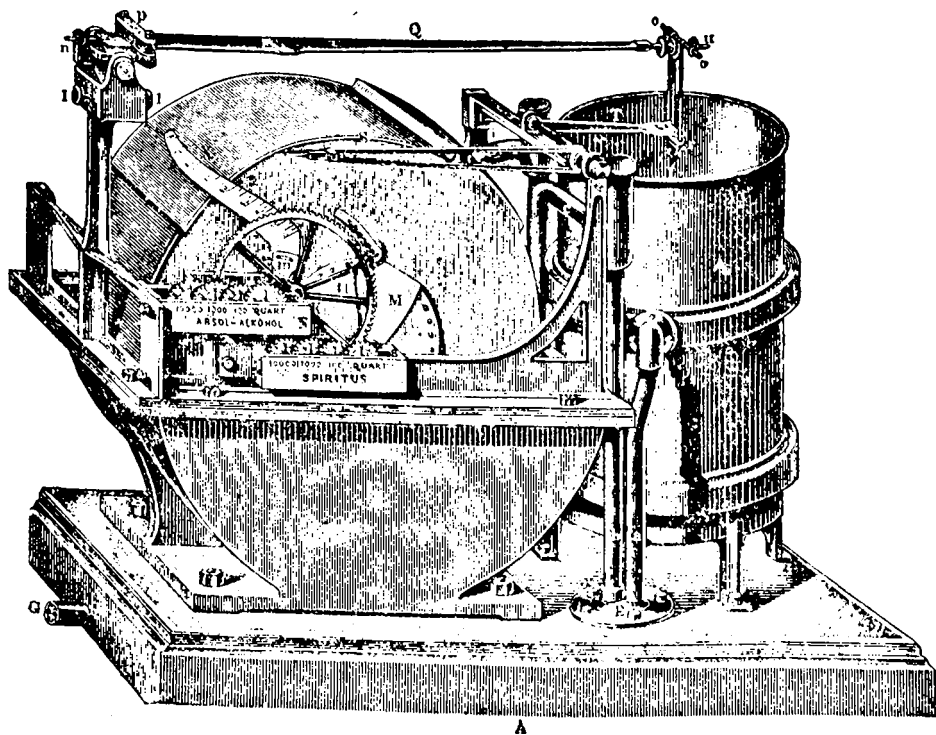


Fig. 214.

Maintenant que nous connaissons la disposition de cet appareil, examinons comment il fonctionne :

Lorsque le compteur se trouve dans la position représentée par la fig. 213, l'alcool arrivant dans le tuyau  $i$  pénètre dans la capacité  $D$  et passe de là par l'ouverture la plus basse  $r_1$ , dans le compartiment I. Lorsque celui-ci est plein, le niveau s'élève en  $D$  et s'écoule par l'ouverture  $r_2$ , dans le compartiment II. Le centre de gravité du tambour se trouve ainsi déplacé, et, dès qu'une certaine quantité d'alcool s'est rassemblée dans le compartiment II, le tambour

tourne suivant la direction de la flèche (Fig. 213). Le liquide contenu dans le compartiment I peut alors s'écouler par l'ouverture  $s_1$  dans un vase C entourant le tambour d'où il se rend par le tuyau G dans le réservoir à alcool. Au fur et à mesure que le compartiment I se vide, ce qui se fait rapidement, le tambour continue à tourner, et le compartiment II finit par prendre la place qu'occupait primitivement le compartiment I.

Lorsque la case II est pleine, l'alcool coule dans le compartiment III ; le tambour tourne alors de nouveau, et le compartiment III vient à son tour prendre la position représentée par la figure, et ainsi de suite. Ce jeu se continue de cette façon tant que l'alcool arrive dans l'appareil. Un compteur adapté à l'axe du tambour enregistre le nombre de tours qu'a fait l'appareil, et permet ainsi de se rendre aisément compte du volume d'alcool qui l'a traversé. La construction de l'appareil servant à enregistrer le degré de l'alcool est plus compliquée : elle se résume en un compteur qui est mis en mouvement par un alcoomètre spécial. Cet instrument se compose d'un flotteur P plongeant dans l'alcool qui passe dans le vase A et qui est suspendu à l'autre extrémité à une lame en acier, faisant ressort Q (Fig. 214). Suivant que la force de l'alcool qui coule à travers le récipient est plus ou moins grande, le flotteur s'y enfonce plus ou moins en tendant aussi plus ou moins le ressort Q. Un levier relie la tige de l'alcoomètre à un indicateur S, mobile autour de l'axe  $i$ , et lui transmet tous ces mouvements, ayant pour effet de faire baisser ou relever sa pointe. D'autre part, il se trouve sur l'axe du tambour mesureur un disque rond M, dans lequel sont ménagées trois profondes échancrures. Ce disque se meut avec le tambour, et à chaque  $1/3$  de tour correspondant à l'évacuation d'un des compartiments, le levier H tombe dans l'une des échancrures qui sont taillées de façon à ce que la marche de l'appareil fasse bientôt après reprendre au levier sa position primitive sur la circonférence du disque. En remontant, le levier met en mouvement, par l'intermédiaire d'un cliquet, une roue dentée qui elle-même fait partie d'un compteur particulier. Il est clair, d'après cette description, que plus le levier H s'enfoncera dans l'échancrure du disque M, plus aussi la roue dentée fera de tours, et comme, grâce à une disposition particulière, l'enfoncement du levier varie avec la position de la pointe  $x$  de l'indicateur S qui lui-même suit les mouvements de

l'alcoomètre P, il en résulte que le compteur peut être réglé de façon à indiquer exactement la force alcoolique du liquide contenu dans le vase A.

Le liquide doit naturellement être bien mélangé pour que l'indication de l'alcoomètre soit exacte. Ce mélange est obtenu par la disposition que présente la figure 213 : l'alcool, avant d'entrer dans le vase mesureur, se rassemble dans un récipient E, d'où il se rend par deux tuyaux dans le vase A. Un de ces tuyaux, *b*, part du fond du récipient E, et se termine par une couronne percée de trous à la partie supérieure de A ; l'autre tuyau, au contraire, part du haut du réservoir E et aboutit, de la même façon que le premier, à la partie inférieure de A. L'alcool qui a le poids spécifique le plus grand, c'est-à-dire le plus faible, arrive donc à la partie supérieure du vase A, et aura naturellement la tendance à descendre, tandis que l'alcool le plus fort, qui arrive à la partie inférieure de A, aura la tendance à s'élever. On obtient ainsi le mélange voulu.

Pour rendre les indications de l'alcoomètre indépendantes des variations de température, *Siemens* construit le flotteur en tôle mince, et prescrit de le remplir complètement d'alcool. De cette façon, le flotteur est soumis aux mêmes variations de densité que le liquide à mesurer. *Les indications du compteur de Siemens sont donc indépendantes de la température.*

Cet appareil n'enregistre pas seulement la quantité de  $\frac{3}{6}$  qui coule de l'appareil, et sa force alcoolique, mais il indique aussi, grâce à un système très simple, le temps que l'alcool a mis à couler.

Le compteur de *Siemens* est donc tout-à-fait bien conçu ; quant à la question de savoir s'il est assez perfectionné pour que ses indications ne puissent pas être faussées dans aucun cas, elle est discutée.

Une commission spéciale, qui a étudié ce compteur, s'est prononcée en sa faveur. Par contre, *Loewenherz* estime que les indications de cet appareil peuvent être faussées par le distillateur ou l'ouvrier mal intentionné, qui peut toujours augmenter le volume d'alcool qu'indique le compteur en y faisant passer de l'eau chaude. *Loewenherz* convient bien qu'un recensement de l'alcool contenu dans les réservoirs doit faire reconnaître la supercherie, mais il objecte qu'il y a peu de chefs d'usines qui soient à même de pouvoir contrôler de cette façon, jour par jour, les données du compteur.



*Delbrück* fait enfin remarquer que les impuretés provenant des dépôts qui se forment dans la colonne à distiller, peuvent gêner la marche du contrôleur Siemens ; on peut, il est vrai, obvier à cet inconvénient en faisant passer l'alcool, avant son entrée dans l'appareil, dans un filtre en feutre ; mais ce filtre n'est pas lui-même à l'abri des obstructions.

On ne peut donc pas encore se prononcer complètement sur cet appareil.

Le contrôleur de *Siemens* ne pouvait pas, à l'origine, être employé dans les distilleries de mélasse, parce que les gaz et les vapeurs qui s'y développent attaquaient les axes en laiton et l'étamage de l'appareil. Le constructeur a remédié, en grande partie, à cet inconvénient, en remplaçant l'étamage ordinaire par un alliage d'étain et d'antimoine, et en plaçant toutes les parties délicates du compteur dans une caisse en tôle hermétiquement fermée.

#### Compteurs employés en Autriche-Hongrie.

L'Autriche-Hongrie a établi depuis 1885 un impôt de fabrication sur l'alcool, mais le degré du liquide n'étant pas un élément de cet impôt, les compteurs dont on se sert dans ce pays ne sont destinés qu'à mesurer le volume de l'alcool coulant à l'éprouvette. On comprend sans peine que, dans ces conditions, les distillateurs d'Autriche doivent s'efforcer de produire des alcools aussi concentrés que possible, aussi y trouve-t-on des appareils perfectionnés, produisant des alcools premier jet pesant de 94 à 96°.

Remarquons, en passant, qu'il est de l'intérêt des distillateurs de refroidir l'alcool autant que possible avant le mesurage, du moment où l'impôt ne tient compte que du volume, car plus un liquide est chaud, plus il occupe de volume ; c'est pourquoi, dans les distilleries autrichiennes et hongroises, on porte le plus grand soin à la réfrigération. Il est probable même que si l'on employait de la glace dans les réfrigérants, on y trouverait avantage.

Le compteur le plus répandu dans ces pays est celui de *Dolainski* ; ceux de *Weiser* et *Beschorner* viennent ensuite.

Compteur de Dolainsky.

Ce compteur est représenté par les fig. 215 et 216. Tout l'appareil est contenu dans une caisse en fer forgé, *a, b, c*, qui est fermée par une tringle *c*, et un cadenas dont la clef est entre les mains du fisc. L'alcool pénètre dans l'appareil en *f*, et remplit les tuyaux *d*

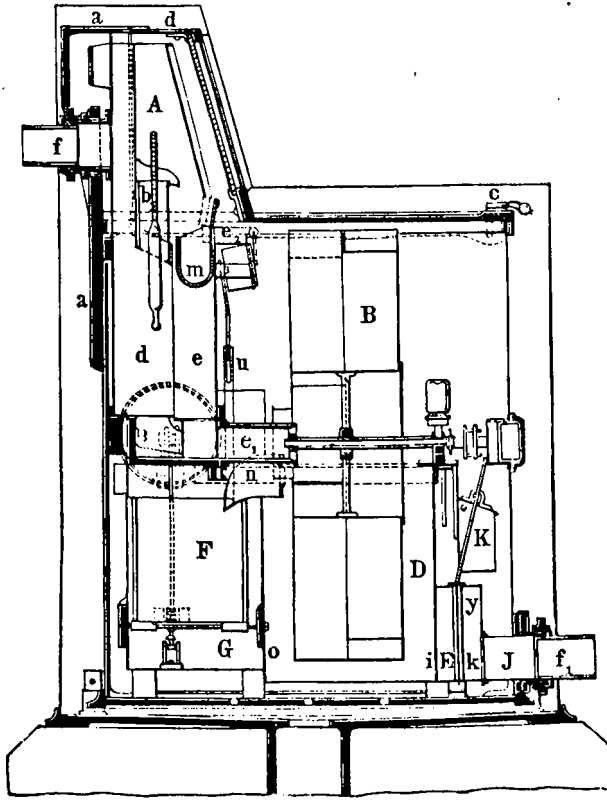


Fig. 215.

et *d'*. C'est dans ce dernier tube que se trouve l'alcoomètre dont on peut suivre les indications à travers une vitre en verre épais. De ce tube, l'alcool passe sur un tamis *m* qui retient les matières solides du vin ayant pu être entraînées avec les vapeurs alcooliques, et entre ensuite en *e'*, dans le tambour mesureur *B* dont nous connaissons déjà la construction. Celui-ci enregistre, à l'aide d'un compteur, l'alcool qui le traverse et qui s'écoule par *i e f'*.

On a prévu le cas où le tambour, venant à se déranger pour une raison quelconque, ne tournerait plus ; dans ce cas, l'alcool s'échappant du compartiment inférieur coule dans un vase oscillant F, pouvant se mouvoir autour de son axe. Il est divisé en deux compartiments d'une capacité d'un litre chacun.

Lorsqu'un de ces compartiments est plein, il bascule sous l'action

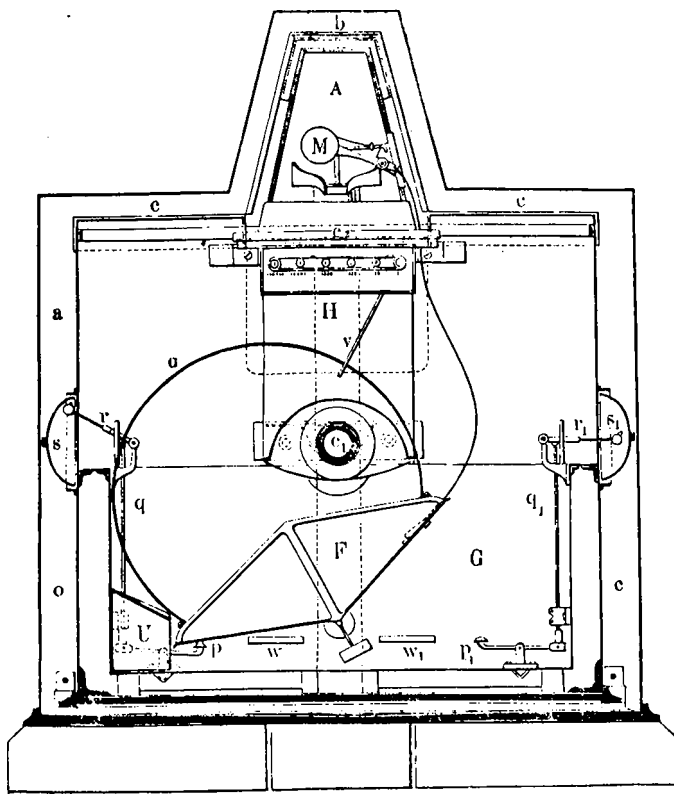


Fig. 216.

de son propre poids, et l'alcool qu'il contient s'écoule, tandis que l'autre vient se placer sous le tuyau d'amenée de l'alcool et se remplit à son tour. Ce second mesureur est enfermé dans une boîte G de laquelle l'alcool peut se rendre par *o* dans la grande enveloppe D. A gauche et à droite de la caisse G (Fig. 216), sont placés deux leviers à bras égaux, *pp*<sup>1</sup> qui, aussitôt qu'ils sont touchés, lorsque le vase F bascule, font sonner, soit la cloche *s*, soit la cloche *s*<sup>1</sup>,

par l'intermédiaire des tiges  $q q^1$  et des leviers  $r r^1$ . Une aiguille  $v$ , reliée au vase oscillant  $F$  et passant par une fente à travers l'enveloppe en cuivre qui le recouvre, suit ses mouvements et note le nombre d'oscillations sur le compteur.

Le vase  $U$ , que la fig. 216 nous montre à gauche de la caisse  $G$ , est destiné à contrôler la marche du mesureur oscillant  $F$  : chaque fois que ce vase bascule, une petite quantité d'alcool pénètre dans  $U$

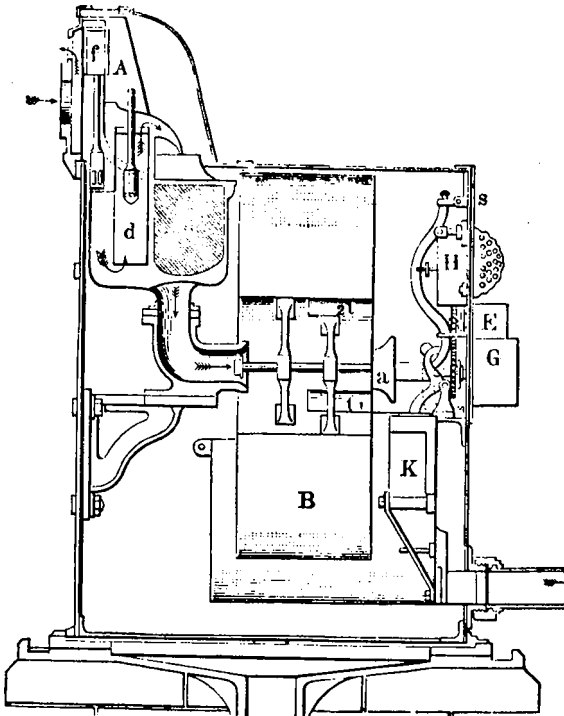


Fig. 217.

par une fente ménagée dans son couvercle, et s'y rassemble. Le fisc peut ainsi se rendre compte si le fonctionnement de l'appareil a été satisfaisant. L'arrêt du tambour est signalé à l'Administration non seulement par le tintement de la cloche à chaque oscillation du vase  $F$ , mais aussi par l'apparition d'un disque rouge  $M$  qui est mis en mouvement par le vase  $F$  lui-

même, par l'intermédiaire d'un fil de cuivre. Afin d'empêcher les distillateurs de fausser les indications des appareils contrôleurs  $U$  et  $K$  en évaporant l'alcool qu'ils contiennent, on a placé dans une enveloppe spéciale un thermomètre à maxima destiné à enregistrer la température à laquelle l'alcool serait porté.

#### Appareil de Weiser

L'appareil de *Weiser*, perfectionné par *Prieb* ne diffère que peu de celui de *Dolainsky*.

Le croquis de cet appareil (Fig. 217) se comprend sans autre explication. Les flèches *y* indiquent la marche de l'alcool. Les indications de ce compteur présentent la même sûreté que celles du système *Dolainsky*. L'appareil de *Weiser* est même muni, en outre des autres dispositions servant à contrôler le fonctionnement du tambour, d'un appareil enregistrant le moment auquel le tambour s'est arrêté.

Appareil  
de *Beschorner*.

Le compteur de *Beschorner* est représenté en coupe par la fig. 218. C'est le tambour mesureur dans lequel l'alcool arrive par un tuyau en croix *b*, analogue à celui que l'on rencontre dans l'appareil de *Dolainsky*. Les rotations de ce tambour sont transmises par

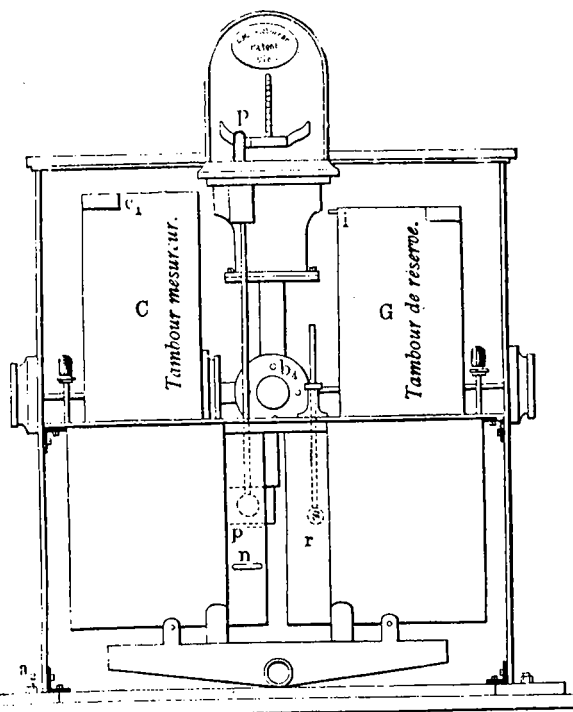


Fig. 218.

une fourchette au compteur proprement dit.

Lorsque le tambour vient à s'arrêter, l'alcool remplit le compartiment inférieur et coule de là dans un autre tambour de réserve *G* dont les tours sont enregistrés sur un tableau spécial. Quatre leviers *i* fixés au tambour de réserve *G* agissent sur le battant d'une cloche et avertissent ainsi de l'arrêt du premier tambour.

L'appareil comprend encore un autre avertisseur, formé par un disque *P* adapté à un flotteur se trouvant dans un petit vase qui se remplit d'alcool en même temps que le tambour de réserve *G*.

Lorsque ce vase s'emplit, le flotteur et, avec lui, le disque-signal s'élèvent et indiquent ainsi que le tambour G ne fonctionne plus.

Un autre vase *p* est destiné à empêcher qu'on n'arrête l'écoulement de l'alcool. Ce vase est divisé en deux compartiments dont l'un est toujours plein d'alcool, tandis que l'autre ne s'emplit que lorsqu'on empêche le fonctionnement du tambour en arrêtant l'écoulement de l'alcool. Un thermomètre à maxima et des boules en métal fusibles sont placés dans ce vase et servent de témoins pour le cas où l'on aurait voulu évaporer l'alcool en le chauffant.

Un dernier appareil de contrôle enfin, la caisse *r*, se remplit d'alcool et élève le flotteur *s* et avec lui un disque-signal lorsque le tambour de réserve G vient aussi à ne pas fonctionner.

#### Mesureur de moût.

Ces appareils, et en particulier celui de *Glaeser*, seraient d'un grand intérêt pour l'administration des finances, dans le cas où l'on

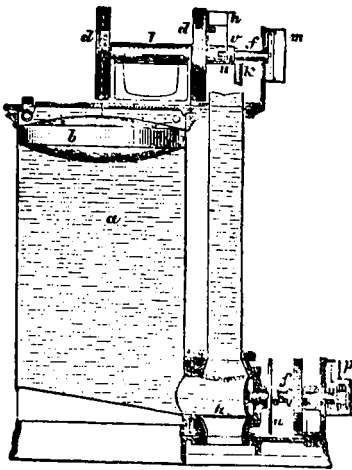


Fig. 219.

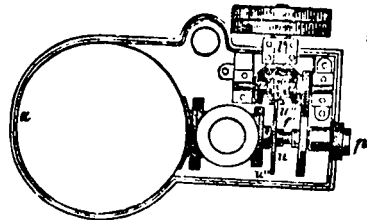


Fig. 220.

remplacerait l'impôt sur la capacité des cuves par un impôt sur le volume du moût. Ce dernier système aurait l'avantage de prêter moins aux fraudes que le premier qui est actuellement appliqué en Allemagne, et d'être plus juste. L'espace perdu que l'on est obligé de laisser dans les cuves à fermenter peut, en effet, donner lieu à une fraude, qui consiste à finir de remplir entièrement la cuve de jus aussitôt que la fermentation tumultueuse et, par suite, le danger

de déversement est passé. Cette opération a évidemment pour but de faire entrer dans la cuve une plus grande quantité de moût que celle qui est prévue et imposée par le fisc. Il est clair que cet impôt n'est pas très équitable en ce sens qu'il frappe plus les usines dont le travail exige qu'on laisse dans les cuves un grand espace inutilisé.

Le compteur Glaeser consiste en un cylindre d'un volume déterminé qui reçoit une quantité constante de moût. Un dispositif automatique relié avec un système enregistreur ouvre le robinet de vidange et ferme simultanément le robinet d'introduction de moût, dès que le cylindre est plein. On reproche à cet appareil que les robinets d'entrée et de sortie du moût ne fonctionnent pas convenablement lorsqu'il se trouve dans le moût des corps étrangers tels que chiffons, morceaux de balais, etc.; mais il ne serait pas difficile de supprimer cet inconvénient par une filtration grossière, car de petits objets ne gênent en rien le fonctionnement du compteur. L'appareil Glaeser est représenté par les figures 219 et 220.

#### 7. De la production directe d'alcools fins.

Nous devons encore parler ici des appareils qui ont été inventés dans le but de produire directement des alcools fins par la distillation des moûts.

Nous citerons entre autres l'appareil de A. *Deininger*, de Berlin, se composant de deux cylindres placés à côté l'un de l'autre. Chacun de ces cylindres est divisé en six compartiments dont les trois inférieurs contiennent du chlorure de calcium et les supérieurs, de petits morceaux de charbon de bois calciné, bien exempts de poussière. Les vapeurs alcooliques entrent par le bas du cylindre et traversent d'abord le chlorure de calcium, puis la couche de charbon de bois où elles doivent laisser l'alcool amylique qu'elles renferment.

On pourrait supposer, à priori, qu'on ne peut pas obtenir avec cet appareil si simple du véritable alcool fin de bonne qualité, mais l'auteur a pu constater lui-même que les produits obtenus ne pouvaient être considérés comme de l'alcool fin tout en reconnaissant qu'ils constituaient des alcools bruts d'une grande pureté. Cet appareil ne peut donc pas, dans sa simplicité actuelle, donner des alcools fins de premier jet, mais il est susceptible de perfectionnements.

D'après *Trobach et Cords* (brevet allemand n° 20563) on peut deshydrater les flegmes et les débarrasser des huiles essentielles en faisant passer les vapeurs alcooliques à travers des fibres d'amiante imbibées de chlorures, particulièrement de chlorure de baryum. L'épuration se ferait aussi bien au moyen d'amiante, de laitier ou de pierre-ponce, imbibés d'hydrate de soude. On pourrait enfin, d'après eux, détruire les aldéhydes au moyen d'amiante imprégnée d'hydrate de potasse. Ces procédés ne paraissent pas devoir donner de grands résultats.

*Trobach et Cords* regardent comme nécessaire de faire subir aux alcools qui ont été traités par les alcalis, un second traitement pour leur enlever l'odeur de savon qu'ils ont prise. Ils préconisent pour cette opération le manganèse, qui oxyde les flegmes, l'oxyde de zinc qui les neutralise, et l'alun dont ils n'expliquent pas l'action (Brevet allemand 21967).

*Seelig et Cie* ont aussi fait breveter un procédé analogue (brevet allemand 19752) basé sur l'emploi du chlorure de calcium.

#### 8. Métal à employer pour la construction des appareils à distiller. Des appareils en cuivre et en fer.

On s'est beaucoup demandé ces dernières années si l'on devait regarder le fer comme propre à la construction des appareils à distiller, et l'on est généralement arrivé à la conclusion que certaines parties de ces appareils peuvent, avec grand avantage, être construites en fer. *B. Heine* rapporte que la distillerie de Saint-Burchard travaille depuis 1842 avec un appareil à chaudière en fonte dont les organes supérieurs sont encore en parfait état aujourd'hui ; les parties inférieures seules ont dû être changées, et cela seulement après 33 ans d'usage. Les appareils en fer peuvent, en somme, manifestement fournir une longue carrière, à la condition d'éviter de faire arriver directement un courant de vapeur ou de liquide sur la surface en fer, en recouvrant d'une feuille de cuivre les parties de l'appareil où ce danger se présente. La résistance de la fonte aux vins et vinasses acides est due à ce qu'après qu'une petite quantité de fer a été dissoute, il se forme à la surface du métal une couche de graphite inattaquable, qui protège le fer qui est au-dessous.



Si l'on a soin de veiller à ce que cette couche de graphite ne s'enlève pas, la durée des appareils en fonte est assurée.

Il va sans dire que la fonte qui présente le plus de résistance aux acides est celle qui contient le plus de carbone ; c'est ainsi que la fonte grise ou de première fusion est plus résistante que la fonte blanche.

Il ne faudrait, du reste, pas croire que le cuivre est absolument inattaquable par les acides. *Kiepert* cite, par exemple, un appareil à chaudière en cuivre du poids de 1500 kilos qui, après dix ans d'usage, n'en pesait plus que 1000 ; le cuivre avait été tellement rongé en certains endroits que l'épaisseur des tôles avait été réduite à celle d'une feuille de papier.

Cette question du rôle que doit jouer le fer dans la construction des appareils à distiller a été discutée dans l'Assemblée générale des distillateurs allemands de 1882. Les débats ont établi les points suivants :

1° Que le fer présente souvent peu de résistance dans les appareils à distiller en particulier à l'endroit où la vapeur entre ; 2° Que d'après *Kiepert* et *Van Marken*, on peut éviter ce danger en revêtant de cuivre les parties de l'appareil qui y sont exposées ; 3° Que l'on doit éviter dans tous les cas l'emploi du *fer forgé* qui, par suite de sa constitution fibreuse, est facilement attaqué par les acides. *Kiepert* a eu la preuve de ce fait, dans sa distillerie, dans le peu de durée des rivets fixant les plateaux des appareils Siemens qui, en deux campagnes, étaient complètement rongés par le liquide acide. Ayant remplacé depuis ces rivets par des vis en laiton, cet inconvénient ne s'est plus présenté.

Quant à l'épaisseur à donner aux parois des appareils à distiller voici ce que l'on peut en dire : On réduit souvent trop cette épaisseur, ce qui ne se fait qu'au détriment de la durée de l'appareil, et souvent aussi on donne à la tôle de cuivre une trop grande épaisseur qui renchérit inutilement l'appareil. Pour rester dans un juste milieu, il faut (d'après la *Zeitschrift für Spir. Ind.*) adopter, en général, une épaisseur de tôle de 3<sup>m/m</sup> et de 3,5 à 4<sup>m/m</sup> pour les plateaux, les tubulures et les calottes. *Pampe* fait cependant remarquer (*Zeitschrift für Spir. Ind.*, 1881, page 221) qu'on ne peut pas donner des chiffres absolus pour l'épaisseur des parois des appareils à distiller, et que cette épaisseur doit varier suivant les dimensions

de l'appareil. Une épaisseur de tôle de 2,5  $\frac{m}{m}$  suffit pour un appareil de 750 à 800  $\frac{m}{m}$  de diamètre, tandis que pour un appareil de 1000 à 1200  $\frac{m}{m}$  de diamètre, il faut porter l'épaisseur des parois à 3  $\frac{m}{m}$ , et celle des plateaux et des calottes à 4  $\frac{m}{m}$ . D'après *Pampe* un appareil à distiller en cuivre bien construit doit durer 12 à 14 ans. Il arrive souvent que les appareils en fonte donnent, surtout lorsqu'ils sont neufs, une mauvaise odeur à l'alcool. Ce fait peut aussi se produire accidentellement avec les appareils en cuivre, et est dû, dans ce cas, à un dépôt de matières noirâtres et gluantes composées de corps gras végétaux, de sulfure de cuivre, de savons à base de cuivre, et de différentes matières organiques. Lorsque l'appareil est en fonte, la mauvaise odeur du produit doit être attribuée aux produits volatils qui se sont formés par suite de la dissolution du fer dans le moût acide. La fonte contient toujours, par exemple, du soufre qui donne naissance à de l'acide sulfhydrique ; la fonte, en se dissolvant dans le moût acide, produit aussi des carbures d'hydrogène donnant une mauvaise odeur à l'alcool. Il est difficile de remédier à cet inconvénient ; c'est pourquoi on préfère employer, lorsqu'on le peut, des appareils en fer émaillé, qui ne le présentent pas. Les appareils en cuivre communiquent moins souvent cette odeur désagréable aux produits alcooliques parce que, d'une part, le cuivre n'est que difficilement soluble dans le moût, et que, d'autre part, le sulfate de cuivre qui se produit ne donne pas naissance, comme le sulfure de fer, à de l'hydrogène sulfuré.

On construit aussi des appareils à distiller avec des dalles de grès, qui s'établissent à bon marché et qui, lorsque l'usage les a rendus étanches, sont propres au travail des petites distilleries.

### 9. *Contrôle de l'épuisement des vinasses.*

Presque toutes les colonnes à distiller sont munies d'une disposition permettant de condenser les vapeurs se dégageant de la partie inférieure de l'appareil et de se rendre compte si la vinasse est bien dépouillée de tout son alcool. Les dispositions servant à contrôler l'épuisement de la vinasse, pèchent, d'après Delbrück (*Zeitschrift für Spir. Ind.*, page 143), en ce que les vapeurs condensées dans l'appareil d'épreuve sont prélevées dans un endroit (le plus souvent

au dernier compartiment de la colonne) où, lors même qu'elles indiquent une absence complète d'alcool, elles ne sont pas une garantie du complet épuisement du vin, car elles sont, en grande partie, composées de la vapeur de chauffage provenant, soit des chaudières, soit de la machine. Pour être sûr que la vinasse ne contient pas d'alcool, il faut que les vapeurs sur lesquelles l'on fait l'essai, ne contiennent que celles qui se dégagent de la vinasse bouillante.

L'appareil d'essai de *Prenzler*, d'Osnabruck, représenté en coupe par la fig. 221

réalise ces conditions. Il se compose de deux capacités fermées D et D' chauffées à la vapeur, sur lesquelles tombe la vinasse amenée par le tuyau K. Ce sont les vapeurs qui se dégagent de la vinasse au contact des surfaces chauffées qui sortent de l'appareil par le tuyau n, sont

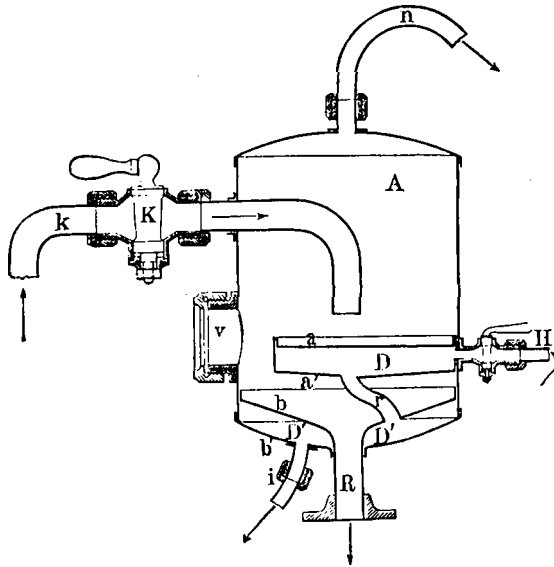


Fig. 221.

condensées dans un petit réfrigérant et servent à contrôler l'épuisement du vin. La vinasse s'écoule par R et la vapeur condensée se rend dans l'appareil à distiller, par le tuyau i.

D'après les communications de *Delbrück*, cet appareil remplit bien son but, tant qu'il fonctionne; malheureusement, les diverses ouvertures qui y sont pratiquées sont trop étroites et s'engorgent facilement. Il faudrait donc porter remède à ce défaut pour rendre l'appareil propre au contrôle des vins épais.

L'appareil d'Ilgès a été, dès son apparition, muni d'un appareil de contrôle adapté au tuyau de vidange de la vinasse; à vrai dire, il ne fonctionnait pas bien au début, mais le constructeur

paraît avoir pu venir facilement à bout des inconvénients qu'il présentait.

### EXAMEN DES APPAREILS A DISTILLER AU POINT DE VUE DE LEUR PUISSANCE ET DE LEUR DÉPENSE DE COMBUSTIBLE.

Les précédentes éditions de cet ouvrage étaient muettes sur la puissance des appareils à distiller comparée à leur dépense de combustible, faute de données suffisamment exactes sur cette question.

Aujourd'hui, grâce à l'activité infatigable de la Station d'essais du syndicat des distillateurs allemands, nous pouvons fournir des renseignements sur la dépense de combustibles des appareils les plus connus.

La question est actuellement assez élucidée pour qu'on puisse exiger d'un constructeur, lorsqu'on achète un appareil, de garantir la dépense de charbon et d'eau froide de cet appareil pour distiller une certaine quantité de vin, et dans un espace de temps déterminé.

Examinons d'abord la méthode à employer pour se rendre compte de la quantité de chaleur qu'exige un appareil. Actuellement, presque tous les appareils à distiller sont chauffés à la vapeur, et la détermination de la quantité de vapeur employée est naturellement le moyen le plus sûr d'évaluer la dépense de combustible.

Moins un appareil dépensera de vapeur pour distiller une certaine quantité de vin dans un temps donné, plus son travail sera économique. *Delbrück* estime qu'un appareil travaillant économiquement doit dépenser environ le  $\frac{1}{3}$  du combustible employé pour le travail de toute l'usine. Comme la puissance d'un appareil et sa dépense de combustible sont étroitement liées, il serait très simple d'intercaler, sur le parcours du tuyau d'amenée de la vapeur, un appareil qui enregistrerait le volume de vapeur passant dans le tuyau avec sa température ou sa pression.

Malheureusement il n'existe pas encore d'appareil de ce genre et il faut recourir à d'autres méthodes.

*Ilgès* propose de déterminer le poids de l'eau de condensation de

la vapeur ayant servi à chauffer l'appareil. Cette eau de condensation se trouve répartie dans la vinasse et dans les flegmes ; la différence entre les poids ajoutés de ces deux produits et celui du vin représente le poids de la vapeur condensée.

Delbrück fait les objections suivantes à ce procédé : c'est que la vapeur servant à chauffer entraîne toujours avec elle de l'eau à l'état vésiculaire qui augmente le volume de la vinasse sans servir cependant à la distillation et qu'il est très difficile de mesurer la vinasse dont la température varie constamment.

Or, chaque kilogramme compté en plus ou en moins représente une différence de 540 calories. Aussi, *Delbrück* a-t-il adopté une méthode plus pratique, quoiqu'elle soit théoriquement moins exacte. *Maercker* doit cependant faire remarquer qu'on peut éviter le premier inconvénient reproché au procédé d'*Ilgès* en employant, pour la détermination du poids de vapeur employée, les appareils connus sous le nom d'extracteurs, et que l'on doit pouvoir arriver à mesurer exactement le volume de la vinasse.

Revenons maintenant à la méthode de *Delbrück* qui est fort simple. Elle repose sur le principe évident que la chaleur employée pendant la distillation est égale à celle que la vinasse, l'alcool et l'eau servant à la condensation des vapeurs alcooliques ont acquise pendant le cours de l'opération. Si donc on connaît les températures du vin et de l'eau froide avant la distillation et, d'autre part, celles de la vinasse, de l'alcool et de l'eau chaude sortant des condenseurs et des réfrigérants pendant la distillation, la différence entre les nombres de calories correspondant à ces températures représente la chaleur dépensée pendant la distillation. Cette méthode contient bien, à la vérité, quelques sources d'erreur ; c'est ainsi que l'on ne connaît pas la chaleur spécifique du moût, c'est-à-dire le nombre de calories nécessaires pour élever 1 kgr. de moût d'un degré C, et qu'on est obligé d'admettre pour le moût la même chaleur spécifique que pour l'eau, quoique celle-ci soit très probablement plus faible.

Une autre source d'erreur, peut-être la plus importante, est la chaleur que l'appareil perd par rayonnement.

Cette perte de chaleur n'a pas encore pu être évaluée.

On peut cependant regarder la méthode de *Delbrück* comme suffisamment exacte, car elle n'a pas pour objet de fournir des

chiffres absolus sur la dépense de chaleur mais seulement des données relatives qui permettent de comparer entre eux les divers appareils.

L'exemple suivant montre comment il faut appliquer cette méthode.

Admettons tout d'abord :

1° Que la chaleur spécifique du vin ou de la vinasse soit la même que celle de l'eau ;

2° Que la chaleur spécifique de l'alcool à 80 % est égale aux 7/10 de celle de l'eau ;

3° Qu'un litre de vinasse pèse 1 kgr. On admet, en effet, que la diminution de densité de la vinasse par suite de son échauffement est compensée par les matières dissoutes qu'elle contient.

Voici maintenant le calcul lui-même :

*Chaleur existant avant la distillation :*

	<i>Calories</i>
Vin..... 4058 kgr. à 23,75° C.....	= 96580
Eau de rinçage..... 50 kgr. à 24° = 1200 calories }	
d° ..... 40 kgr. à 8°,8 = 332 d° }	1552
Eau pour la condensation.. 11559 kgr. à 8°,8 .....	= 101719
	<hr/>
	199851
	<i>Calories</i>

*Chaleur existant après la distillation :*

	<i>Calories</i>
Vinasse ..... 5768 kgr. à 82,9 C.....	= 478744
Alcool..... 492 L. = 412,3 kgr. × 0,7 à 11,3° C.....	= 3263
Eau chaude.. 11559 kgr. à 62°,2 .....	= 720125
	<hr/>
	1202132
	<i>Calories</i>

Chaleur existant après la distillation.....	1202132
d°    d°    avant    d°    .....	<hr/> 199851

*Quantité de chaleur fournie pendant la distillation ou dépense de chaleur..... 1002281 calories.*

1002281 calories ont donc été nécessaires pour distiller 4058 kgr. de vin renfermant 11,60 d'alcool. Pour rendre cette dépense de chaleur plus appréciable, Delbrück la convertit en kgr. de charbon, en admettant la donnée de *Stammer* qu'un kilogr. de bon charbon de qualité moyenne fournit en brûlant 3500 calories. Dans l'exemple

précèdent la dépense de charbon a donc été de  $\frac{1002281}{3500}$  — 286,2 kgr. de charbon.

Le tableau suivant comparant le travail de quelques appareils à distiller connus est dû à Delbrück qui l'a établi d'après des expériences nombreuses faites sur ces appareils. Les résultats présentés dans ce tableau se rapportent à la distillation de 100 litres de vin.

APPAREILS.	Eau employée pour la condensation.	Température de l'eau chaude	Quantité de charbon brûlé.	Volume de la vinasse.
	litres	° C.	Kgr.	litres
Ancien appareil à chaudière en bois.....	272	47	6,4	125
Appareil à chaudières perfectionné par Weigel.....	134	69	5,8	137
Appareil à distiller d'Illgès.....	95	65	4,4	118
Appareil de Christoph.....	116	48	4,2	113
Appareil de Bohm.....	76	62,5	4,0	116,5

Ajoutons encore à ces renseignements quelques données concernant d'autres appareils :

D'après les communications des frères *Sachsenberg*, un appareil à chaudières de *Pistorius* employait 183 litres d'eau froide à 9° C pour 100 litres de vin. Les données que nous avons sur la dépense de l'appareil *Siemens* sont assez contradictoires. Les premières indications de Delbrück évaluait à 267,7 litres la dépense en eau froide de cet appareil distillant un vin renfermant 11,07 % d'alcool et produisant de l'alcool à 89,°2, et à 137,7 litres, la vinasse produite. D'après un essai de *MM. Haring, Ehrenberg et C<sup>te</sup>*, de Halle, un appareil du même système, distillant des vins à 6,2 % d'alcool (moût à levure), ne dépenserait que 60 litres d'eau froide. Il est vrai de dire que dans ce cas on n'obtiendrait un alcool ne pesant que 75°25. On a reconnu enfin à la distillerie de *Christiansen*, à Flensbourg, qu'un appareil Siemens distillant un vin à 5 % d'alcool et produisant de l'alcool pesant 81°5, dépensait 76,4 litres d'eau à 10°, 5 C., toujours pour 100 litres de vin distillé. Citons enfin les chiffres que donne la *Zeitschrift für Spir. Ind.* à propos d'une polémique relative

à la valeur des appareils d'Ilgès et de Christoph (année 1885, page 445) :

APPAREILS.	Contenance en alcool pur		Temps.	Volume de la vinasse.	Eau employée	Chaleur de la vinasse.	Dépense de charbon.	Température de l'eau chaude.
	du vin	des flegmes.						
	vol. p. %	vol. p. %	minutes	litres	litres	calories	kg.	° C.
Christoph.....	9,17	88,0	5,39	122,3	126,9	16378	4,68	50,0
Ilgès.....	9,44	89,8	4,90	122,4	93,8	15622	4,46	62,9

Nous voyons, d'après les résultats des expériences que nous venons de rapporter, que les appareils continus employés actuellement travaillent économiquement. Il ressort des chiffres de Delbrück que l'appareil de *Bohm* est le plus avantageux. Cette appréciation est confirmée par les essais faits par *Böckenhagen* de *Güstrow*. Sur trois essais faits sur le travail d'un appareil de *Bohm*, produisant de l'alcool à 90° Tralles, les quantités d'eau à 13° C. dépensées pour distiller 100 litres de vin ont été les suivantes : 81,64 et 60 litres d'eau, qui sortait de l'appareil à une température variant entre 62 et 75° C. Nous devons donc conclure de ces chiffres que les constructeurs sont, depuis déjà un certain temps, dans la bonne voie, et que si les appareils plus récents ne sont pas plus puissants, c'est-à-dire ne distillent pas plus de vin dans un temps donné et ne sont pas plus économiques au point de vue du premier achat et de leur durée, ils n'offrent pas d'avantages sur les appareils continus plus anciens. Delbrück recommande l'emploi des régulateurs depression, pour empêcher le gaspillage de la vapeur. Nous avons déjà vu que *Savalle* avait été le premier à joindre un régulateur à sa colonne à distiller, et que cet exemple a été suivi en Allemagne par *Ilgès*. Aujourd'hui les régulateurs de vapeur sont généralement répandus et forment une partie indispensable des appareils à distiller. Nous recommanderons d'adopter autant que possible des régulateurs ayant fait leur preuve, comme ceux de *Savalle* ou d'*Ilgès*.

Les perfectionnements apportés dans les distilleries par l'adoption des cuiseurs sous pression et des appareils broyeurs ont amené en même temps les distillateurs à modifier aussi la puissance des appa-



reils à distiller. Ces nouveaux appareils ont, en effet, raccourci la durée de la saccharification de telle façon que telle distillerie qui ne pouvait faire que 2 ou 3 opérations jusqu'à deux heures de l'après-midi et n'y arrivait même qu'avec peine, peut maintenant en faire 4 ou 5 pendant le même temps ou, si elle ne veut pas en augmenter le nombre en a terminé 2 ou 3 avant onze heures du matin. La durée de la saccharification ne se trouve dès lors plus en harmonie avec la puissance des appareils à distiller, car celle-ci avait été calculée, avec raison, de manière à faire durer la distillation pendant le temps nécessaire à la saccharification suivante, afin d'utiliser complètement la vapeur d'échappement de la machine et d'employer le moins possible de vapeur directe. Aujourd'hui donc où, grâce aux nouveaux procédés, la durée de la distillation est devenue plus longue que celle de la saccharification, il faut chauffer pendant quelques heures les colonnes uniquement avec la vapeur directe. C'est pourquoi les distillateurs qui veulent utiliser complètement leur vapeur d'échappement sont obligés d'augmenter la puissance de leurs appareils distillatoires, soit en ajoutant un nouveau, soit en renforçant les appareils déjà existants. On peut arriver à ce dernier but en augmentant la puissance de la colonne à rectifier ; c'est ce qu'a fait *Weigel*, de Neisse, qui, en adaptant une colonne à rectifier à l'ancien appareil à chaudière, l'a rendu susceptible de distiller 7-800 litres par heure, alors qu'il ne pouvait en distiller que 4-500 litres. Actuellement, avec les nouveaux procédés employés pour la saccharification, il est de la plus haute importance lorsqu'on songe à l'installation d'un nouvel appareil à distiller, de bien calculer la puissance qu'il doit avoir, et l'on ne doit pas hésiter à choisir un numéro plutôt un peu trop grand que trop petit, car il ne faut jamais oublier qu'une petite augmentation dans le prix d'achat est de peu d'importance en comparaison des frais de fabrication qui sont constants.

## RECTIFICATION.

### VALEUR DE L'ALCOOL BRUT.

Le produit alcoolique obtenu par distillation n'est nullement de l'alcool pur, mais contient, au contraire, une quantité plus ou moins

grande de produits impurs, connus sous le nom générique de *fusel*. Ces différents éléments dont l'un des plus importants est l'*alcool amylique* ou *fusel*, ont des points d'ébullition différents de celui de l'alcool éthylique, pour la plupart plus élevés. Les corps qui, jusqu'à présent, ont été reconnus dans l'alcool brut sont les suivants :

	Point d'ébullition.
1 L'eau .....	100°
2 L'aldéhyde acétique.....	21°
3 L'alcool éthylique (alcool de vin).....	78°
4 L'alcool propylique.....	97°
5 " isopropylique.....	85°
6 " butylique.....	115°
7 L'éther acétique.....	74°
8 L'éther butyrique.....	112°
9 L'acétal.....	104°
10 L'alcool iso-amylique .....	120°
11 L'alcool amylique.....	130°

Quand on considère les points d'ébullition des différents corps que contient l'alcool brut, on comprend, à première vue, les difficultés que présente sa purification. Lorsqu'on mélange, en effet, dans un vase distillatoire deux liquides ayant des points d'ébullition différents, et qu'on porte ce mélange à l'ébullition, la distillation des deux liquides ne se fait pas successivement et séparément, mais c'est d'abord une petite quantité du liquide le plus volatil qui distille, puis un mélange renfermant une minime proportion du liquide moins volatil. Cette proportion augmente constamment jusqu'à ce que le produit distillé arrive à n'être composé presque exclusivement que du liquide possédant le point d'ébullition le plus élevé. On voit donc qu'il n'est pas possible de séparer par une seule distillation deux corps miscibles ayant des points d'ébullition différents, et qu'il faut plusieurs opérations successives pour arriver à les séparer complètement.

Nous ferons remarquer, en passant, que ces distillations fractionnées s'opèrent par la condensation des vapeurs dans la colonne à rectifier et dans le condenseur.

Deux liquides mélangés sont d'autant plus difficiles à séparer par distillation :

1° *Qu'ils sont physiquement plus miscibles* (Pampe). C'est ainsi, par exemple, que l'alcool éthylique et l'aldéhyde acétique, peuvent être difficilement séparés par distillation, quoique leurs points

d'ébullition soient très différents (78° C. pour l'alcool éthylique et 21° C. pour l'aldéhyde acétique), parce qu'ils sont excessivement miscibles ;

2° *Que leurs points d'ébullition sont plus rapprochés.* C'est ainsi que l'alcool iso-propylique dont le point d'ébullition (85°) diffère peu de celui de l'alcool éthylique, ne peut en être éliminé qu'avec peine, tandis que l'alcool amylique qui bout à 130°, s'en sépare relativement facilement.

Il ressort de ce que nous venons de dire, que l'on obtiendra dans toute rectification 3 produits différents :

1° *Les produits de tête* formés par les corps dont les points d'ébullition sont inférieurs à celui de l'alcool éthylique. Ils se composent principalement d'un mélange d'aldéhyde acétique et d'alcool éthylique. Ce sont eux auxquels on applique plus spécialement la dénomination d'*ethers* ;

2° *L'alcool bon goût* rectifié. Cet alcool n'est naturellement pas de qualité uniforme pendant tout le temps qu'il coule à l'éprouvette ; celui que l'on obtient en premier lieu contient encore de l'aldéhyde acétique, et celui que l'on récolte en dernier lieu renferme déjà une certaine proportion des alcools entrant en ébullition à une température plus élevée que celle de l'alcool éthylique. Ce sont les produits obtenus au milieu de l'opération qui sont les plus fins et les plus purs ;

3° *Les alcools de queue* qui sont formés par un mélange d'alcool éthylique et d'une forte quantité d'alcools moins volatils, entre autres d'alcool amylique.

4° La plus grande partie de l'alcool amylique reste cependant dans la chaudière mêlée avec l'eau qui n'a pas été distillée avec les produits alcooliques.

Plus un rectificateur est habile ou plus ses appareils sont perfectionnés, plus il obtiendra de produits moyens, c'est-à-dire d'alcool bon goût et, d'autre part, plus un alcool sera pur, plus il aura de valeur.

La rectification n'est donc autre chose qu'une distillation fractionnée, répétée plusieurs fois.

Une question qui se pose tout naturellement lorsqu'on étudie la rectification de l'alcool est celle-ci :

*D'où proviennent les éléments impurs qui se trouvent dans le*

*flegmes et qui, persistant dans les alcools rectifiés, viennent diminuer plus ou moins leur valeur ?*

Nous répondrons que ces éléments impurs proviennent, *en partie, des matières premières ; en partie, d'une levure qui n'est pas absolument saine ; et en partie, enfin, des fermentations secondaires.*

On ne peut douter que les *matières premières* n'exercent une influence sur le produit distillé, car chacune d'elles produit un alcool brut d'un caractère spécial et déterminé, et il faut peu d'expérience pour distinguer les uns des autres les alcools de maïs, de pommes de terre ou de mélasse.

Il est à remarquer que la quantité d'éléments impurs contenus dans le produit brut a moins d'influence sur la valeur du flegme au point de vue de la rectification, que la nature même de ces impuretés. Les flegmes de pommes de terre, par exemple, sont l'alcool brut le plus estimé quoiqu'ils contiennent une forte quantité d'alcool mauvais goût, ainsi que l'odeur seule de ces flegmes l'indique suffisamment ; mais les éléments impurs sont principalement formés par l'alcool amylique, que l'on sépare aisément de l'alcool éthylique.

Aussi les alcools de pommes de terre rectifiés possèdent-ils une grande finesse de goût qui est très appréciée. Les flegmes de maïs, par contre, qui ne paraissent renfermer que peu d'éléments étrangers, mais qui appartiennent aux éthers dont les points d'ébullition diffèrent peu de celui de l'alcool éthylique et qui s'en séparent, par suite, difficilement, ont une valeur moindre pour les rectificateurs.

Parmi les produits étrangers qui se rencontrent dans l'alcool de mélasse, c'est l'aldéhyde acétique qui prédomine et qui se reconnaît également à son odeur ; il ne peut que difficilement être séparé de l'alcool éthylique, par suite de son point d'ébullition peu élevé.

Ces divers produits impurs ne se forment pas accidentellement, ils sont inhérents à la composition des matières premières et à la marche de la fabrication.

Les mauvais goûts sont aussi formés par les *ferments secondaires*. Le ferment acétique, par exemple, donne naissance à l'éther acétique ; le ferment butyrique, à l'éther butyrique, et ainsi de suite pour les autres ferments.

*Fitz* a observé l'action d'un organisme qu'il appelle *bacillus butylicus* qui donne naissance à l'alcool butylique.

Il est certain enfin que l'état de la levure employée a une influence sur la pureté de l'alcool obtenu.

Brefeld a exprimé l'opinion qu'une levure pure, très active transforme le sucre en alcool et acide carbonique presque sans formation de produits secondaires, tandis qu'une levure altérée, malade ou peu active donne naissance à un produit très impur. Ce fait est indiscutable, mais on peut se demander si la cause en est vraiment dans la constitution même de la levure, ou si l'impureté n'est pas due plutôt à ce qu'une levure faible et altérée ne peut pas empêcher le développement des ferments parasites qui, comme on le sait, produisent des alcools impurs.

Quoiqu'il en soit, ce que nous devons retenir, c'est que si l'on ne peut pas arriver à empêcher complètement la formation des mauvais goûts, puisqu'il en est qui sont inhérents à la composition des matières premières, on peut du moins en réduire la quantité en évitant ceux qui sont dus aux ferments parasites et au manque d'activité de la levure.

Le distillateur qui travaille mal ou, ce qui revient au même, qui fabrique mal la levure, n'obtient pas seulement de mauvais rendements, mais encore il produit des alcools bruts ayant moins de valeur au point de vue de la rectification. Il serait à désirer que les rectificateurs achetassent leurs flegmes d'après leur valeur réelle, c'est-à-dire leur pureté, car ils encourageraient ainsi les distillateurs à donner tous leurs soins à leur fabrication.

La détermination de la valeur d'un alcool brut, au point de vue de la rectification, c'est-à-dire de la quantité d'éthers, d'alcool fin et de produits de queue qu'on peut en retirer, est de la plus haute importance. Malheureusement, il n'existe pas de méthode permettant de faire cette détermination, et cela n'est pas étonnant car les bases rationnelles sur lesquelles une semblable méthode pourrait s'appuyer manquent encore totalement. Il faudrait, en effet, pour cela arriver non-seulement à connaître les quantités des diverses impuretés contenues dans l'alcool brut, mais encore l'influence que chacun de ces corps étrangers exerce sur la valeur de l'alcool au point de vue de la rectification.

Maercker a, du reste, pu se rendre compte, par les essais qu'il a faits, que ce but était difficile à atteindre, les quantités des divers corps sur lesquelles on a à opérer étant très minimes, et ceux-ci n'offrant pas de réactions bien caractéristiques.

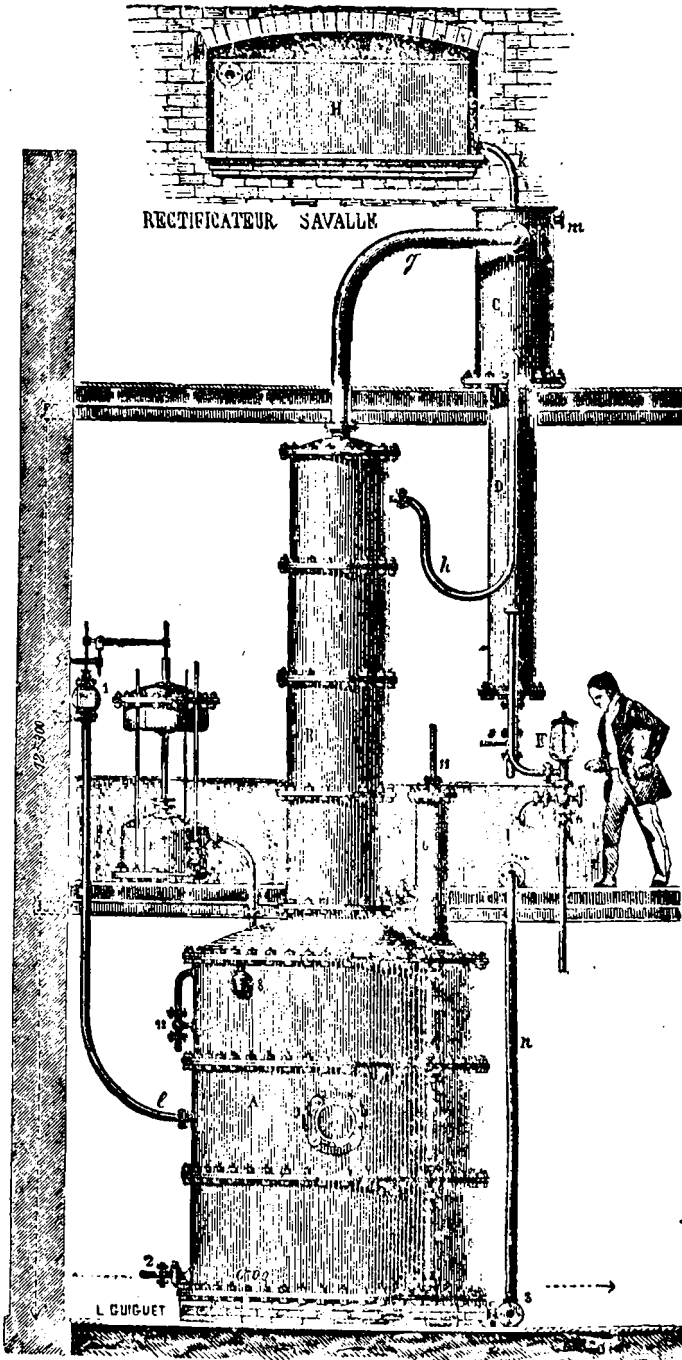


Fig. 222.

La méthode de Savalle, déjà décrite, ne peut être appliquée qu'aux alcools rectifiés et ne peut servir à l'épreuve des alcools bruts.

La méthode de *Marquard*, pour la détermination de la quantité d'alcool amylique, ne peut pas non plus être d'un grand secours pour établir la valeur d'un alcool brut, car, de toutes les impuretés, l'alcool amylique est celle dont on se débarrasse le plus facilement. En résumé, toutes les méthodes connues ayant pour objet la détermination de la valeur des alcools bruts ne donnent pas des résultats certains et l'on doit considérer ce problème comme non résolu.

#### MANIÈRE DE CONDUIRE LA RECTIFICATION DES ALCOOLS ET APPAREILS SERVANT A CETTE OPÉRATION.

La rectification de l'alcool brut n'est, en somme, qu'une nouvelle distillation de ce produit avec la différence que l'on doit conduire cette opération lentement et avec le plus grand soin, afin d'obtenir une séparation aussi complète que possible des impuretés d'avec l'alcool bon goût. Comme on est obligé de fractionner les produits, il est clair que les appareils à rectifier ne peuvent être continus; aussi tous les rectificateurs connus sont-ils composés d'une chaudière surmontée d'une colonne à rectifier et d'un condenseur.

Comme la disposition des colonnes et des condenseurs dans les appareils à rectifier est la même que celle des mêmes organes dans les colonnes distillatoires, avec cette différence qu'on donne plus de puissance à ceux des appareils à rectifier, nous n'aurons pas besoin d'en faire une description détaillée, mais nous pourrons nous borner à passer en revue les rectificateurs les plus répandus.

Presque tous les appareils à rectifier actuellement en usage sont plus ou moins dérivés de celui de *Savalle*; nous nous étendrons donc un peu sur cet appareil qui est représenté par la fig. 222. Il se compose des parties suivantes :

A. La chaudière, dans laquelle on introduit le flegme à rectifier après l'avoir dilué de 40 à 50"; elle est divisée par une cloison en deux parties inégales dont la plus petite sert à recevoir les huiles et la décharge des plateaux. Le chauffage se fait au moyen d'un serpentin à vapeur.

B. La colonne à rectifier composée de plateaux perforés, reliés les uns aux autres par des trop-pleins. La fig. 181 représentant en coupe l'appareil continu à distiller de Bohm permet de se rendre suffisamment compte de la disposition de cette colonne à rectifier.

C. Le condenseur.

La fig. 223 représente une installation faite par Savalle, où le

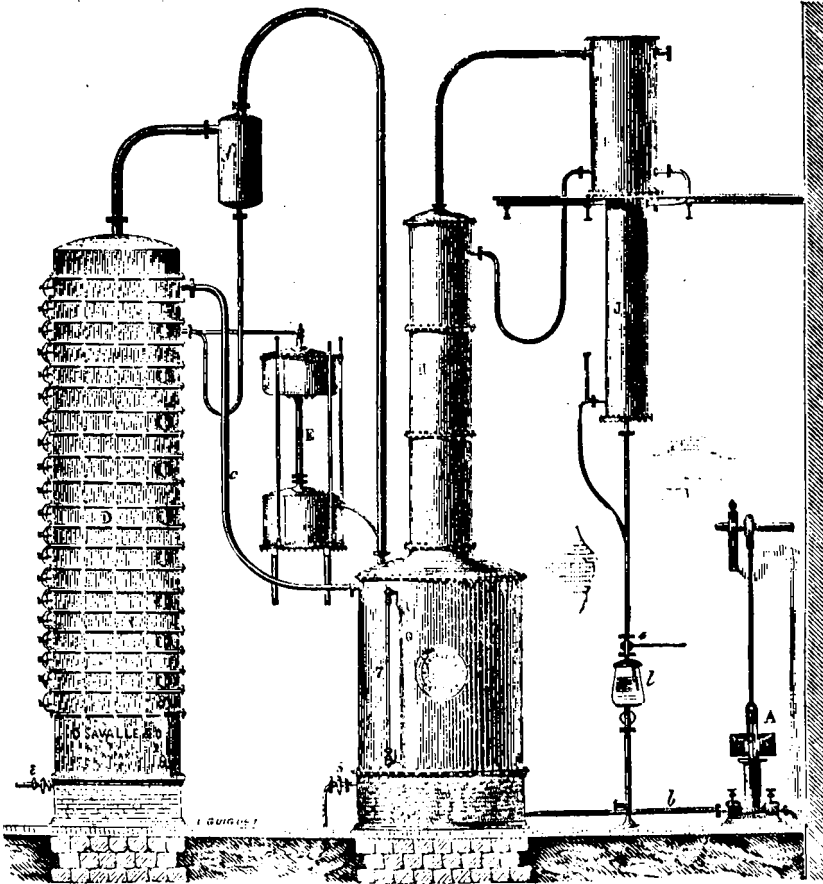


Fig. 223.

rectificateur est placé à côté de la colonne à distiller, de façon à ce que les flegmes tombent dans la chaudière du rectificateur et soient immédiatement rectifiés.

D est la colonne à distiller ;

f le brise-mousses ;



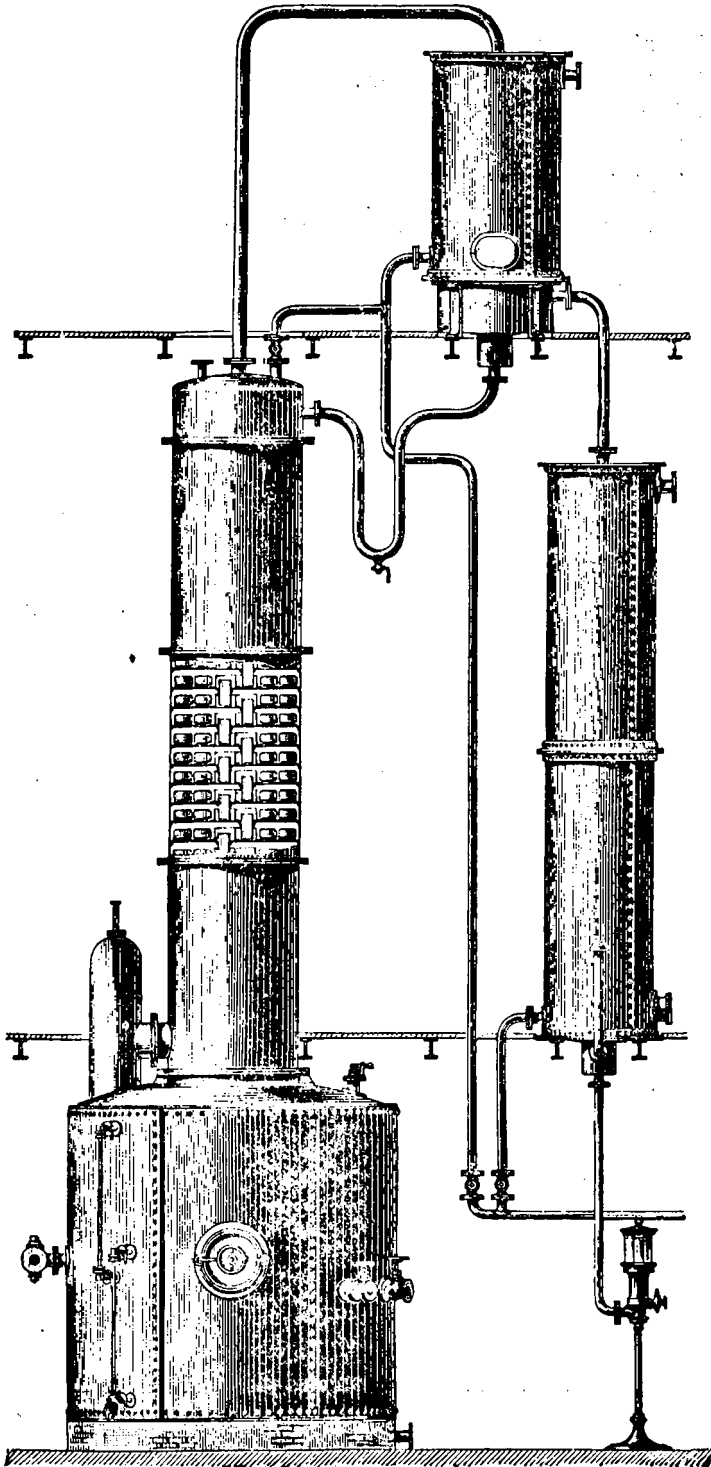


Fig. 224.

E le régulateur de vapeur ;  
G la chaudière du rectificateur ;  
H la colonne à rectifier ;  
r le condenseur ;  
J le réfrigérant.

La fig. 224 représente le nouvel appareil à rectifier de *E. Heckmann*.

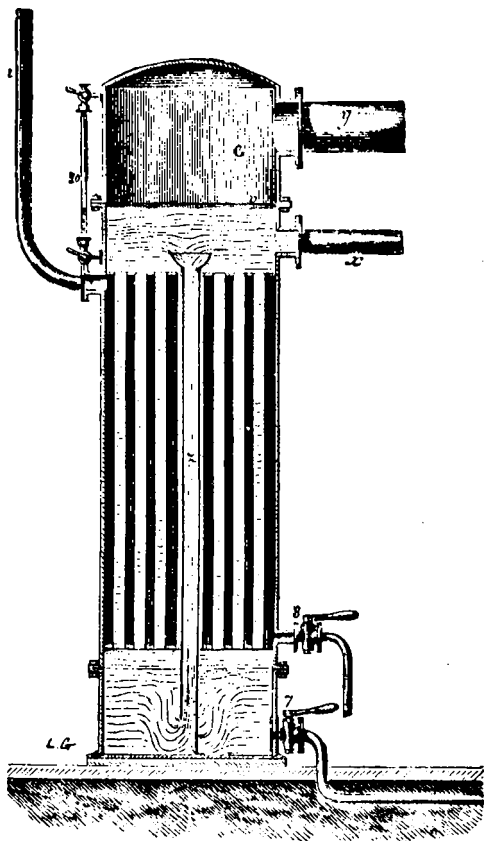


Fig. 225.

La colonne à rectifier de cet appareil ne renferme pas de plateaux perforés mais est composée de compartiments formés par des plateaux pleins munis de trop-pleins et de calottes. La partie ouverte de la fig. 224 laisse voir cette disposition. Cet appareil présente l'avantage d'éviter les entraînements que l'on a à craindre lorsqu'on emploie des appareils à plateaux perforés. Comme chaque plateau supporte une couche de liquide de même épaisseur que celle des plateaux suivants, la marche de cet appareil doit être très régulière. *Heckmann* croit que l'opération de

la déflegmation est moins nécessaire dans ces appareils que dans les rectificateurs à plateaux perforés et qu'on doit pouvoir faire de ce chef une économie notable de vapeur ; il évalue cette économie à 40 %. La chaudière renferme un ou plusieurs serpentins de vapeur et un barboteur servant pour la mise en route. L'appareil de Heckmann peut fonctionner sans régulateur de vapeur, sa marche étant très régulière par suite de la suppression des plateaux perforés.

Parlons encore ici d'un appareil de *Savalle*, dont la place était plutôt indiquée dans le chapitre traitant des appareils à distiller. Il s'agit d'une disposition de chauffage spéciale qu'il adapte aux colonnes servant à distiller les mélasses, dans le but de ne pas diluer la vinasse qui doit après distillation être incinérée pour la fabrication de la potasse (voir fig. 225).

Cet appareil fonctionne de la façon suivante : La vapeur des générateurs arrive du régulateur de vapeur par le conduit *i* ; elle se jette autour de la paroi extérieure des tubes de chauffage ; elle cède son calorique à la vinasse contenue dans les tubes et sort condensée par le robinet de purge *8*, pour traverser un extracteur de vapeur condensée. Les vinasses arrivent régulièrement de la colonne par le tube *x*, emplissent la série tubulaire et sortent d'une façon continue par le robinet *7* ; un tube de niveau d'eau *10* sert à régler la hauteur de la vinasse dans le système de chauffage et les vapeurs produites se rendent à l'appareil distillatoire par le conduit recourbé *γ* qui sert en outre à abattre les mousses entraînées par l'évaporation. Un gros tube *z*, situé au milieu du faisceau tubulaire, aide à la circulation de la vinasse qui est élevée par l'ébullition à la partie supérieure des tubes et est amenée par ce tuyau à la partie inférieure du tubulaire.

Un principe tout nouveau a été appliqué par *Raoul Pictet* à la rectification de l'alcool et d'une manière plus générale à la séparation d'un mélange de liquides possédant des points d'ébullition différents, c'est celui de la *distillation dans le vide*. Dans ce but, il relie entre eux l'appareil, le condenseur, le réfrigérant et le réservoir à alcool, tous ces divers organes étant hermétiquement fermés, et il y fait le vide au moyen d'une pompe à air. Le refroidissement des vapeurs alcooliques qui, dans ces conditions, se forment à une température très basse, s'obtient dans un condenseur dont les tubes sont entourés d'*acide sulfureux anhydre* qui, comme on le sait, produit un effet de réfrigération très énergique. L'acide ayant servi à la condensation des vapeurs et qui, en s'échauffant, s'est volatilisé, est pompé, condensé et sert à une nouvelle opération. Pictet a breveté un appareil complet (*Zeits. f. Spir. Ind.*, 1882, page 356), se composant de deux appareils travaillant ensemble, le premier envoyant un premier produit dans le second qui le rectifie. Le premier appareil est chauffé à la vapeur et ce n'est que dans le second

qu'on refroidit les vapeurs alcooliques à l'aide de l'acide sulfureux anhydre.

PROCÉDÉS D'ÉPURATION EMPLOYÉS POUR AIDER A LA RECTIFICATION.

1. Filtration des flegmes étendus sur du charbon.

La filtration sur le charbon est un procédé d'épuration employé avec succès chez tous les rectificateurs. On se sert pour cet usage de charbon de bois, provenant d'essences peu résineuses, comme le tilleul. L'action qu'exerce le charbon est une action physique, mais peut être aussi chimique, surtout au début de son emploi. Le charbon de bois étant un corps excessivement poreux, absorbe avec énergie les essences odorantes. De plus, comme il possède aussi un pouvoir absorbant considérable pour les gaz, il se sature d'air qui oxyde les impuretés des flegmes que l'on filtre. Ce pouvoir d'oxydation dure tant que la quantité d'oxygène absorbée n'a pas été totalement utilisée. C'est là l'effet principal qu'exerce le charbon de bois; quant à son action chimique on n'a pas pu jusqu'ici déterminer dans quelle mesure elle s'exerce.

On employait autrefois le charbon de bois, sous la forme d'une poudre fine qu'on mélangeait à l'alcool; après vingt-quatre heures le charbon s'était déposé et l'on pouvait décanter l'alcool. Ce procédé incommode est complètement tombé en désuétude et l'on se sert maintenant du charbon de la même façon qu'on se sert du noir animal dans les sucreries, c'est-à-dire qu'on le réduit en fragments de la grosseur d'une noix dont on remplit des filtres disposés en batterie, dans lesquels on fait passer les flegmes ou les produits à épurer. Ils traversent d'abord une couche de charbon ayant déjà fait un certain usage, puis une couche plus fraîche et enfin une couche n'ayant jamais servi. Quand le charbon d'un filtre ne produit plus d'effet sur les produits bruts qui y passent, il faut le changer. Pour cela on commence par faire écouler l'alcool, on fait ensuite passer un courant de vapeur dans le filtre pour entraîner ce qui peut rester d'alcool, puis on vide le filtre. Le charbon est alors revivifié dans un four spécial, afin de pouvoir réserver à une nouvelle opération. Les avis sur l'effet que l'on peut retirer de la filtration sont très partagés; les uns lui attribuent une grande efficacité, les autres la regardent presque comme superflue. Ce qui est certain c'est que la filtration, à peu d'exceptions près, est encore employée presque partout.

Batterie de filtres de P. KYLL, de Cologne-Bayenthal.

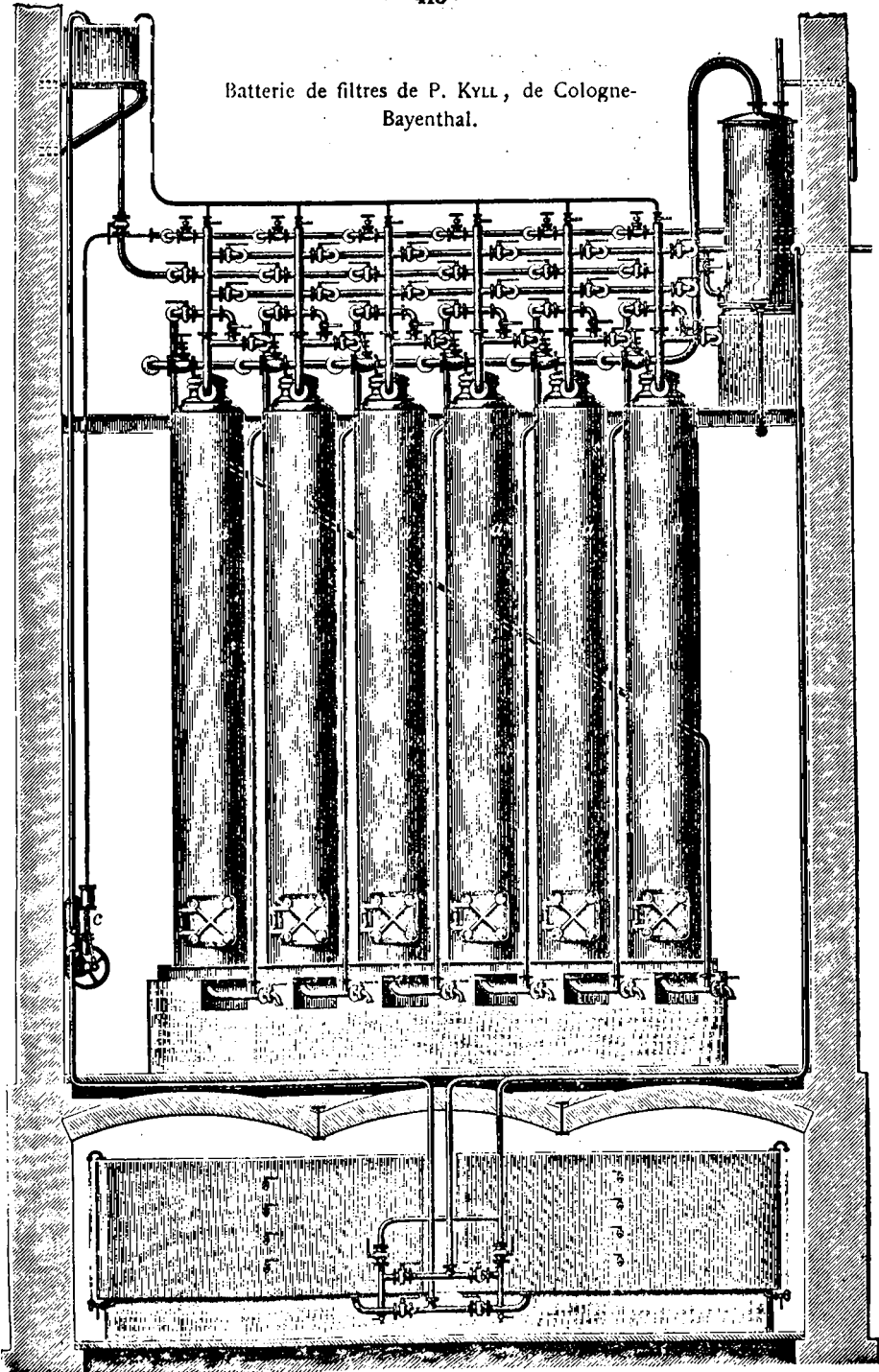


Fig. 226.

Peut-être en est-il de la filtration de l'alcool sur le charbon de bois comme de celle des jus sucrés sur le noir animal, qui paraît avoir moins d'efficacité qu'autrefois.

L'emploi du charbon de bois dans les déflegmateurs, assez répandu autrefois, est maintenant abandonné presque partout.

(\*) La fig. 226 représente l'ensemble d'une batterie de filtres, d'après une disposition particulière à la maison *P. Kyll*, de Cologne-Bayenthal. L'installation des filtres se compose des filtres *a, a; b, b* sont les bacs à diluer les flegmes; *c*, la pompe à vapeur pour élever les flegmes dans le bac à trop-plein *d; e*, le condenseur et l'éprouvette destinés à recueillir les vapeurs alcooliques, lorsqu'on vide un filtre.

La revivification du charbon s'effectue en le faisant rougir dans un four de construction spéciale.

Parmi les nombreuses installations de filtration montées par *Kyll*, nous citerons celle de la Société française à Châlons-sur-Marne, et celle de la distillerie de MM. Folch, Albinana y C<sup>ia</sup> à Barcelone. Dans cette dernière usine, la batterie sert particulièrement à épurer les eaux-de-vie de qualité inférieure, comme celles de marc de raisins, de cannes à sucre, etc., etc., et donne des résultats très satisfaisants; une seule rectification suffisant, après le passage des flegmes dans les filtres, pour les transformer en 3/6 fins.

## 2. Emploi de l'électricité pour l'épuration des produits bruts.

L'électricité peut être employée de deux façons différentes: On l'utilise pour ozoniser l'oxygène de l'air qui sert ensuite à oxyder les impuretés de l'alcool ayant mauvais goût et mauvaise odeur. On ne peut, cela va sans dire, agir que sur les éléments qui sont moins résistants que l'alcool éthylique à l'action de l'air ozonisé et l'aldéhyde est naturellement le corps qui est le plus facilement transformé. Le second procédé, basé sur l'emploi de l'électricité, consiste à plonger les deux électrodes dans l'alcool à épurer et à y faire passer un courant qui décompose l'eau, mettant en liberté de l'ozone qui agit sur les impuretés.

L'épuration des flegmes par l'air ozonisé se fait d'après le brevet

(\*) N. d. T.

de *R. Eisemann*, de Berlin, de la manière suivante et dans l'appareil représenté par la fig. 227.

- A figure la chaudière à distiller ;
- B la colonne à rectifier ;
- C le déflegmateur ;
- D le réfrigérant ;
- E le régulateur de vapeur ;
- F l'éprouvette.

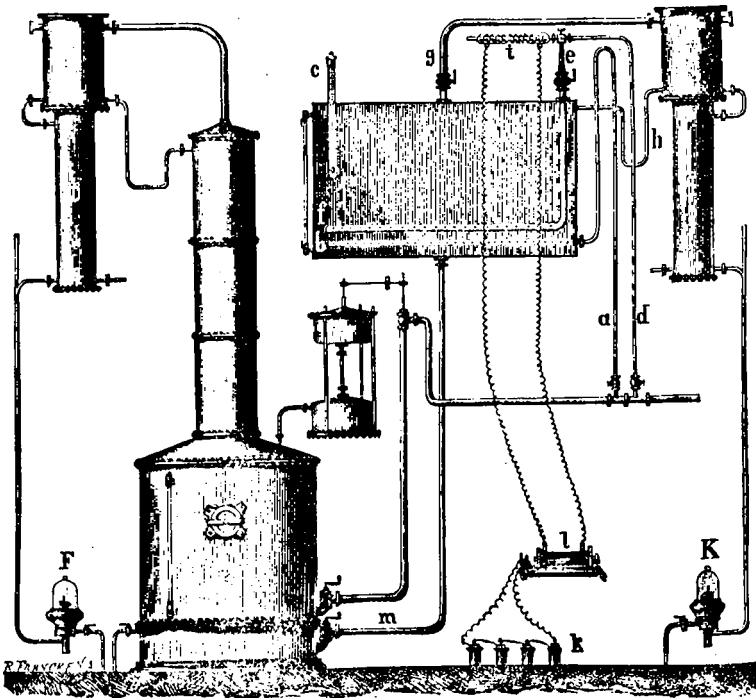


Fig. 227.

Le produit à épurer est d'abord amené dans un bac fermé G où il est porté à une température avoisinant le point d'ébullition de l'alcool, au moyen d'un tuyau de vapeur *a*. L'air ozonisé y est refoulé à travers le tuyau *b e f* percé de petits trous, par l'intermédiaire d'un injecteur ou d'une pompe à air. L'ozonisation de l'air est produite par la pile *k*, la bobine *l* et le tube à ozone *i*. Dans l'usine d'*Eisemann*, l'électricité est produite par une machine dynamo-électrique. L'air ozonisé, après avoir agi dans le réservoir sur les

produits étherés, se rend par le tuyau *g* dans le condenseur *H*. Une partie des vapeurs s'y condense et rétrograde dans le bac *G*, tandis que les produits non condensés poursuivent leur route et vont se condenser dans le réfrigérant *I*, d'où ils ressortent pour couler à l'éprouvette *K*. Le principe du procédé d'*Eisemann* repose sur ce que les impuretés des flegmes doivent être plus facilement décomposés par l'ozone, c'est-à-dire l'air ozonisé, que l'alcool éthylique, de telle sorte qu'on doit arriver à les éliminer complètement et à obtenir un alcool bon goût de qualité plus fine. Le produit traité par la méthode d'*Eisemann* doit naturellement subir encore une rectification après l'épuration. Si maintenant l'on se demande quelles sont les impuretés qui doivent surtout être transformées par l'ozone, nous placerons en première ligne l'aldéhyde. C'est sur ce produit à goût et saveur désagréables que l'ozone agira principalement. Il est aussi possible qu'il exerce une influence sur les éthers composés, mais il est bien difficile de savoir dans quelle mesure, et il n'est pas prouvé que l'ozone attaque plus promptement les alcools isopropylique ou amylique que l'alcool éthylique.

*Eisemann* a aussi breveté un procédé de filtration (brevet allemand 17294) ayant pour but de préparer la rectification et d'obtenir un rendement plus élevé en bon goût.

La filtration par ce procédé s'opère dans des filtres remplis de fer poreux qu'on a chargés d'électricité positive. Le fer ou les autres métaux poreux destinés à servir à la filtration doivent être préalablement purifiés. Cette opération se fait dans les filtres mêmes; elle consiste à traiter le fer poreux par le permanganate de potasse. On procède de la même façon pour régénérer le métal lorsqu'il a servi pendant un certain temps.

Il existe une autre méthode pour épurer les mauvais goûts des flegmes; c'est celle de *Naudin*. L'appareil de *Naudin* se compose d'une pile à éléments zinc-cuivre, formée par un vase en bois dans lequel sont placées plusieurs plaques de zinc horizontales superposées. Ces plaques, qui sont les unes planes, les autres ondulées, ont été en partie recouvertes de cuivre par des bains répétés dans une solution cuivrique. Une batterie se composant de 105 plaques peut traiter 150 kgr. d'alcool à la fois, et représente une surface productrice d'hydrogène de 1,800 mètres carrés.

L'alcool reste 6 à 48 heures dans la pile. Celle-ci peut fonc-



tionner pendant un an et demi à deux ans, à la condition d'enlever, de temps en temps, avec un peu d'acide chlorhydrique, l'oxyde de zinc qui se forme. *Naudin* a construit plus récemment un appareil, formé par un système de vases en verre communiquant par des tuyaux, et qui est relié à une machine dynamo-électrique.

3. Des divers corps agissant, soit mécaniquement, soit chimiquement, qui peuvent être employés comme agents d'épuration.

Nombre de corps, de natures bien diverses, sont employés pour l'épuration, sans cependant que l'effet qu'ils produisent soit bien démontré.

Ces corps peuvent se diviser en deux catégories :

- a) Ceux qui agissent chimiquement ;
- b) Ceux qui agissent mécaniquement.

Ceux qui exercent une action chimique peuvent agir :

- 1° *En neutralisant les acides que contiennent les produits bruts.* On emploie, dans ce but, la chaux ou la soude caustiques ou un lait de chaux. En neutralisant ainsi les acides des flegmes on empêche la formation des composés étheriques.

- 2° *En oxydant les impuretés.* La plupart des agents d'épuration appartiennent à cette catégorie, ce sont principalement :

- L'acide nitrique ;
- Le nitrate d'argent ;
- Le chlorure de calcium ;
- Le bichromate de potasse et l'acide sulfurique ;
- Le permanganate de potasse ;
- Le peroxyde de plomb ;
- Le peroxyde de baryum et de strontium.

Le plus grand nombre de ces agents détruisent bien en vérité l'aldéhyde et peut-être bien aussi d'autres impuretés, mais l'opinion de la majorité des rectificateurs est que ces diverses matières donnent naissance à des produits secondaires qui communiquent une odeur et une saveur désagréables à l'alcool fin. Aussi, les rectificateurs feront-ils bien d'éviter, autant que possible, d'avoir recours à ces moyens. De tous ces agents oxydants, ceux qui produiraient les effets les moins fâcheux seraient ceux mis en avant par *Lyte*, à

savoir les peroxydes de plomb de baryum et de strontium. *Deiningger* épure les produits *bruts* sous la forme de *vapeurs* avec une solution potassique d'oxyde ou de peroxyde de plomb contenant de la glycérine. Par ce procédé, il transformerait, en les oxydant, les alcools homologues de l'alcool éthylique, comme les alcools amylique, butylique, propylique, etc., en *valérates*, etc., qui ne passent pas dans les produits distillés.

Les vapeurs alcooliques sont finalement traitées par la chaux caustique et le charbon. *Bang* et *Ruffin* ont aussi fait breveter un procédé d'épuration basé sur l'emploi de l'essence de pétrole qui aurait pour propriété, lorsqu'elle est mélangée avec de l'alcool à 50° environ, de dissoudre l'alcool amylique et l'aldéhyde tout en ne dissolvant pas l'alcool éthylique.

Comme agents mécaniques d'épuration, on n'en cite guère que deux : le *dégras* et le *savon*, qui du reste sont peu répandus.

Le point essentiel pour obtenir une bonne rectification sera toujours d'avoir à sa disposition un appareil à rectifier bien combiné, les agents chimiques ne pouvant être que des aides.

## DE LA RECTIFICATION CONTINUE (\*).

Nous venons de voir que la *rectification* est l'opération par laquelle on se propose de concentrer l'alcool brut, c'est-à-dire de l'amener à 94 à 96°, et de le purifier en éliminant tous les produits secondaires qui se forment pendant la fermentation et la distillation, et qui proviennent soit de la nature même de la matière première, soit souvent aussi de fautes commises pendant le cours de la fabrication. La rectification qui clôt la série des opérations de la fabrication est donc une des plus importantes, puisque c'est elle qui donne plus ou moins de valeur à l'alcool produit. Aussi, nombre de constructeurs se sont-ils appliqués à perfectionner les rectificateurs et sont-ils arrivés à construire d'excellents appareils dont quelques-uns ont été déjà décrits.

Cependant, le principe sur lequel sont basés tous ces rectificateurs comporte par lui-même des imperfections dans le travail dont les plus importantes sont une perte de temps, d'alcool, et une dépense inutile de combustible.

(\*) N. d. T.

Dans tous ces appareils, en effet, la rectification s'opère dans de grandes chaudières dans lesquelles les flegmes ou alcools bruts sont soumis à une ébullition prolongée; ce n'est qu'après un certain temps de chauffage que l'éprouvette commence à couler, et encore ne recueille-t-on tout d'abord que des produits infects composés des corps dont le point d'ébullition est inférieur à celui de l'alcool et qui sont connus sous le nom d'*ethers* ou de *mauvais goûts de tête*. L'opération continuant, les produits deviennent moins mauvais, ce sont les *moyens goûts* qui coulent à l'éprouvette, et ce n'est qu'après un certain nombre d'heures que l'on arrive au produit marchand, à l'alcool fin.

A la fin de la rectification, il faut passer par les mêmes phases, c'est-à-dire par une période de *moyens goûts*, puis de *mauvais goûts de queue*, composés principalement de *produits amyliques*. Les moyens goûts obtenus ont une pureté à peu près égale à l'alcool initial et peuvent être mélangés avec lui dans des rectifications ultérieures, mais les mauvais goûts doivent être travaillés à part.

La proportion de ces différents produits est naturellement variable car le fractionnement n'a rien d'absolu et les alcools bruts peuvent eux-mêmes être plus ou moins impurs. En général, cette proportion ne s'écartera pas beaucoup des chiffres suivants :

64 % d'alcool fin ;  
25 % de moyens goûts ;  
8 % de mauvais goûts ;  
3 % de freinte.

On peut compter, en moyenne, sur une perte de 3 % d'alcool, qui est encore augmentée par la freinte que donne la rectification des moyens goûts.

Ajoutons encore que l'appareil qui, pour une rectification de 100 hectolitres d'alcool, par exemple, aura marché pendant 35 heures environ, n'aura produit de travail utile que pendant 19 à 20 heures.

Ces imperfections sont inhérentes à la rectification intermittente, et c'est en vain que les constructeurs avaient cherché jusqu'ici à les supprimer en trouvant un procédé permettant de rectifier d'une façon continue. Le problème était, du reste, difficile à résoudre, et *Maercker* le qualifie même d'irréalisable.

Il a cependant été résolu par la maison *Louis Fontaine*, de La Madeleine-lez-Lille, grâce à l'appareil ingénieux représenté par la figure 228, imaginé et construit avec la collaboration toute

spéciale de *M. E. Barbet*, ingénieur des arts et manufactures et distillateur lui-même. *M. Barbet* était alors ingénieur de la maison *L. Fontaine*.

L'originalité de ce procédé consiste en ce que l'on sépare successivement les éthers bouillant au-dessous de  $79^{\circ}$  (point d'ébullition de l'alcool) et les produits amyliques bouillant au-dessus de  $79^{\circ}$  par deux distillations successives. La première a pour but d'enlever les éthers; elle s'opère dans un *épurateur*, sorte de colonne à distiller spéciale, dans laquelle les flegmes, traversés par un courant de vapeur marchant en sens inverse, se dépouillent progressivement des éthers, tandis que les vapeurs s'enaturent. Ces éthers condensés coulent à l'éprouvette tandis que les flegmes épurés, qui constituent la vinasse de cette distillation, sont recueillis dans des bacs destinés à les recevoir. On conçoit sans peine qu'en alimentant convenablement de flegmes cette colonne, on arrive à les dépouiller complètement des éthers.

Ces flegmes épurés sont ensuite dépouillés des produits amyliques dans un appareil distillatoire analogue à l'épurateur, avec cette différence, qu'ici c'est l'alcool fin qui coule à l'éprouvette, tandis que la vinasse infecte sort au bas de l'appareil complètement dépouillée d'alcool.

Le rectificateur continu de la maison *Fontaine* se compose des parties suivantes :

1° ÉPURATEUR :	2° RECTIFICATEUR CONTINU.
A tronçons à plateaux pour épurations.	G tronçons d'épuisement.
A' » de concentration des éthers.	G' » de rectification.
B analyseur des éthers.	L condenseur.
C réfrigérant des éthers.	M réfrigérant.
E éprouvette des éthers.	H éprouvette.
N régulateur de vapeur.	R régulateur de sortie des vinasses.
e papillon.	N' régulateur de vapeur.
T bac à flegmes bruts à épurer.	S serpentín réfrigérant pour l'épreuve ou l'extraction des huiles.

Voici maintenant comment se fait la rectification. Elle se divise, ainsi que nous l'avons expliqué, en deux opérations successives et solidaires:

Par la première, on élimine des flegmes tous les produits impurs plus volatils que l'alcool, c'est-à-dire les éthers, aldéhydes et essences analogues. On obtient ainsi des *flegmes épurés*.

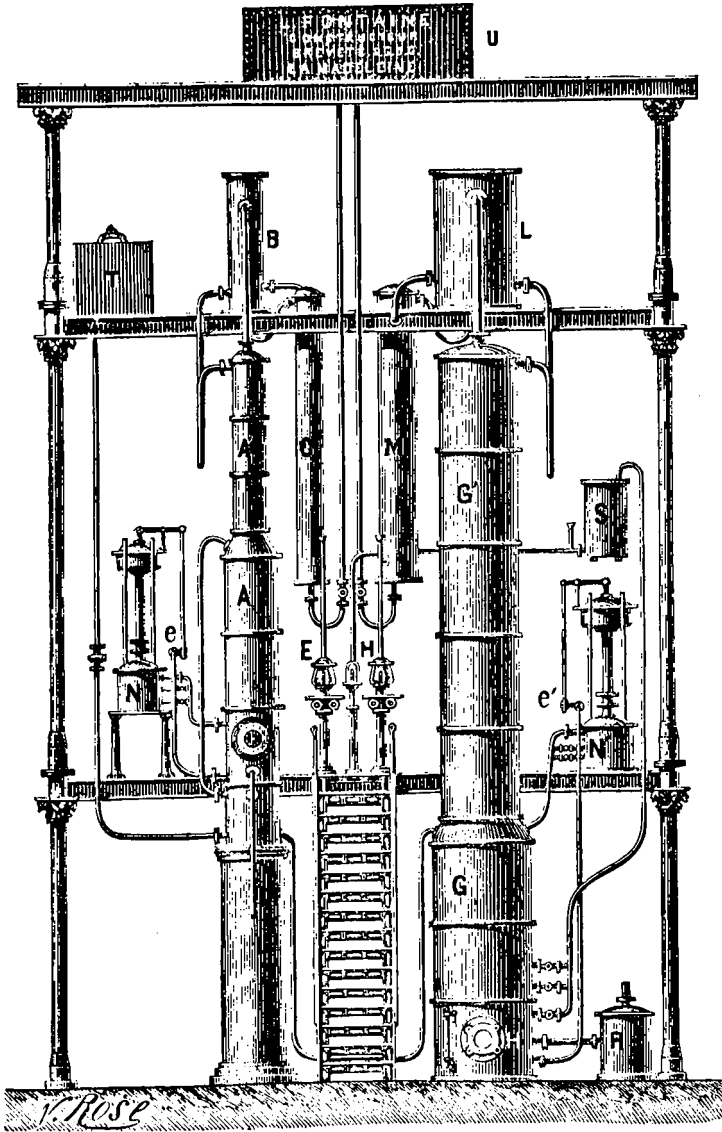


Fig. 228.

Par la seconde, on distille *d'une façon continue* les flegmes épurés. L'alcool se dégage pur ; les produits moins volatils que lui, c'est-à-dire les alcools amylique, propylique, butylique et autres essences huileuses et empyreumatiques sont extraits vers le bas du rectificateur, tandis que du soubassement sort une vinasse infecte et parfaitement dépouillée d'alcool.

La première partie du programme est réalisée par l'*Epurateur continu* des flegmes. La seconde partie est résolue par le *Rectificateur continu* proprement dit.

### 1° ÉPURATEUR CONTINU.

L'épurateur continu des flegmes est une sorte de colonne distillatoire disposée et proportionnée en vue du liquide spécial qu'il s'agit de travailler. Le but de cette opération est de distiller les flegmes de façon à en expulser uniquement les produits plus volatils que l'alcool. La colonne où se fait méthodiquement l'épuration se compose d'un certain nombre de tronçons à plateaux A, surmontés de quelques tronçons supplémentaires A' destinés à concentrer les éthers et à retenir les vapeurs d'alcool pur.

Cette séparation se fait au moyen du condenseur ou analyseur B, qui fait rétrograder dans le haut de l'appareil les produits moins étherés. Les éthers très concentrés passent seuls au réfrigérant C, puis à l'éprouvette E.

Les flegmes soumis à cette distillation spéciale arrivent au bas de la colonne complètement dépouillés de leurs éthers. Au bas de la colonne, les flegmes épurés qui sont bouillants, circulent dans les tubes d'un réfrigérant tubulaire, où ils échauffent en retour les flegmes bruts à épurer, de telle sorte que ce réfrigérant est un véritable récupérateur de chaleur. De là les flegmes épurés se rendent par un grand siphon aux tronçons G du rectificateur continu. Les flegmes bruts, descendant d'un bac supérieur T où une pompe les a refoulés, entrent au bas du récupérateur, et passent autour des tubes. Leur vitesse de passage est réglée par un robinet d'alimentation. Ils sortent chauds et entrent dans la colonne au sommet des tronçons épurateurs. Le chauffage se fait par barboteur ou par serpentín ; il est réglé automatiquement par le régulateur à papillon N.

2<sup>o</sup> RECTIFICATEUR CONTINU PROPREMENT DIT.

Cet appareil distillatoire est constitué d'une façon analogue à l'épurateur. Au bas sont les *tronçons d'épuisement* G, qui sont surmontés des *tronçons de rectification* G'.

Les flegmes épurés entrent au haut des tronçons G, descendent de plateau en plateau en s'appauvrissant graduellement, et arrivent en bas complètement épuisés d'alcool. Le soubassement H est muni d'un barboteur de vapeur et d'un régulateur R pour la sortie des vinasses.

Les vapeurs alcooliques de plus en plus riches qui montent dans la colonne passent dans les tronçons G' où elles achèvent leur affinage et leur rectification, grâce à la rétrogradation du condenseur L. L'alcool pur passe au réfrigérant M, puis à l'éprouvette.

Nous compléterons cette description sommaire en disant quelques mots de l'introduction des flegmes et de la vérification permanente de l'épuisement de vinasses.

Les flegmes entrent dans une sorte de déflegmateur intérieur, et leur échauffement ne se produit qu'en faisant une première analyse des vapeurs alcooliques dont ils condensent les parties les plus aqueuses. Cette opération s'opère donc sans aucune dépense d'eau, et de la même façon que dans les colonnes à distiller le chauffe-vin produit un enrichissement et une purification des flegmes.

Comme preuve de l'épuisement, on peut opérer comme dans les colonnes à distiller, c'est-à-dire prendre un peu de la vapeur de la chaudière H, la refroidir dans un petit serpentín S, et la recevoir dans une petite éprouvette, où un alcoomètre sensible doit toujours marquer 0°, à 15° centigrades.

Toutefois, on peut opérer d'une façon un peu différente; en prenant les vapeurs quelques plateaux plus haut. Le liquide qui en résulte marque quelques degrés à l'éprouvette, par suite de la présence d'huiles de fusel; on règle le coulage de façon à extraire ainsi de l'appareil toutes les huiles de queue au fur et à mesure de leur fractionnement. De plus, le degré alcoolique observé suffit à indiquer au distillateur si l'appareil est bien réglé

dans sa marche. Si le degré venait à s'élever au-delà de la normale, il diminuerait l'alimentation des flegmes; si le degré baissait, au contraire, il saurait que l'alimentation est insuffisante et qu'il faut en donner davantage. On peut encore laisser subsister deux éprouvettes distinctes, une pour surveiller continuellement l'épuisement du soubassement, et l'autre pour opérer l'extraction des huiles. Nous appellerons cette dernière : *Eprouvette de réglage*, parce que son importance est capitale pour le réglage de l'appareil.

Cet appareil donne les meilleurs résultats, il est installé dans plusieurs distilleries et nous l'avons vu fonctionner à la distillerie d'Agde ou nous avons pu suivre une opération qui a produit :

94	% de 3/6 fin.
4,6	% d'éthers.
1,4	% de freinte.
<hr/>	
100,0	%

La dépense de combustible avait été 35,4 kgr. par hectolitre d'alcool à 100° des flegmes mis en œuvre, soit 31,5 kgr. par hectolitre à 90°.

Ces résultats indiquent suffisamment la supériorité du *rectificateur continu* de la maison Fontaine sur les rectificateurs à marche intermittente. Cet appareil a, du reste, été l'objet d'un rapport très favorable de M. Porion, distillateur à Saint-André-lez-Lille, dont la compétence est indiscutable; nous croyons bien faire en le signalant aux distillateurs.

Ce rectificateur a valu à la maison Fontaine un grand nombre de récompenses : médailles d'or, diplôme d'honneur, prix de progrès et la grande médaille d'or de la fondation Kuhlmann pour services rendus à la distillerie.



## CHAPITRE XI.

---

### DESCRIPTION DE DISTILLERIES MODÈLES TRAVAILLANT PAR DIVERS PROCÉDÉS.

---

Ce chapitre contient la description de plusieurs distilleries qui peuvent être considérées comme modèles. Maercker n'a pas pu naturellement entrer dans trop de détails sur la disposition des bâtiments. Cependant, afin de répondre au désir de bien des personnes, il a décrit à grands traits plusieurs installations qui sont en rapport avec les progrès les plus récents de l'industrie de la fabrication de l'alcool.

Voici, d'ailleurs, le titre d'un ouvrage excellent et détaillé sur la construction des bâtiments de distillerie : « Manuel de l'architecture agricole, contenant la description des bâtiments nécessaires aux industries agricoles », VII<sup>e</sup> édition, Paul Parey, éditeur, 1885. Un autre ouvrage à citer est le suivant : « De la construction des distilleries, manuel pratique à l'usage des distillateurs, des ingénieurs et des entrepreneurs, par Fr. Freiesleben. Paul Parey, éditeur, 1885 ; Berlin.

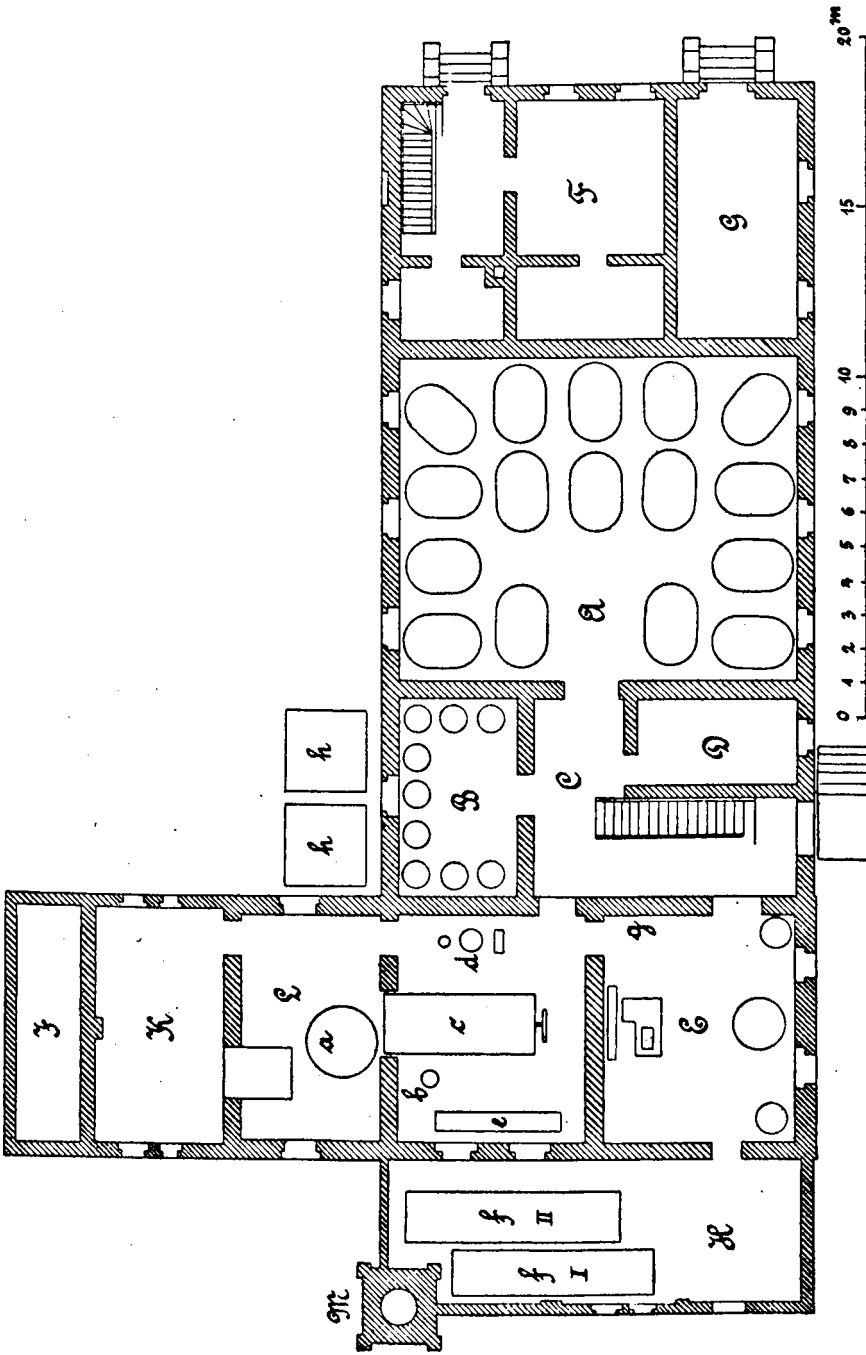


Fig. 229. Plan de la distillerie de Trotha.

1. DISTILLERIE DE TROTHA, PRÈS HALLE.

(fig. 229, procédé de Hollefreund).

Les pommes de terre sont extraites des silos, car on croit à Trotha qu'elles se conservent mieux dans des silos que dans des caves. Elles passent ensuite dans la machine à laver, à travers un crible à barreaux écartés. De là, on les élève au moyen d'une chaîne à godets dans un réservoir formé par un ancien cuiseur ; ce réservoir a pour but de rendre le lavage continu, et en même temps de préparer la charge du cuiseur : il contient 3000 kgr. de pommes de terre. Celles-ci tombent par une trappe pratiquée dans le sol et qu'on n'a qu'à ouvrir pour remplir le cuiseur placé en-dessous. Ce cuiseur est du système Hollefreund et du type le plus ancien ; il occupe, avec ses accessoires, une salle spéciale. Sa contenance est de 60 hectolitres, et il sert à préparer 40 hectolitres de jus à chaque opération. Une fois la saccharification terminée, on élève le jus au moyen d'un monte-jus, dans un réfrigérant à air situé au deuxième étage, et qui a dû être maintenu par suite de manque d'eau froide. Au même étage se trouvent aussi les appareils pour concasser le malt, les réservoirs pour cuire, étendre et neutraliser la mélasse, et les parties supérieures des appareils à distiller.

Au rez-de-chaussée se trouvent la salle pour préparer la levure, les cuves de trempe, les salles de fermentation et de distillation. La disposition de la distillerie de Trotha utilise parfaitement la place, sans être pour cela étriquée. La malterie se trouve au dessous de la salle de fermentation.

LÉGENDE.

- |   |  |
|---|--|
| A Salle de fermentation.                        | K Passage.   |
| B Atelier à levure.                             | L Atelier de lavage renfermant le réservoir à pommes de terre (a). |
| C Escalier et palier.                           | M Cheminée.  |
| D Malterie.                                     |  |
| E Salle distillatoire avec la pompe à moût (g). | b Récipient à malt.  |
| F Appartement pour le contre-maitre.            | c Cuiseur Hollefreund.   |
| H Chaufferie avec les chaudières f. I et f. II. | d Monte-jus.   |
| I Réservoir à mélasse.                          | e Pompe à air.   |

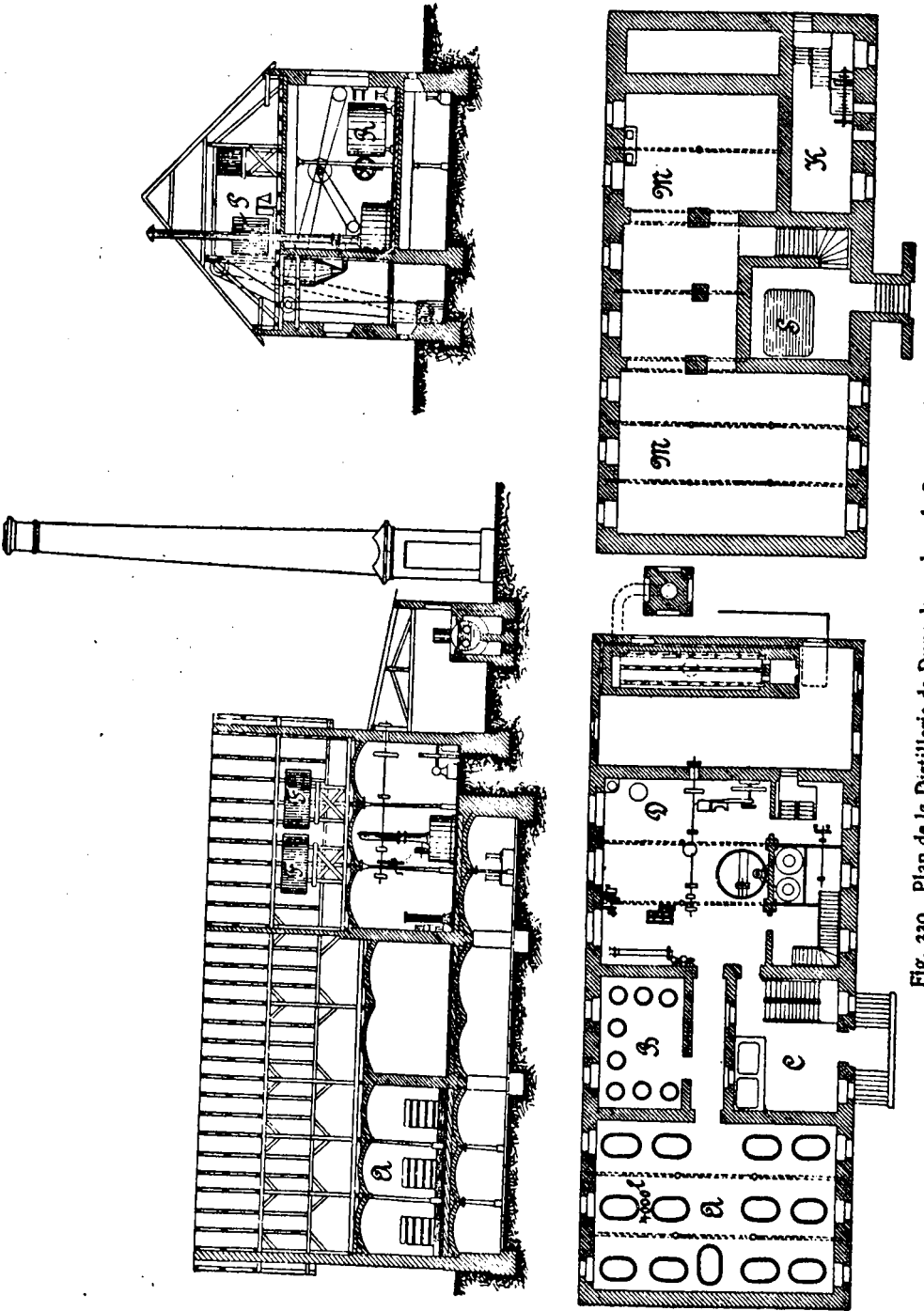


Fig. 230. Plan de la Distillerie de Duneiken, dans la Prusse orientale.

## 2. DISTILLERIE DE DUNEYKEN

(Voir fig. 230, système de Henze).

Un groupe d'agriculteurs de la Prusse orientale a fondé une société pour l'exploitation d'une distillerie à Duneyken, qui a été bâtie par M. *Victor Lwowski*, de Halle, et qui est représentée par la fig. 230. celle-ci est assez compréhensible pour qu'il ne soit pas nécessaire de l'expliquer. On peut considérer comme bonne la disposition de cette usine.

### LÉGENDE.

- A Salle de fermentation,
- B Atelier à levure.
- C Escalier et palier.
- D Salle des appareils.
- F Réservoir à eau.
- K Machine à laver les pommes de terre.
- M Malterie.
- P Bascule.
- R Réfrigérant.
- S Réservoir à alcool.

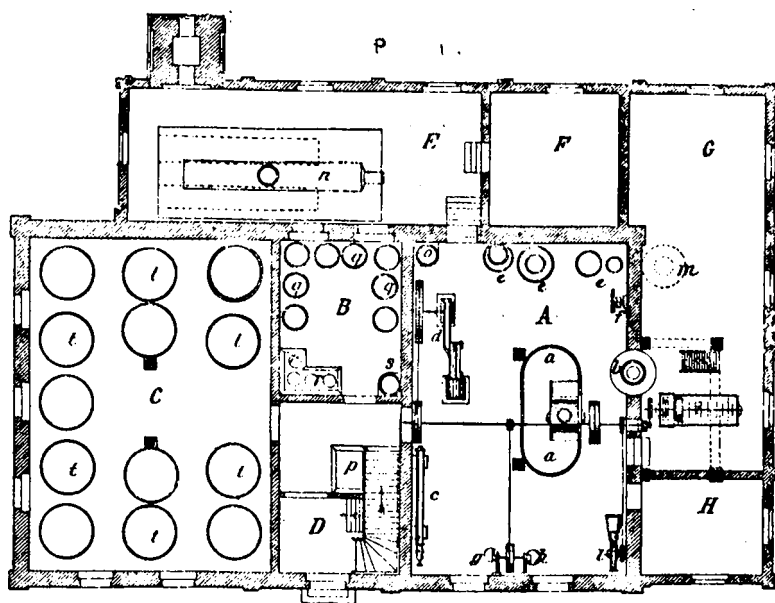
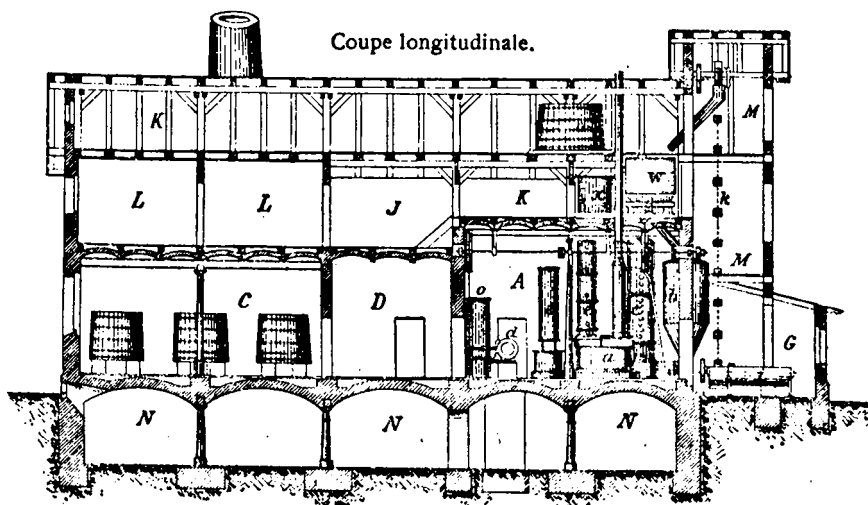


Fig. 231. Plan de la Distillerie de Mochel.

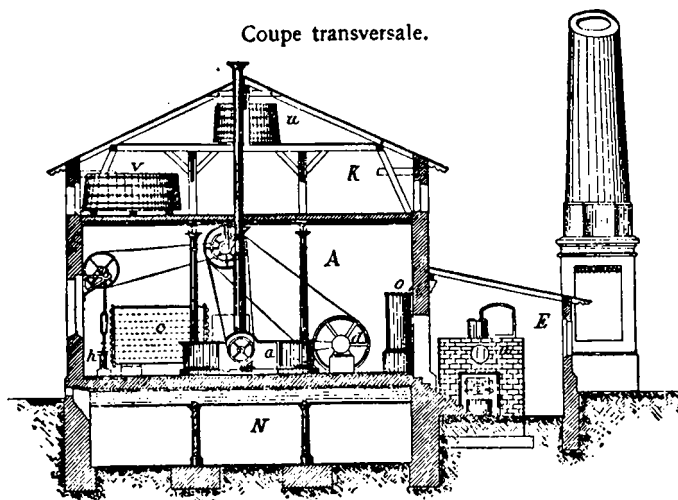


Fig. 232. Coupe en travers de la distillerie de Mochel.

### 3. TYPE D'UNE DISTILLERIE, SYSTÈME ELLENBERGER.

(Voir figures 231 et 232).

*Ellenberger*, de Darmstadt, a quelque peu changé la disposition qu'il préconisait. La distillerie de Mochel, près Bomberg, qu'il a installée et que nous décrivons ici (Voir fig. 231 et 232) représente le type actuel des distilleries qu'il construit.

Voici l'explication du dessin :

A Salle des machines.	a Appareil d'Ellenberger.	p Cuves de trempes.
B Chambre à la levure.	b Cuiseur.	q Cuves à levure.
C Fermentation.	c Réfrigérant.	r Cuve à levure-mère.
D Escalier.	d Machine à vapeur.	s Chaudière à eau chaude pour la préparation du levain.
E Chaufferie.	e Appareils à distiller.	t Cuves à fermenter.
F Magasin à charbon.	f Pompe à vin.	u Petit réservoir à eau.
G Magasin à pommes de terre.	g Pompe à jus.	v Grand réservoir à eau.
H Chambre de distillateur.	h Pompe à eau.	w Bascule à pommes de terre.
J Salle des broyeurs.	i Machine à laver.	x Condenseur de l'appareil distillatoire.
K Grenier.	k Chaîne à godets.	
L Appartement du distillateur.	l Concasseur à malt.	
M Tour de l'élévateur.	m Monte-jus.	
N Malterie	n Générateurs.	
	o Réchauffeur.]	

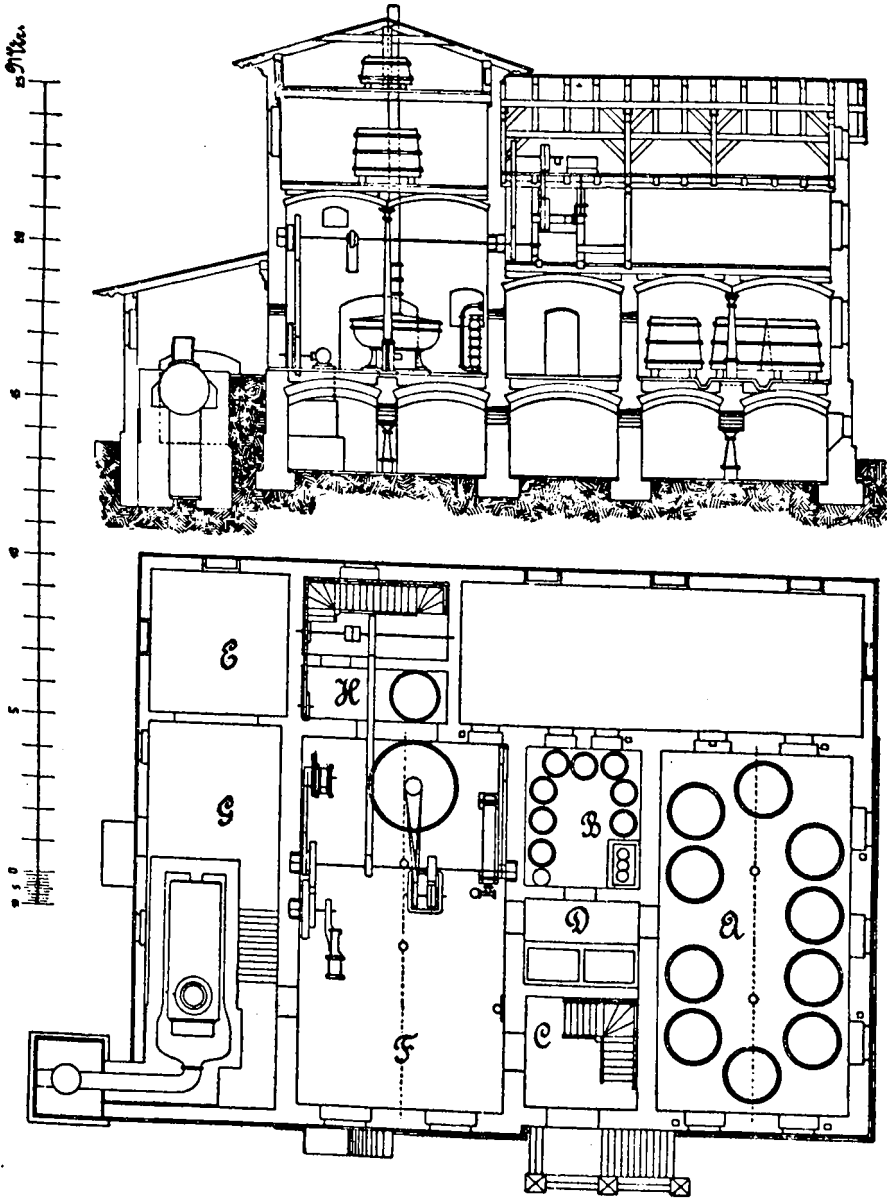


Fig. 233. Distillerie-type du système Paucksch.

4. DISTILLERIE - TYPE DU SYSTÈME PAUCKSCH  
(Voir les fig. 233 et 234).

Les figures 233 et 234 représentent une distillerie du système de Paucksch, du type le plus généralement répandu en Allemagne et



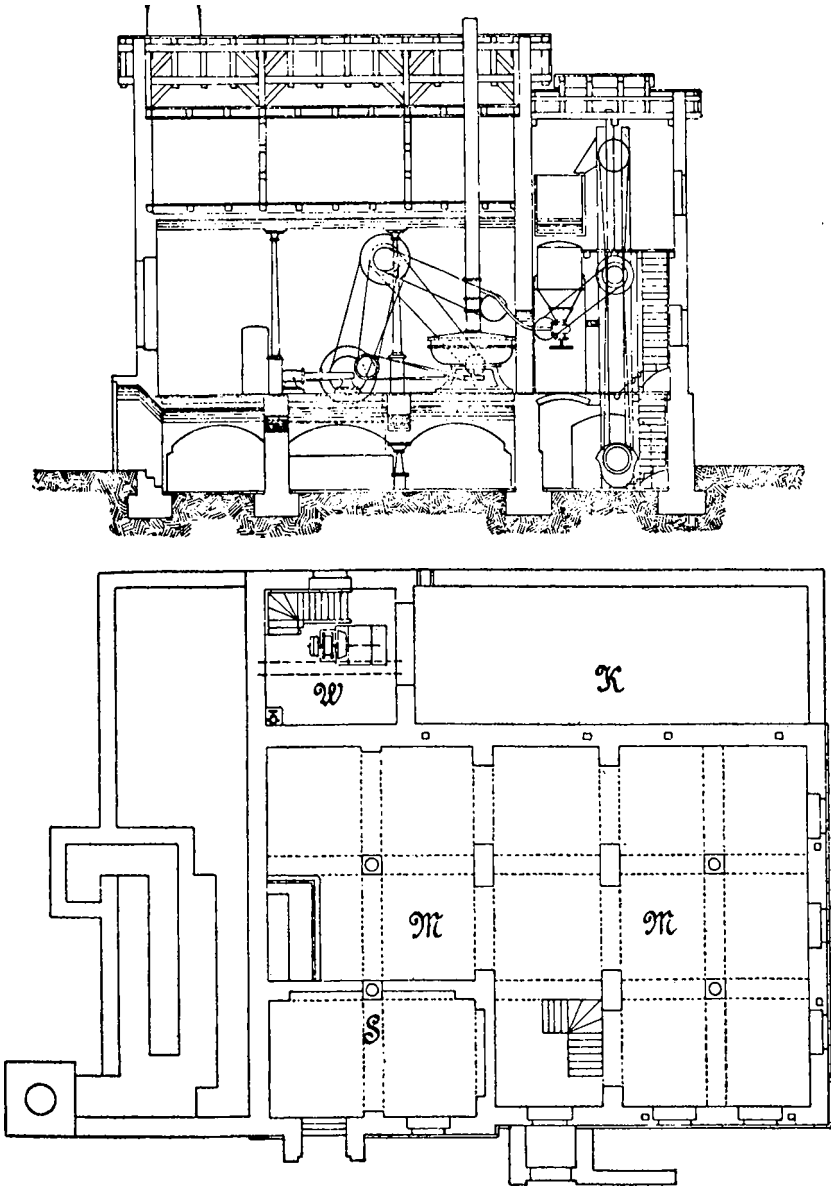


Fig. 234. Distillerie-type du système Paucksch.

qui correspond à un travail journalier de trois à quatre opérations de 1500 à 4000 kilos de pommes de terre chacune.

LÉGENDE.

- |                       |                                    |                      |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------|
| A Cuverie.            | F Salle des machines et appareils. | M Malterie.          |
| B Atelier à levure.   | G Chaufferie.                      | S Magasin à alcools. |
| C Escalier et palier. | H Tour du cuiseur.                 | W Machine à laver.   |
| D Cuves-mouilloires.  | K Cave à pommes de terre           |                      |
| E Magasin à charbon.  |                                    |                      |

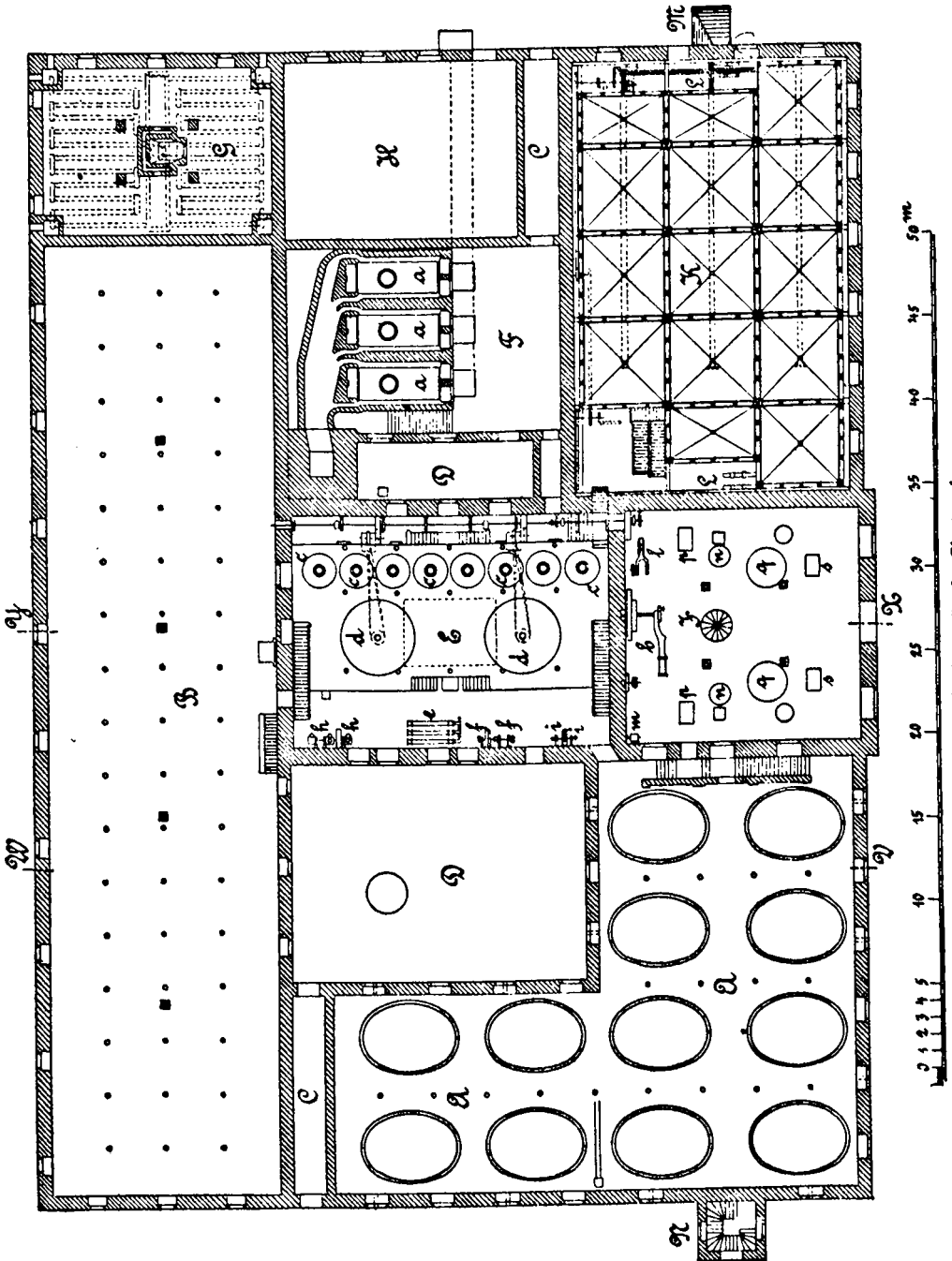


Fig. 235. Distillerie de maïs de Chutorok.



Coupe par X Y.

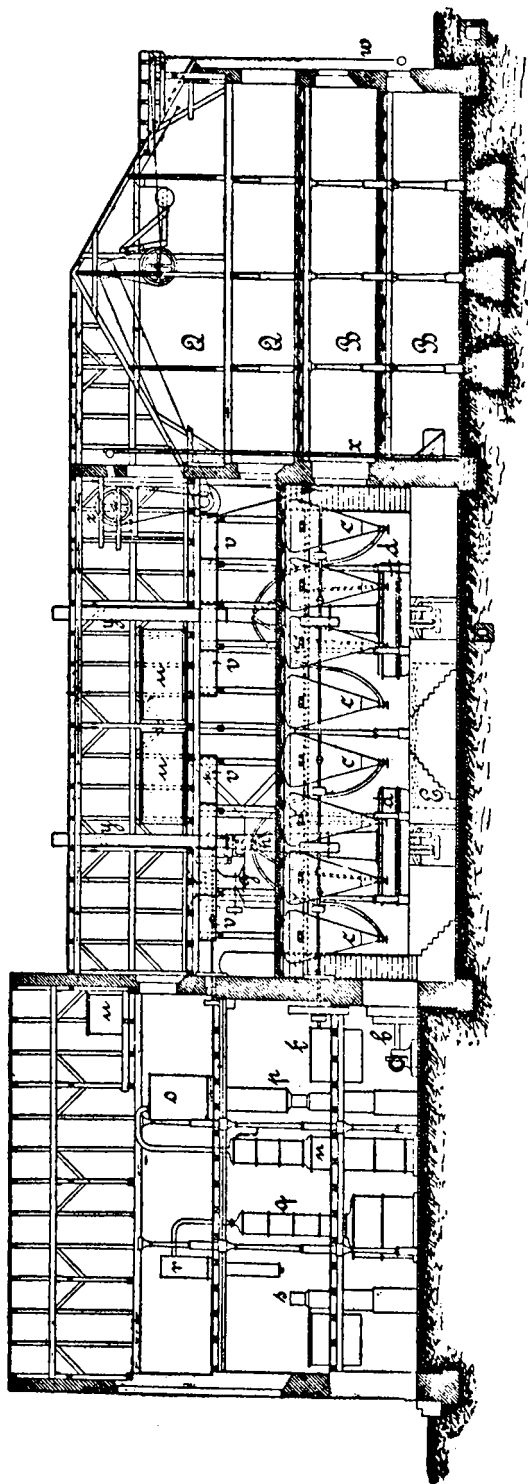


Fig. 236. Distillerie de maïs de Chutorof.

EXPLICATION DES FIGURES :

- a* 3 générateurs de vapeur avec bouilleurs, ayant ensemble 405 mq. de surface de chauffe.
- b* Machine à vapeur de 40 chevaux.
- c* 8 cuiseurs ayant chacun 49 hectos de capacité.
- d* 2 saccharificateurs universels pour 200 hectos de moût chacun.
- e* 3 réfrigérants à 6 étages.
- f* 3 pompes à jus.
- g* Moulin à malt vert.
- h* Moulin à malt sec.
- i* 2 pompes à vin.
- k* 3 pompes à eau.
- l* Compresseur d'air.
- m* Machine électrique.
- n* 2 colonnes à distiller

- o Condenseurs et réfrigérants des appareils à distiller.
  - p Compteur.
  - q Appareils à rectifier.
  - s Compteur.
  - t Réservoir pour flegmes.
  - u Réservoir à eau froide.
- v Réservoir à eau chaude.
  - w Appareil pour préparer la levure.
  - x Magasin à maïs avec appareils de pesage.
  - y Vis d'Archimède pour transporter le maïs.
  - z Élévateur de malt.

Coupe suivant V W.

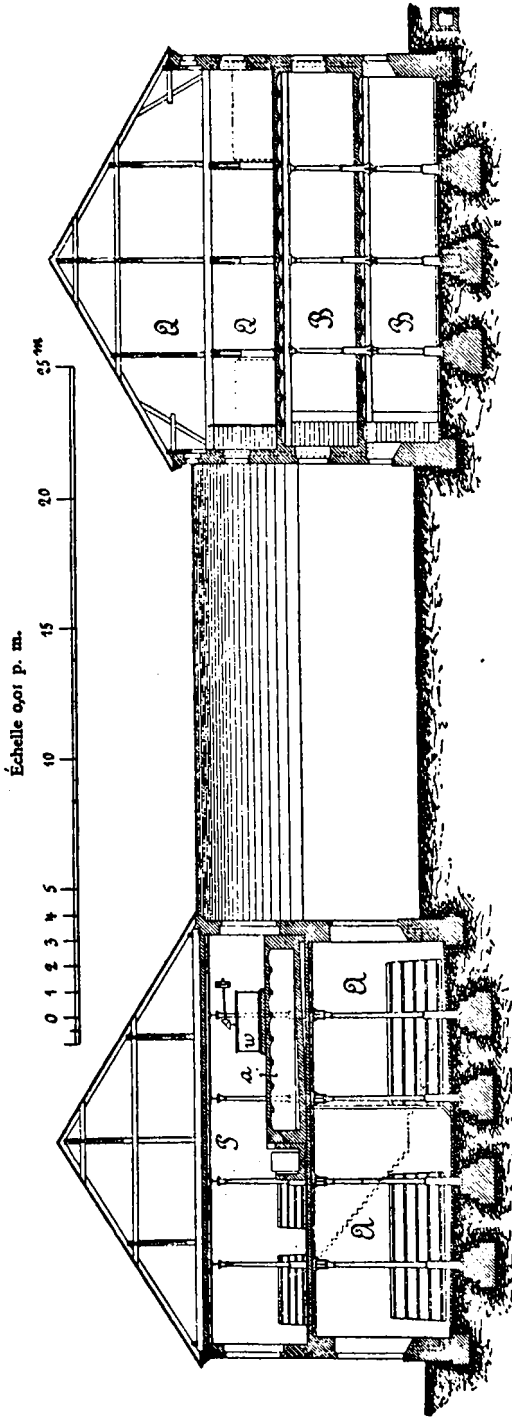
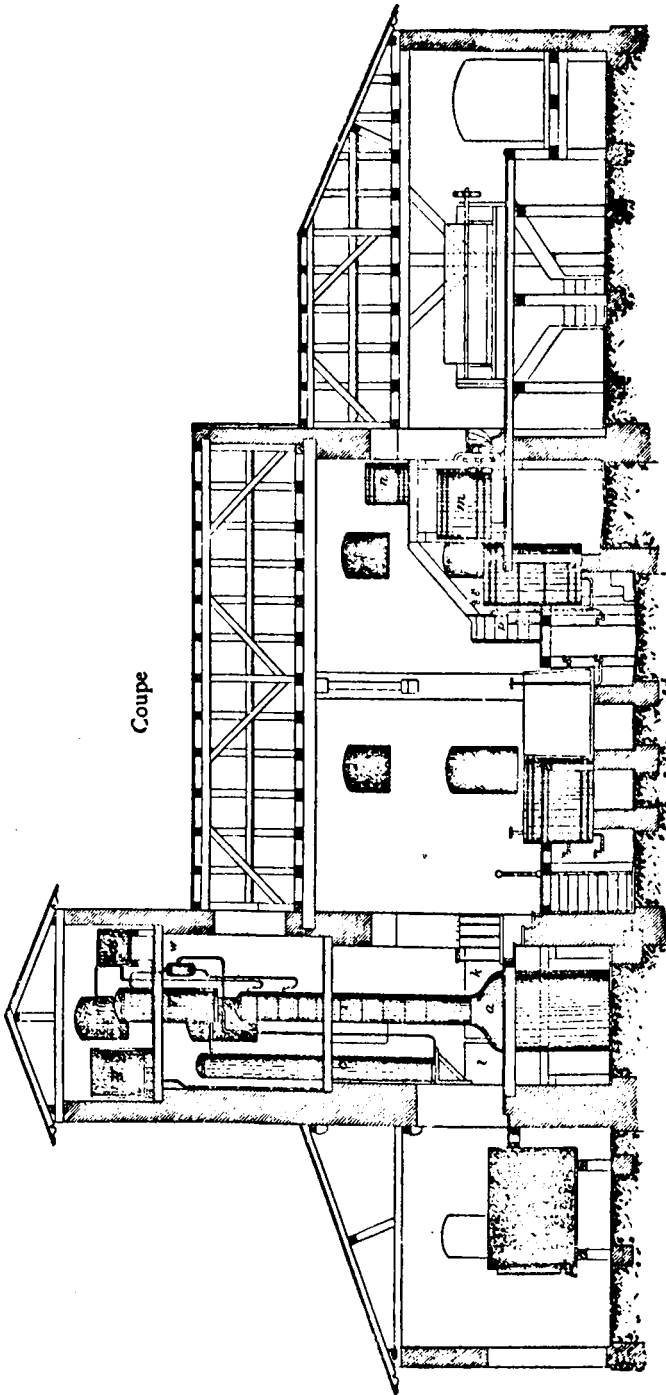


Fig. 237. Distillerie de maïs de Chutorok.



M - 1 : 100



Fig. 238. Distillerie de betteraves à Gattendorf.

## 6. COUPE LONGITUDINALE D'UNE DISTILLERIE DE BETTERAVES

A GATTENDORF, PRÈS DE ZORNENDORF.

(Voir fig. 238.)

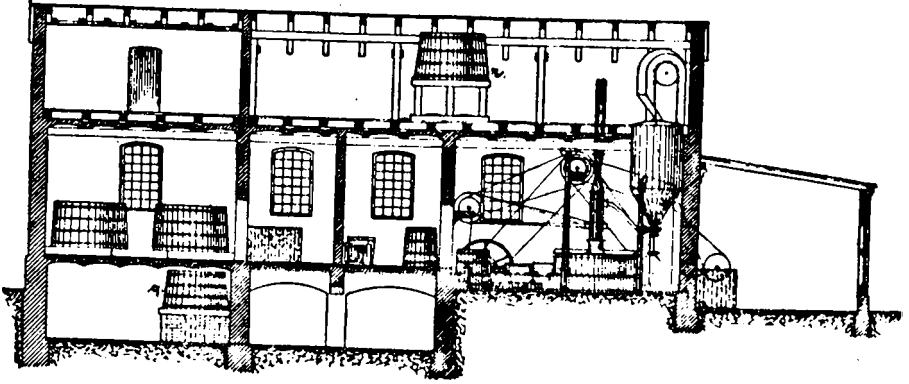
Maercker donne ici le croquis d'une distillerie de betteraves, reproduit d'après un dessin de *Lintner* qui regarde l'usine de Gattendorf comme étant la distillerie de betteraves la mieux disposée qu'il ait visitée en Autriche-Hongrie. Les betteraves sont d'abord montées au faite du bâtiment et tombent ensuite dans la machine à laver du type le plus généralement employé en sucrerie ; elles passent ensuite à la râpe *o* (système Thierry), qui les réduit en une pulpe fine. Immédiatement à côté de la râpe se trouvent 8 macérateurs disposés pour un travail de 15000 kgr. par jour. Le réservoir *m*, situé dans la même salle, est destiné à la vinasse chaude devant servir pour la macération. Le vase *n* contient l'acide sulfurique dont on asperge la pulpe.

Les jus forts, au sortir des macérateurs, sont rassemblés dans le vase *p* et vont de là à la fermentation. Cette opération dure de 17 à 19 heures, puis on distille les vins pour obtenir des flegmes de 30 à 40° Tralles qui sont ensuite rectifiés de manière à obtenir des alcools fins de 92 à 94° Tralles.

### EXPLICATION DE LA FIGURE :

- |  |   |
|--|---|
| <i>a</i> Appareil à distiller Savalle avec régulateur. | <i>ghi</i> Robinets d'eau, de vin, de vapeur. |
| <i>b</i> Rectificateur Savalle avec régulateur.        | <i>k</i> Réservoir de flegmes.                |
| <i>cc</i> Réfrigérant et compteur.                     | <i>l</i> d° à mauvais goût.                   |
| <i>d</i> Monte-Jus.                                    | <i>v</i> Condenseur.                          |
| <i>e</i> Pompe Champonnois.                            | <i>w</i> Analyseur.                           |
| <i>f</i> Distributeur de vapeur.                       | <i>x</i> Réservoir à moût.                    |
|  | <i>y</i> Déflegmateur.                        |

Coupe longitudinale.



Plan.

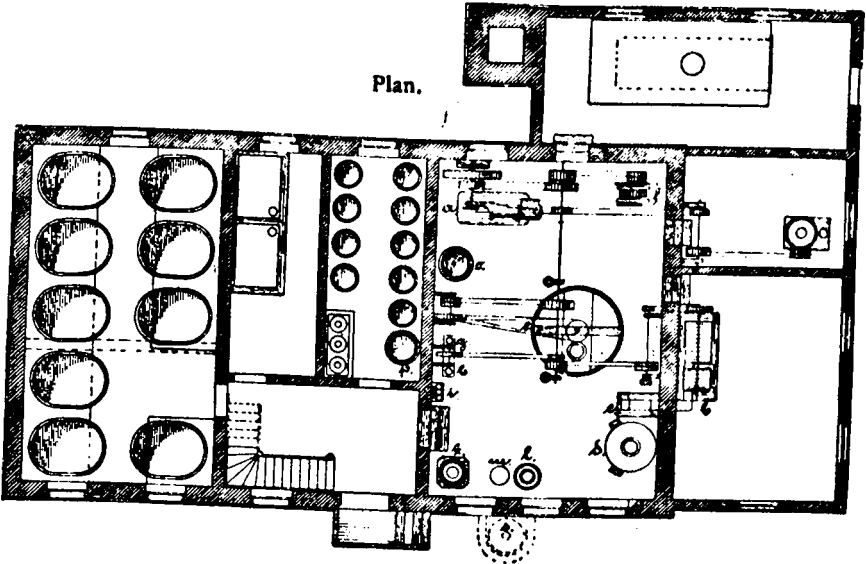


Fig. 239 a.



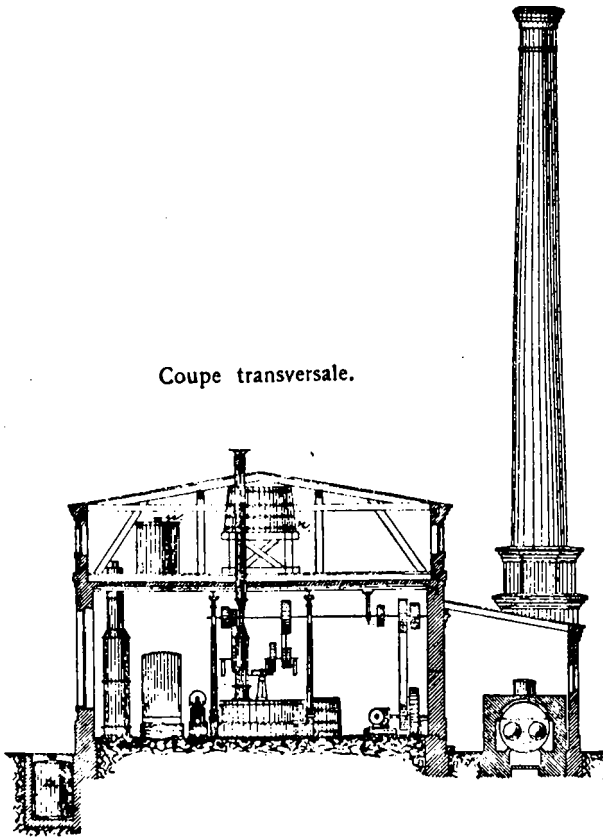


Fig. 239 b.

7. DISTILLERIE DE GOSTKOVO, PRÈS GÖRCHEN (PROVINCE DE POSEN).  
(Voir fig. 239. Usine type de *Camin et Neumann* de Frankfort-sur-Oder.)

La distillerie de Gostkovo est installée pour un travail journalier correspondant à 3 opérations de 30 hectolitres de moût chacune.

La malterie se trouve dans les caves ainsi que le magasin à alcools; au rez-de-chaussée sont situés la fermentation, les cuves de trempé, l'atelier servant à la préparation de la levure et la salle des appareils. A l'étage se trouvent le magasin à pommes de terre et l'atelier de broyage.

Les générateurs à vapeur sont placés sur le derrière.

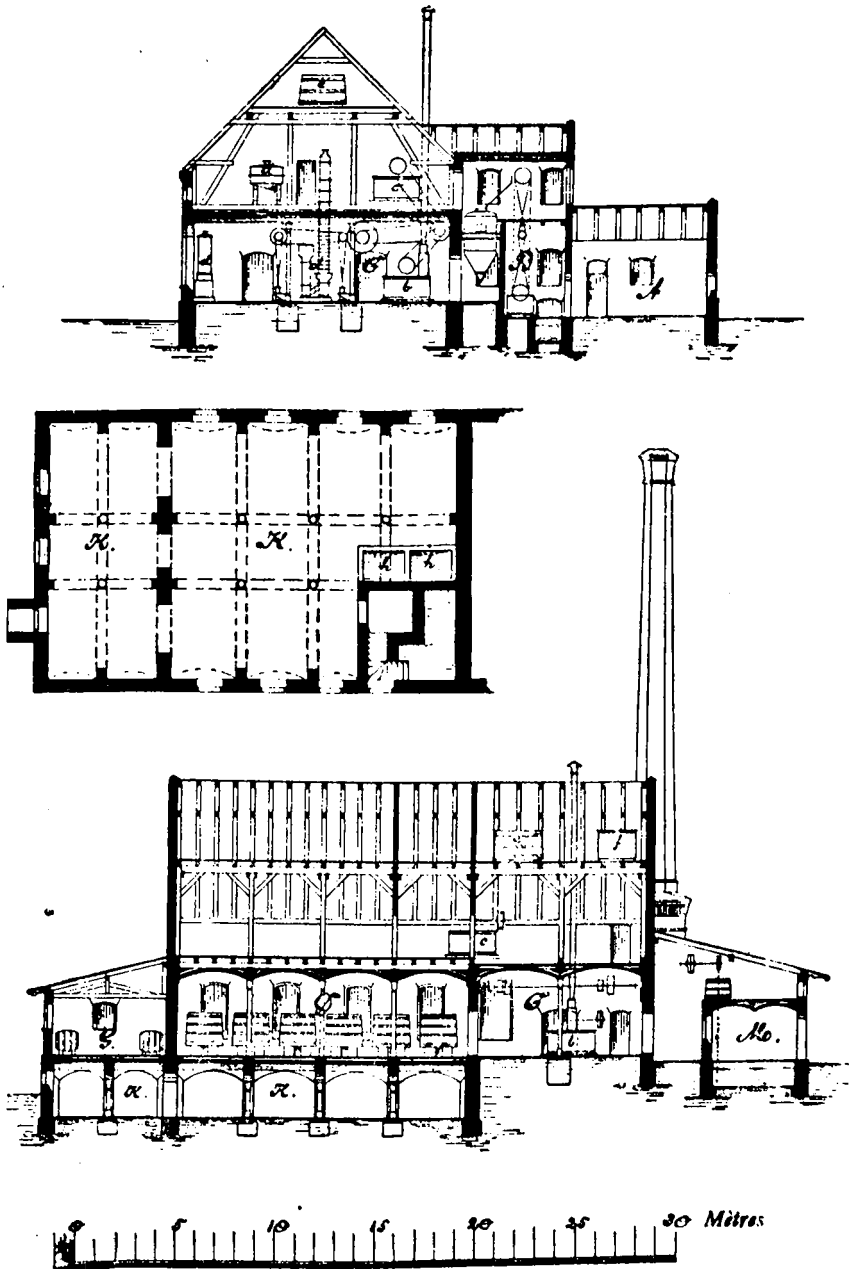


Fig. 240. Distillerie de Gröbzig.

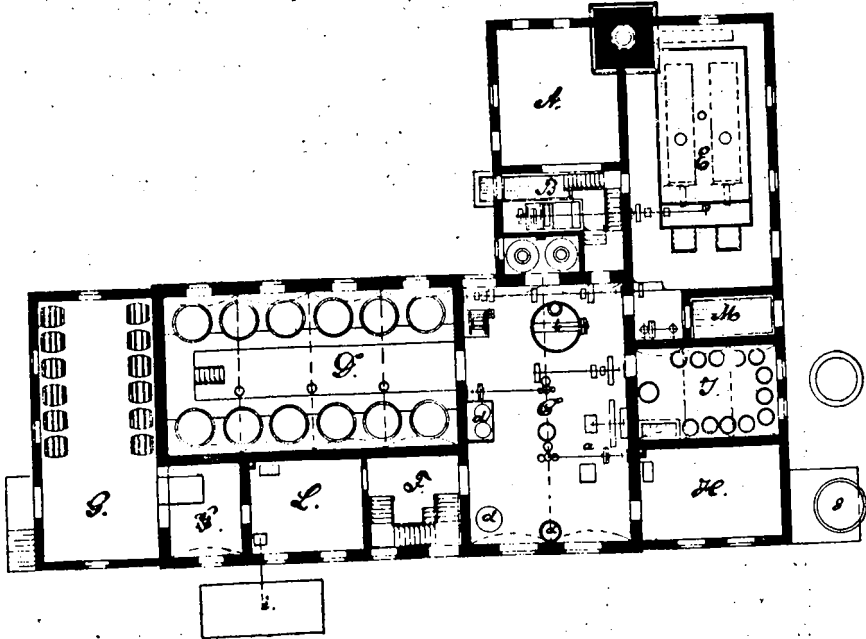


Fig. 241. Distillerie de Gröbzig.

#### 8. DISTILLERIE DE GRÖBZIG.

(Voir fig. 240 et 241. Système des frères Sachsenberg.)

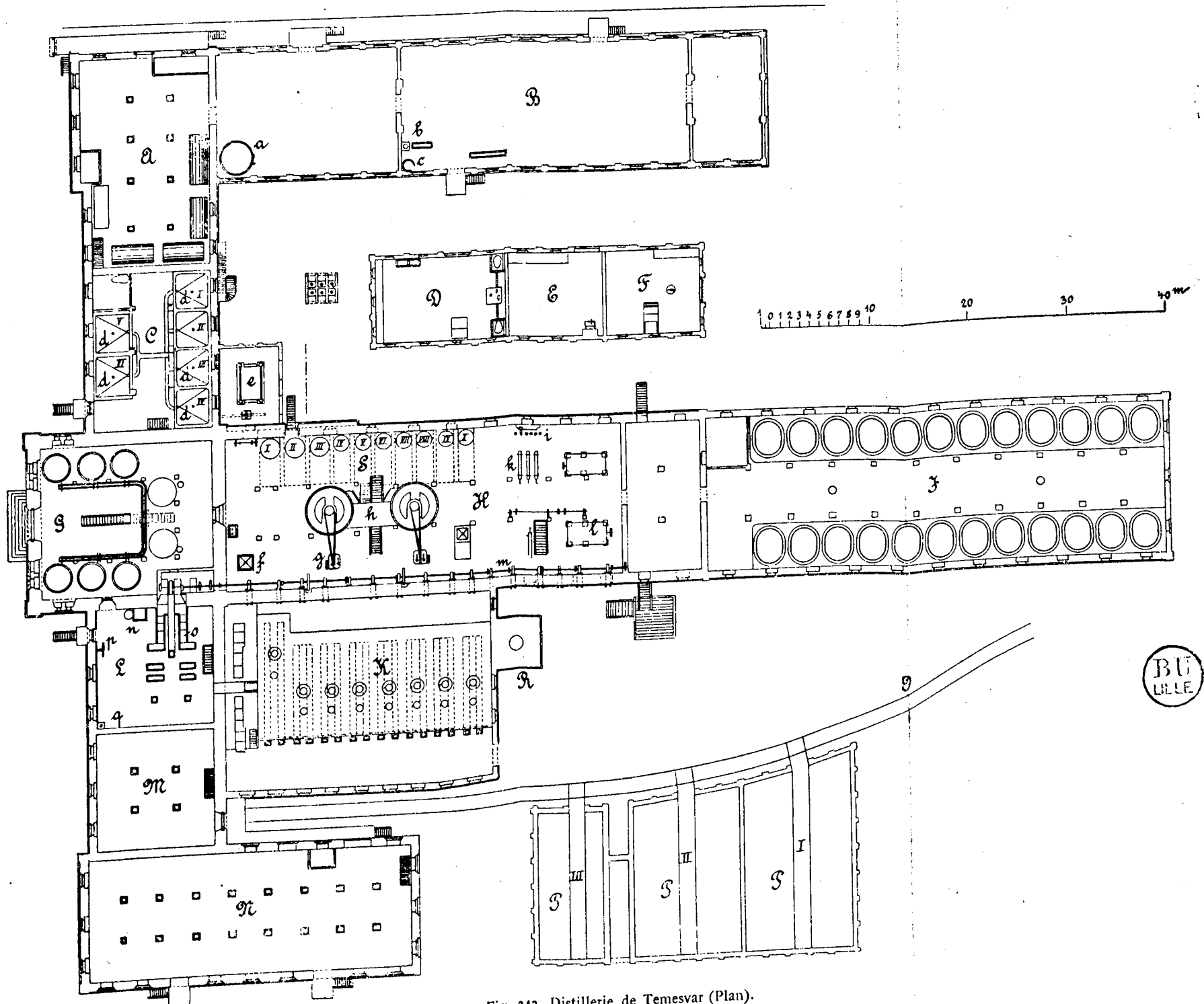
La distillerie de Gröebzig a été installée, en 1884, par les frères *Sachsenberg*, de Rosslau, pour faire par jour 4 opérations de 2700 kgr. de pommes de terre chacune. On y travaille aussi quelquefois ces tubercules mélangés avec de la mélasse ou du maïs. Toutes les salles de la distillerie proprement dite sont formées par des fers reposant sur des colonnes en fonte. Presque tous les bâtiments sont sur caves, lesquelles servent à la malterie *K*, et à la salle des cuves de trempé *h*.

La cave aux pommes de terre *A* est située dans une aile spéciale en rapport immédiat avec l'atelier de lavage *B* qui renferme un escalier pour monter à l'étage supérieur. Les deux cuiseurs Henze sont

aussi dans une salle spéciale en communication avec la salle des machines *C*. La chaufferie n'est séparée du lavage que par une porte, ce qui permet d'employer les chauffeurs à la machine à laver, quand leurs feux ne les occupent pas, et, par suite, d'épargner la main-d'œuvre d'un homme. La chaufferie *E* se compose de deux chaudières à 2 foyers intérieurs. A côté de la chaufferie se trouve le réservoir à mélasse *M*.

La salle des machines contient : une machine à vapeur de 10 à 12 chevaux, l'appareil à distiller d'Ilgès du numéro correspondant à un travail de 15 à 18 hectolitres par heure, la cuve à saccharifier, l'appareil à broyer de Bohm avec son exhausteur, le concasseur à malt avec un distributeur système *Adams*, le réservoir à eau chaude pour l'alimentation et les lavages, et les pompes à jus et à vin, fixées aux colonnes en fonte. Les 2 pompes à eau sont appuyées contre la muraille du réservoir à mélasses *M*, et aspirent l'eau d'un puits situé à l'extérieur, mais tout près des bâtiments. La position de la salle des machines *C*, entre la fermentation *D*, d'une part, et l'atelier à levure, et la chambre du distillateur *J* d'autre part, rend commode et facile la surveillance de toute la fabrication et spécialement de la marche, de l'utilisation et de l'entretien des machines. La salle de fermentation renferme 12 cuves d'une contenance moyenne de 35 hectolitres ; un plancher, avec un escalier, a été établi tout autour de ces cuves et en rend l'accès facile. Les jus saccharifiés, avant d'aller à la fermentation, sont pompés dans la cuve à refroidir *c* qui est située au premier étage.

A l'étage supérieur se trouvent les deux bacs à eau *f*, reliés entre eux, le réservoir à vin *e*, alimenté par les pompes à vin qui l'envoient ensuite à l'alimentateur d'Ilgès. La vinasse qui s'échappe d'une manière continue de la colonne, est envoyée, au moyen d'un monte-jus, dans le réservoir *g*, d'où on la fait couler dans les tonnes servant à la transporter.



BU  
LILLE

Fig. 242. Distillerie de Temesvar (Plan).

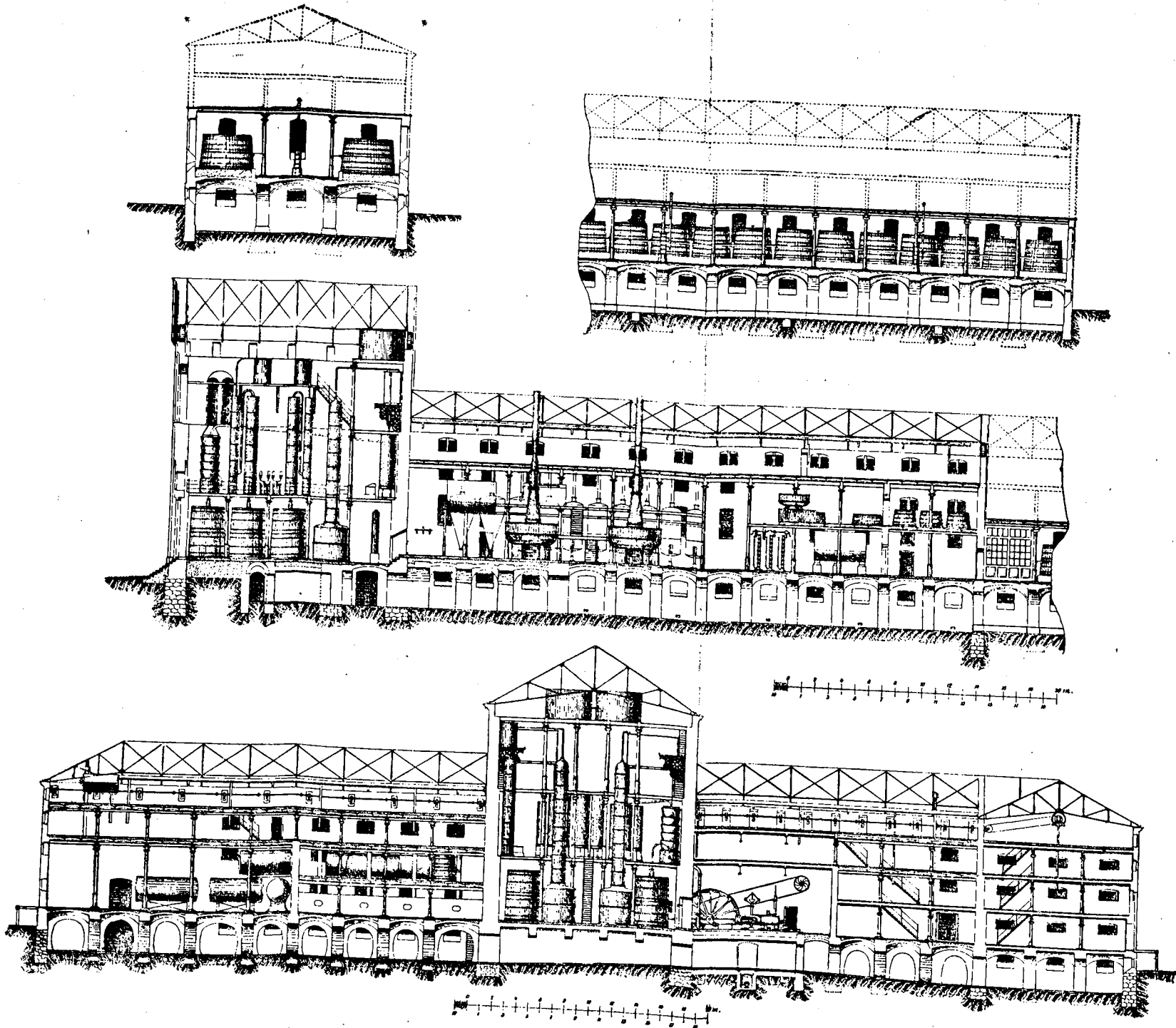


Fig. 243. — Distillerie de Temesvar (Coupe).

9. SOCIÉTÉ DES DISTILLERIE ET RAFFINERIE D'ALCOOL DE TEMESVAR.

(Voir fig. 242 et 243).

La distillerie de Temesvar est une des mieux installées de toute la Hongrie qui possède de nombreuses distilleries d'une importance dont on ne se fait pas une idée en Allemagne. C'est surtout le maïs qu'on emploie comme matière première. Il y a des usines qui produisent jusqu'à 400 hectolitres de 3/6 par jour.

Les drèches provenant de maïs sont employées à l'engrais du bétail et dans certaines distilleries on a jusqu'à 3000 bœufs à l'engrais.

Depuis l'année 1885 où l'ancien système d'impôt a été remplacé par un droit de fabrication, on a dû changer le procédé qui consistait à travailler aussi vite que possible. On travaille actuellement à 15 à 16° sacch. Les cuiseurs et les appareils à saccharifier les plus perfectionnés de *Paucksch*, *Ellenberger*, *Eckert* etc., sont employés dans presque toutes les distilleries. La durée de la fermentation est de 40 à 48 heures, et le rendement en alcool varie entre 30 et 34 litres d'alcool pur par 100 kgr. de maïs.

En outre de la distillerie de *Temesvar*, il faut encore citer comme devant figurer au premier rang, la fabrique de *Raab*, inaugurée pendant l'été de 1885 et celle des frères *Neumann* à Axad. Pesth possède aussi plusieurs distilleries des mieux installées.

Nous donnons dans les figures 242 et 243, le plan de l'usine de Temesvar, et voici l'explication de ces figures :

- |   |   |
|---|---|
| A Magasin à alcool, renfermant le bac <i>a</i> .                      | <i>l</i> Réservoir à moût,                |
| B Tonnellerie.  | <i>m</i> Arbre de couche.                 |
| C Atelier de trempage de l'orge avec les cuves-mouilloires <i>d</i> . | <i>j</i> Cuverie.                         |
| D Chaudronnerie.  | <i>S</i> Batterie de cuiseurs.            |
| E Tours.  | <i>L</i> Salle des machines, renfermant : |
| F Forge.  | <i>n</i> Collecteur de vapeur.            |
| G Salle des appareils.  | <i>o</i> Machines à vapeur jumelles.      |
| H Salle de saccharification dans laquelle figurent :                  | <i>p</i> Pompe à eau de réserve.          |
| <i>f</i> Élévateur.   | <i>q</i> Compteur à gaz.                  |
| <i>g</i> Transmission.  | <i>M</i> Magasin à maïs.                  |
| <i>h</i> Saccharificateurs.   | <i>N</i>                                  |
| <i>i</i> Pompes.  | <i>P</i> I, II, III. Magasins à charbon.  |
| <i>k</i> Réfrigérants.  | <i>O</i> Voie ferrée.                     |
|   | <i>R</i> Cheminée.                        |

10. LABORATOIRE POUR L'INDUSTRIE DE L'ALCOOL A L'ÉCOLE  
SUPÉRIEURE D'AGRICULTURE DE BERLIN.

Ce laboratoire, qui n'a pas moins coûté de 15000 francs, est dû à la générosité du gouvernement allemand qui l'a mis à la disposition du syndicat des distillateurs. Il est placé sous la direction de *M. Delbrück* et sert aussi aux brasseurs et aux amidonniers. Ceux-ci se sont d'ailleurs joints au syndicat des distillateurs, qui se compose maintenant de 3 sections :

section n° 1 pour l'industrie de l'alcool.

section n° 2 pour la brasserie.

section n° 3 pour la fabrication de l'amidon.

L'auteur saisit cette occasion pour dire que c'est grâce à l'habile direction de son président, *M. Kiepert*, que le syndicat a pris une si grande extension et a vu s'accroître le nombre de ses membres de 122 à 2000. Ce syndicat, dont la puissance augmente tous les jours, peut regarder avec satisfaction le chemin parcouru depuis 25 ans, car il est aujourd'hui le plus prospère d'Allemagne ; il est utile non-seulement à ses membres, mais d'une manière plus générale aux constructeurs de machines, etc., etc.

La laboratoire du syndicat des distillateurs est disposé de la manière suivante :

Au premier étage se trouvent le laboratoire proprement dit et les bureaux.

Au rez-de-chaussée se trouvent les salles destinées aux études.

Le sous-sol renferme les pièces destinées aux autres usages.

*Premier étage.* On entre dans le bâtiment par la porte nord et l'on monte au premier étage par un bel escalier de granit. L'employé préposé à l'emballage et à l'expédition des instruments de précision (n° 7), conduit les visiteurs à travers le laboratoire. Au N° 9 est la caisse ; au N° 8 se trouve le bureau de rédaction. C'est là que l'on peut obtenir tous les renseignements concernant l'industrie agricole ; là, que se traitent les questions qui y ont trait, et que les publications du syndicat sont rédigées. A la droite de la caisse se trouve le cabinet du premier directeur, attenant à la grande salle qui sert en même temps de bibliothèque et de lieu de réunion (N° 10). On arrive ensuite aux numéros 12, 13, 14 et 15, où sont installés les laboratoires.

Le premier directeur a son laboratoire au n° 12 ; le sous-directeur a le sien ainsi que son cabinet au n° 13. Le n° 15 est le laboratoire des aides chimistes au nombre de 6. Le n° 14 est destiné aux gros ouvrages.



Les laboratoires sont établis suivant toutes les règles des installations modernes ; ils sont munis de tables de travail, de conduites d'eau et de gaz, d'évacuateurs des gaz nuisibles et de broyeurs actionnés par des moteurs hydrauliques et destinés à pulvériser les matières soumises à l'analyse. Une spécialité à citer est le réservoir d'eau servant à maintenir une température constante, ce qui est indispensable pour les études relatives à la production de la levure, la fermentation et l'action de la diastase.

*Rez-de-chaussée.* Le rez-de-chaussée est destiné aux études proprement dites. Le sympathique directeur du syndicat des fabricants d'alcool allemands, le professeur Delbrück, a organisé, déjà depuis plusieurs années, des cours à l'usage des distillateurs, patrons et contre-mâtres, qui ont produit les meilleurs effets. Les auditeurs

de ces cours apprennent à se servir des instruments qui sont nécessaires pour suivre et contrôler la fabrication ; ils sont initiés aux manipulations chimiques et se familiarisent avec l'emploi du microscope qui joue un rôle si important dans le contrôle du travail. Ils suivent, en

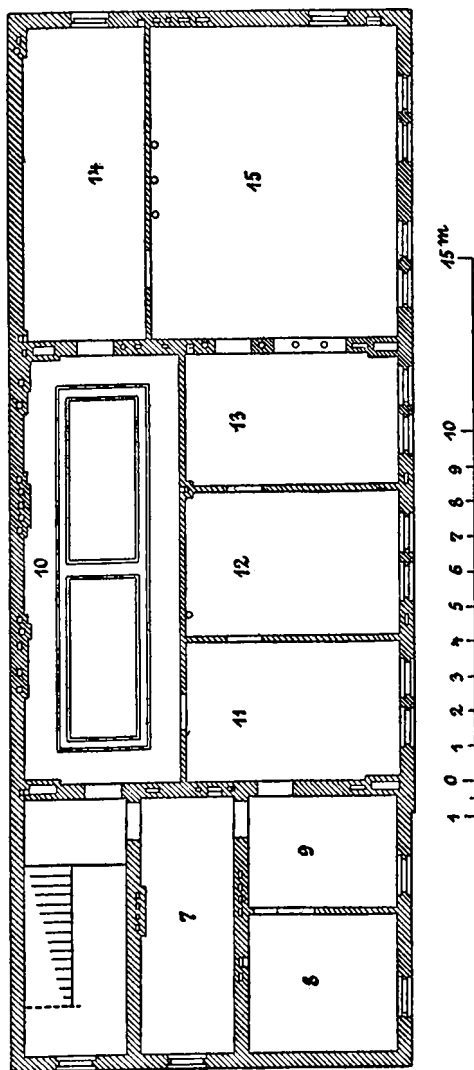


Fig. 244. Premier étage du laboratoire du syndicat des distillateurs allemands à Berlin.

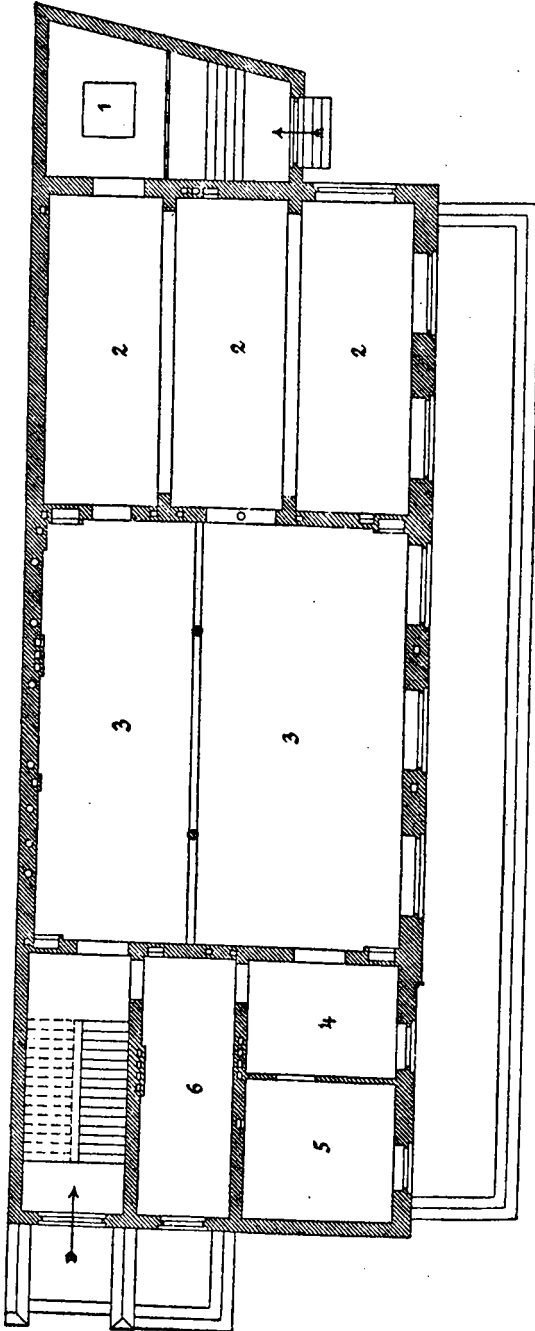


Fig. 245. Rez-de-chaussée.

outre, des cours de chimie, de physique et de technologie. Grâce à ces cours et à ces travaux de laboratoire, on arrive à former des agents intelligents et instruits et à intéresser les propriétaires de distilleries; résultat qui a eu lui-même pour effet de donner un grand essor à l'industrie de la distillerie.

Une grande partie du rez-de-chaussée est occupée par la salle de conférences; elle est disposée en amphithéâtre pour que les auditeurs les plus éloignés des professeurs puissent cependant bien voir les expériences. Elle est éclairée par trois grandes fenêtres. Cette salle peut contenir 80 personnes et est disposée de façon à pouvoir aussi ser-

vir aux manipulations, à des expériences au microscope et à des exercices de dessin.

Le laboratoire des élèves (3) est attenant à la salle des conférences et a une disposition différente de celle des autres laboratoires. Partant de ce point de vue que l'étude de la fermentation exige des connaissances se rattachant autant à la botanique qu'à la chimie et nécessairement, par suite, l'emploi constant du microscope, on a mis près des grandes fenêtres des tables à microscope, tandis que les tables à manipulation sont reculées plus à l'intérieur de la salle.

Le laboratoire contient 24 places, mais peut à la rigueur servir pour 48 élèves. Les pièces avoi-

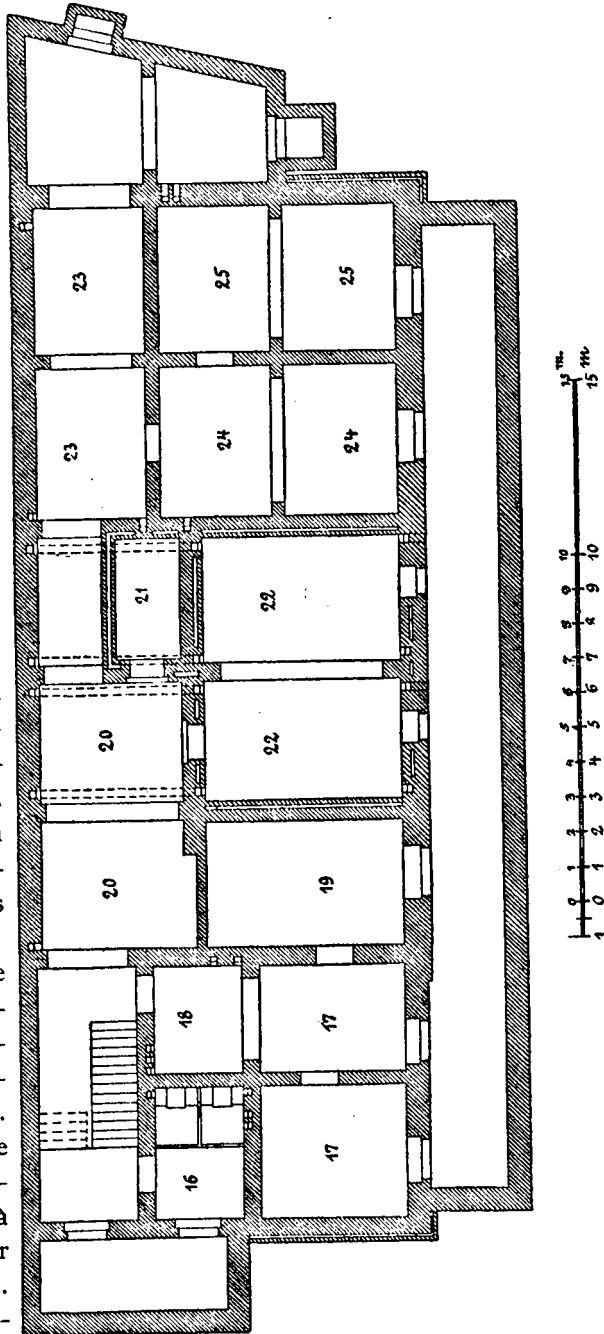


Fig. 246. Sous-sol.

nantes sont destinées : le n° 4, aux balances de précision ; le n° 5, aux appareils à distiller ; le n° 6, enfin, aux broyeurs et autres appareils à pulvériser.

Dans le croquis que nous donnons de ce rez-de-chaussée,

- le n° 1 représente le vestiaire,
- le n° 2 » les salles d'étude,
- le n° 3 » le laboratoire des élèves et la salle des conférences,
- le n° 4 » la salle des balances,
- le n° 5 » la salle des appareils à distiller,
- le n° 6 » la salle des broyeurs.

*Sous-sol.* Le sous-sol renferme l'habitation du portier, la cave à charbon (23) et une malterie d'essai ayant 122 mq. de surface (22). Toutes les murailles de cette malterie sont à parois doubles ainsi que le plafond. Le sol est revêtu de belles dalles carrées. Tout a été combiné pour que l'écoulement de l'eau et la ventilation s'opèrent facilement.

A côté de la malterie se trouve un refroidisseur, qui consiste en une pièce à doubles parois munies de doubles portes, etc., disposée, en un mot, de façon à obtenir, même en été, une température aussi basse que possible.

Les n° 24 et 25 sont occupés par la verrerie où l'on fabrique tous les instruments nécessaires à la conduite et le contrôle de la fermentation, c'est-à-dire les thermomètres, densimètres, alcoomètres, etc., qui sont livrés aux membres de l'Union. Cette verrerie a été créée pour éviter aux distillateurs l'achat d'instruments souvent inexacts et arriver à uniformiser les instruments de pesage et de mesure. On peut se faire une idée de son importance, quand on saura qu'elle livre annuellement pour 40000 francs environ d'instruments aux membres du syndicat.

Le croquis du sous-sol est donné à la page précédente :

- le n° 16 représente les cabinets,
- les n° 17, 18 et 19 représentent l'appartement du personnel de service.
- le n° 20 représente un corridor,
- le n° 21 » la chambre à refroidir,
- le n° 22 » la malterie,
- le n° 23 » le magasin à charbon,
- le n° 25 » la verrerie.

## CHAPITRE XII.

# DE LA VINASSE OU DRÛCHE AU POINT DE VUE DE L'ALIMENTATION.

Le résidu de la distillation est le vin dépouillé de l'alcool qu'il contenait, c'est-à-dire la *vinasse* ou *drèche* qui renferme tous les éléments du jus saccharifié, moins les hydrates de carbone (amidon ou sucre) qui se sont transformés en alcool pendant la fermentation. Comme les matières azotées, grasses et minérales des moûts ne sont pas altérées par la fermentation et se retrouvent dans la vinasse, celle-ci a de la valeur comme produit pouvant servir à l'alimentation des bestiaux.

Nous donnerons maintenant les analyses les plus autorisées des différentes sortes de *vinasses*, en faisant remarquer, toutefois, qu'elles ne doivent être prises que comme types, les vinasses de pommes de terre, de seigle, de maïs ou de mélasse variant dans leur composition et ayant aussi, par suite, des valeurs nutritives bien différentes :

### I. *Vinasse de pommes de terre.*

Expérimentateurs	Eau	Matières minérales	Matières azotées	Cellulose	Matières non azotées	Corps gras
Kuhn	—	—	0,8	0,5	1,1	0,1
	—	—	1,6	1,4	4,6	0,23
	95,0	0,5	1,0	0,6	2,8	0,15
Wolff	94,8	0,6	1,0	0,6	3,0	0,1
	91,9	0,6	1,5	0,9	4,9	0,2
De Gohren	95,0	0,5	1,0	0,6	2,8	0,15
K. Hoffmann	96,2	0,4	1,9	—	1,5	—
Hellriegel	95,0	0,5	1,0	0,7	2,6	0,14
Grouven	95,0	0,4	1,3	0,5	2,6	0,18
Ritthausen	92,9	0,8	1,4	0,8	4,14	—
Moser	96,0	0,4	0,8	1,4	1,13	0,23
Dietrich et Koëinig	92,0	0,4	0,8	0,5	1,13	0,14
	96,2	0,8	1,9	1,4	2,64	0,23
	95,0	0,5	1,3	0,9	2,17	0,18

Il est clair, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, que l'emploi aveugle de ces chiffres, comme bases pour la détermination de la valeur nutritive des drèches, donnerait lieu aux plus graves erreurs. Nous indiquerons plus loin dans un paragraphe spécial une méthode sûre pour établir cette valeur.

Voici une analyse faite sur 2 échantillons de vinasses de pommes de terre par *E. Schultze* et *M. Maercker*. (*Journal für Landwirtschaft* 1872, pages 198 et 199).

D'après cette analyse 1 litre de vinasse contient :

Matières solubles .....	53,314 gr.	33,718 gr.
soit : Matières azotées.....	3,796	2,687
Matières minérales.....	6,794	4,713
Sucre.....	9,970	2,607
Dextrine et autres corps non azotés	32,754	23,711
Matières insolubles .....	28,234 gr.	28,070 gr.
soit : Matières azotées.....	8,364	8,088
Amidon.....	2,916	2,004
Corps gras.....	0,824	0,642
Matières minérales.....	1,900	2,282
Cellulose et corps analogues.....	15,130	12,054
Matières solides contenues dans le litre.....	81,548 gr.	61,788 gr.

*Behrend* et *Morgen* ont fait, au laboratoire de la station expérimentale de Halle, une analyse plus conforme aux méthodes de la chimie analytique moderne :

	Proportion entre les quantités de moût et de vinasse = 1000 : 1200		Proportion entre les quantités de moût et de vinasse = 1000 : 1400	
	21 avril 1879	22 avril 1879	21 avril 1879	22 avril 1879
Eau.....	93,60	93,99	94,52	94,84
Corps gras.....	0,11	0,18	0,09	0,16
Cellulose.....	0,60	0,60	0,51	0,51
Cendres.....	0,78	0,78	0,66	0,67
Albumine.....	0,97	1,16	0,83	0,99
Amides.....	0,33	0,39	0,29	0,34
Matières extractives non azotées.	3,61	2,90	3,09	2,49

La fermentation de l'essai du 21 avril était tombée à 2,2° du saccharomètre, celle du 22 avril à 1,6°.

*E. de Wolff* a obtenu de 100 parties de drèche sèche, de pommes de terre, 9,46 de cendres, se décomposant à peu près comme suit ;

	9,46 parties de cendres		soit en centièmes
environ :	4,237 parties de potasse.....	environ	44,79 %
	0,725 » de soude.....	—	7,66
	0,492 » de chaux.....	—	5,20
	0,806 » de magnésie.....	—	8,52
	0,165 » d'oxyde de fer.....	—	1,74
	1,846 » d'acide phosphorique.....	—	19,51
	0,671 » d'acide sulfurique.....	—	7,09
	0,512 » de silice.....	—	3,30
	0,267 » de chlore.....	—	2,82

Il ressort de ces chiffres que les cendres des vinasses constituent un aliment riche en potasse, contenant une proportion notable d'acide phosphorique et pauvre en chaux.

### II. *Vinasse de seigle.*

	J. Kühn			E. Wolff	Kreusler.		Dietrich
	minim.	maxim.	moyenne				
Eau.....	86,8	95,7	90,1	91,0	95,60	93,96	90,38
Matières minérales..	—	—	0,5	0,5	0,28	0,40	0,63
Matières azotées...	1,0	2,3	2,0	1,9	1,02	1,53	1,92
Cellulose.....	0,3	1,6	0,9	1,0	} 3,10	} 4,41	} 6,06
Mat.ext.non azotées	2,6	8,8	5,9	5,2			
Corps gras . ....	0,3	1,6	0,9	0,3			

Maercker et *E. Schulze* ont déterminé les quantités de matières solubles contenues dans les vinasses de seigle. Les deux analyses que nous donnons ci-dessous ont été faites sur des vinasses provenant, la première, d'un moût ayant servi à la fabrication de la levure et qui, par suite, était presque totalement dépouillé de ce ferment ; la deuxième, d'un moût dont on n'avait pas retiré la levure.

Un litre renfermait :

	Échantillon N° 1	Échantillon N° 2.
Matières solubles.....	36,789 gr. = 3 <sup>o</sup> ,6 sacch.	30,781 = 3 <sup>o</sup> , 1 sacch.
à savoir : Albumine.....	7,206 gr.	6,829 gr.
Sucre.....	3,847 »	2,842 »
Dextrine.....	10,217 »	9,756 »
Matières minérales..	2,551 »	2,443 »
Autres corps.....	12,968 »	8,911 »
Matières insolubles....	26,759 »	—
sur lesquelles : Albumine....	3,801 »	—
Matières solides totales	63,548 gr.	—

### III. Vinasse de maïs.

ANALYSES DE :	J. KÜHN			LENZ.	E. WOLF.
	minimum	maximum	moyenne		
Eau.....	89,0	92,2	90,6	92,2	90,6
Matières minérales.....	—	—	0,5	0,6	0,4
Matières azotées.....	1,9	2,0	2,0	2,0	1,8
Cellulose.....	0,6	1,3	1,0	0,7	1,0
Matières extractives non azotées	9,8	6,0	4,9	3,9	5,3
Corps gras.....	0,8	1,2	1,0	0,9	1,0

### IV. Vinasse de mélasse.

	J KÜHN			R. HOFFMANN	DIETRICH		
	minim.	maxim.	moyenne				
Eau.....	90,2	93,6	92,0	93,6	90,2	92,1	91,4
Matières minérales.....	—	—	1,7	0,28(?)	1,9	2,2	1,7
Matières azotées.....	1,2	3,0	1,7	1,8	2,1	3,0	1,4
Matières extractives non azotées	2,7	5,8	4,6	4,0	5,8	2,7	5,5

Voici d'après *E. de Wolff* la composition de 100 parties de cendres provenant de vinasses de mélasse et libres d'acide carbonique :

Potasse.....	78,64
Soude.....	10,41
Chaux.....	1,07
Oxyde de fer.....	3,06
Acide phosphorique.....	0,75
Acide sulfurique.....	1,28
Silice.....	0,16
Chlore.....	4,45

### I. PRINCIPES SERVANT A DÉTERMINER D'UNE FAÇON RATIONNELLE LA VALEUR DES DRÊCHES.

On avait l'habitude jusqu'ici de calculer la valeur des produits alimentaires en prenant pour bases les chiffres provenant de moyennes, établies d'après un grand nombre d'analyses. On réagit maintenant contre cette manière d'opérer depuis que *Julius Kühn* a démontré qu'elle était la source des plus grossières erreurs, ce qui est surtout vrai pour les drèches dont la composition est si variable.

C'est ce qu'un exemple tiré des analyses précédentes rendra très clair.



Considérons, par exemple, la composition des vinasses de pommes de terre, nous trouvons les proportions d'eau suivantes, en prenant les limites maxima et minima :

R. Hoffmann.....	96,2 % d'eau.
E. de Wolff.....	91,9 »

A première vue, il semble n'y avoir entre les chiffres qu'une différence bien peu importante de 4,3 % d'eau ; mais, en allant au fond des choses, on se rend compte aisément que la première vinasse renferme seulement sur 100 parties 3,8 parties de substances sèches alors que la deuxième en renferme 8,1, ce qui revient à dire *qu'elle ne contient pas la moitié des matières nutritives de cette dernière* (en supposant les matières sèches des deux vinasses, composées d'éléments identiques). Le calcul exact montrerait que 47 litres de la vinasse contenant 8,1 % de matières sèches auraient la même valeur pour l'alimentation des animaux que 100 litres de celle qui n'en contient que 3,8 %.

Il faut donc s'abstenir de calculer la valeur nutritive des drèches en prenant pour bases les chiffres moyens de diverses analyses.

Les causes de variations dans la composition des vinasses sont les suivantes :

1° *La composition des pommes de terre.* Ainsi que nous l'avons expliqué, les pommes de terre pauvres en amidon contiennent autant de matières azotées et d'autres substances nutritives que celles qui sont riches en matières amylacées ; il s'en suit donc que si, avec des pommes de terre riches en amidon et avec des tubercules pauvres, on fait des jus renfermant la même quantité de sucre, ceux-ci auront une composition absolument différente.

2° *L'intensité de la fermentation.* Il va de soi qu'une fermentation plus ou moins bonne influe sur la composition et la valeur des vinasses, puisque la fermentation se fait aux dépens des hydrates de carbone, dont la valeur nutritive est considérable.

3° La concentration des moûts.

4° La quantité de malt ajoutée.

5° La quantité d'amidon saccharifiable produite dans les appareils cuiseurs.

6° La formation de produits secondaires, comme l'acide lactique, l'acide butyrique, etc., qui ont une valeur nutritive.

La plupart de ces causes, du moins les 4 premières, peuvent être étudiées et l'on doit en tenir compte quand on veut déterminer, d'une façon rationnelle, la valeur nutritive des drèches.

Voici d'ailleurs les éléments qu'il faut connaître pour établir logiquement la valeur d'une drèche de pommes de terre :

A. *La composition des pommes de terre ayant servi à la préparation du moût.*

Ainsi que nous venons de le rappeler, c'est la teneur en amidon qui varie principalement dans les pommes de terre, et cette teneur en amidon peut être déterminée dans chaque distillerie d'une manière bien suffisante pour la pratique au moyen du poids spécifique des tubercules qu'on emploie. Les autres éléments varient aussi un peu, il est vrai, mais dans des limites plus étroites. C'est ainsi que *Morgen* a trouvé que les matières azotées variaient entre les limites suivantes :

Minimum.....	1,43 %
Maximum .....	2,44 %
Moyenne .....	2,20 %

Ainsi donc, que les pommes de terre soient riches ou pauvres en amidon, on peut admettre pour la quantité de matières azotées qu'elles contiennent, les moyennes provenant de plusieurs analyses.

Voici en somme quelle serait la composition moyenne des pommes de terre :

Amidon .....	X %
Matières azotées.....	2,2 %
Graisses.....	0,2
Cellulose.....	0,7
Matières minérales.....	1,1
Matières non azotées et non fermentes- cibles.....	0,7

B. *La composition du malt ayant servi à la saccharification ou à la préparation du levain.*

Pour avoir cette composition, il faut se rapporter à celle de l'orge, en tenant compte des hydrates de carbone qui ont été détruits par la germination. On n'a pour cela qu'à évaluer la proportion d'amidon un peu au-dessous de ce qu'elle est réellement. L'orge contenant 60 à 65 % d'amidon, en admettant 60 % d'amidon on serait dans le vrai pour le malt. La composition du malt serait alors la suivante :

Humidité.....	14,3 %
Albumine.....	10,0
Corps gras.....	2,3
Amidon.....	60,0
Matières extractives non azotées.....	3,4
Cellulose.....	8,5
Matières minérales.....	1,5
	100,0 %

*C. Le degré de chute du vin.*

Il reste naturellement, dans les vinasses, moins d'hydrates de carbone après une bonne fermentation qu'après une mauvaise. On peut admettre, en moyenne, que sur 100 parties d'amidon d'un jus mis en fermentation à 20° sacch., il en reste les proportions suivantes après fermentation :

- Après une bonne fermentation, tombée de 1 à 1,5° sacch.... 15 %
- Après une fermentation moyenne, tombée de 1,5 à 2° sacch.... 25 %
- Après une fermentation mauvaise, tombée de 2 à 4° sacch..... 30 %

Il est clair que ces données n'ont une signification que pour un moût d'une concentration déterminée, car une certaine chute comme par exemple 2° sacch., doit être jugée différemment quand elle se produit après une mise en fermentation à 16° sacch., que si le moût avait 22° avant fermentation. Dans le premier cas la fermentation aurait été mauvaise, dans le deuxième on devrait la regarder au moins comme assez bonne.

Il faut ajouter aussi que tout l'amidon qui est transformé, ne l'est pas uniquement en alcool ; il donne aussi naissance à des produits secondaires, parmi lesquels il faut citer l'acide lactique, l'acide acétique dont la valeur nutritive ne doit pas être négligée, quoiqu'elle n'ait pas la même importance que celle de l'amidon. Aussi, Maercker préconise-t-il la méthode de calcul suivante. Déterminer la quantité d'hydrates de carbone restant dans le vin après fermentation et se retrouvant dans la vinasse, d'après le rendement en alcool obtenu par kgr. d'amidon, mais en corrigeant ce chiffre de manière à tenir compte de la valeur nutritive des produits secondaires.

En prenant comme chiffres de rendements ceux que nous avons indiqués précédemment, *voici, en somme, quelle est la proportion d'amidon qu'on devra regarder comme étant passée dans la vinasse :*

Rendement par 100 kilogrammes d'amidon :			
60 litres d'alcool à 100°.....			10 %
55     d°                   d° .....			15 %
50     d°                   d° .....			20 %

L'application de ces données dans la pratique est des plus simples ; si, par exemple, on a mis en œuvre 600 kgr. d'amidon et que le rendement obtenu ait été de 55 L. par 100 kil., on pourra admettre que 90 kilos d'amidon ont passé dans les vinasses et doivent être comptés comme matières nutritives non azotées.

*D. Le rapport entre le volume d'encuvage et celui des vinasses.*

Il ne faut pas non plus, à ce point de vue, se baser sur des moyennes, car un volume déterminé de moût ne correspond pas toujours à une même quantité de vinasse, dont le volume varie suivant la plus ou moins grande quantité de vapeur employée pendant la distillation.

L'auteur avait indiqué, dans les éditions précédentes, le rapport du volume du moût à celui de la vinasse comme étant de 1000 à 1200 quand on a à faire à des appareils à distiller bien construits, et de 1000 à 1400 quand ces appareils sont mal construits, mais il a pu reconnaître, depuis, que l'augmentation de volume pendant la distillation n'était pas aussi forte. 100 litres de moût ne produisent, en effet, que 118 litres de vinasse, quand ils sont distillés dans l'appareil d'Ilgès ; 116,5 dans celui de Bohm ; 113 dans celui de Christoph. On voit donc qu'en employant les appareils à distiller les plus perfectionnés, on obtient un volume de vinasse à peine supérieur à celui du moût. On sera donc sûr de ne pas se placer, dans un calcul, dans des conditions trop avantageuses en admettant que 1000 litres de moût correspondent à :

1100 litres de vinasse quand l'appareil à distiller est très perfectionné.

1300 litres de vinasse quand l'appareil est moins perfectionné.

Appliquons les préceptes que nous venons de développer à un cas particulier.

Supposons, par exemple, qu'on ait employé 3000 kgr. de pommes de terre à 20 % d'amidon et 120 kgr. d'orge (soit 4 kgr. d'orge par 100 kgr. de pommes de terre) à la préparation de 4000 litres de moût, et qu'on ait obtenu un rendement de 55 L. d'alcool pur par 100 kilos d'amidon. Supposons aussi que l'appareil à distiller soit assez bien construit et que 1000 litres de moût correspondent à 1200 litres de vinasse.

Voici en prenant pour base les analyses moyennes données pré-

cédemment pour les pommes de terre et l'orge, quels seront les éléments solides contenus dans le moût :

	Matières azotées	Corps gras	Amidon	Mat. extract. non azotées	Cellulose	Matières minérales
3000 kgr. de pommes de terre contiennent	66,0	6,0	600,0	21,0	21,0	33,0
120 kgr. d'orge renferment.....	12,0	2,8	76,1	—	10,2	1,8
Total.....	78,0	8,8	676,1	21,0	31,2	34,8

Toutes ces matières se retrouvent dans la vinasse à l'exception de l'amidon, dont il ne reste que 15 %, d'après ce que nous avons dit plus haut. Par conséquent, les 4800 litres de vinasse qui proviennent des 4000 litres de moût, renferment:

Matières azotées	Corps gras	Amidon	Mat. extractives non azotées	Cellulose	Matières minérales
78 kgr.	8,8 kgr.	101,4 kgr.	21 kgr.	31,2 kgr.	34,8 kgr.
122,4					

Connaissant la quantité de matières nutritives contenues dans la vinasse, il est alors facile de se rendre compte combien le bétail en a absorbé. Si, par exemple, les 4800 litres de vinasse ont été distribués à 80 bœufs, chaque bête aura consommé :

Matières azotées.....	0,975 kgr.
Matières extractives non azotées....	1,530 "
Corps gras.....	0,410 "
Cellulose.....	0,390 "
Matières minérales.....	0,435 "
Total des matières sèches...	3,440 kgr.

La proposition de matières sèches contenues dans 100 litres de cette drèche serait la suivante :

Matières azotées.....	1,63 kgr.
Matières extractives non azotées....	2,55 "
Corps gras.....	0,18 "
Cellulose.....	0,65 "
Matières minérales.....	0,77 "
Total des matières sèches....	5,78 kgr.

Les considérations que nous venons de développer ont servi à établir les tableaux des deux pages suivantes 466 et 467 sur la composition des vinasses.

COMPOSITION

ÉLÉMENTS.	Rapport du volume du moût à celui de 1000 à 1100					
	80 kgr. pommes de terre 32 kgr. orge pour 100 litres de moût.			75 kgr. pommes de terre 30 kgr. orge pour 100 litres de moût.		
	Fermentation.			Fermentation.		
	bonne amidon restant 10 %	moyenne amidon restant 15 %	mauvaise 20 %	bonne 10 %	moyenne 15 %	mauvaise 20 %
Matières azotées.....	1,89	1,89	1,89	1,78	1,78	1,78
Corps gras.....	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20
Cellulose.....	0,76	0,76	0,76	0,72	0,72	0,72
Matières minérales.....	0,84	0,84	0,84	0,80	0,80	0,80
<i>Avec des pommes de terre renfermant 16 % d'amidon :</i>						
Matières extractives non azotées.....	1,94	2,62	3,28	1,83	2,45	3,08
Substances sèches.....	5,65	6,31	7,05	5,32	5,94	6,57
Rapport des matières nutritives.....	1 : 1,7	1 : 1,7	1 : 2,0	1 : 1,3	1 : 1,7	1 : 2,0
<i>Avec des pommes de terre renfermant 20 % d'amidon :</i>						
Matières extractives non azotées.....	2,23	3,05	3,86	2,10	2,87	3,63
Substances sèches.....	5,94	6,76	7,56	5,59	6,35	7,12
Rapport des matières nutritives.....	1 : 1,5	1 : 1,9	1 : 2,3	1 : 1,5	1 : 1,9	1 : 2,3
<i>Avec des pommes de terre renfermant 24 % d'amidon :</i>						
Matières extractives non azotées.....	2,53	3,49	4,51	2,38	3,27	4,17
Substances sèches.....	6,23	7,19	8,22	5,86	6,76	7,66
Rapport des matières nutritives.....	1 : 1,6	1 : 2,2	1 : 2,6	1 : 1,6	1 : 2,2	1 : 2,6

**DES DRÊCHES**

la vinasse			Rapport du volume du moût à celui de la vinasse 1000 à 1300.								
70 kgr. pommes de terre 28 kgr. orge pour 100 litres de moût.			80 kgr. pommes de terre 32 kgr. orge pour 100 litres de moût.			75 kgr. pommes de terre 30 kgr. orge pour 100 litres de moût.			70 kgr. pommes de terre 28 kgr. orge pour 100 litres de moût.		
Fermentation.			Fermentation.			Fermentation.			Fermentation.		
bonne 10 %	moyenne 15 %	mauvaise 20 %	bonne 10 %	moyenne 15 %	mauvaise 20 %	bonne 10 %	moyenne 15 %	mauvaise 20 %	bonne 10 %	moyenne 15 %	mauvaise 20 %
1,66	1,66	1,66	1,61	1,61	1,61	1,51	1,51	1,51	1,40	1,40	1,40
0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,15	0,15	0,15
0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,65	0,60	0,60	0,60	0,56	0,56	0,56
0,74	0,74	0,74	0,72	0,72	0,72	0,67	0,67	0,67	0,63	0,63	0,63
1,71	2,30	2,88	2,37	2,22	2,79	1,55	2,08	2,61	1,45	1,95	2,45
4,96	5,55	6,13	4,81	5,38	5,94	4,51	5,04	5,57	4,19	4,70	5,19
1 : 1,3	1 : 1,7	1 : 2,0	1 : 1,3	1 : 1,7	1 : 2,0	1 : 1,3	1 : 1,7	1 : 2,0	1 : 1,3	1 : 1,7	1 : 2,0
1,96	2,67	3,39	1,90	2,59	3,28	1,78	2,43	3,08	1,66	2,27	2,86
5,21	5,92	6,64	5,05	5,75	6,44	4,74	5,39	6,04	4,41	5,01	5,61
1,5	1 : 1,9	1 : 2,3	1 : 1,5	1 : 1,9	1 : 2,3	1 : 1,5	1 : 1,9	1 : 2,3	1 : 1,5	1 : 1,9	1 : 2,3
2,21	3,05	3,90	2,17	2,96	3,83	2,01	2,78	3,54	1,88	2,59	3,30
5,46	6,30	7,15	5,30	6,11	6,99	4,97	5,73	6,50	4,62	5,34	6,05
1,6	1 : 2,2	1 : 2,6	1 : 1,6	1 : 2,2	1 : 2,6	1 : 1,6	1 : 2,2	1 : 2,6	1 : 1,6	1 : 2,2	1 : 2,6

## II. POINTS DE VUE GÉNÉRAUX AUXQUELS ON DOIT SE PLACER POUR JUGER DE LA VALEUR NUTRITIVE DE LA DRÈCHE.

### a. PROPORTION D'EAU CONTENUE DANS LES DRÈCHES.

La quantité d'eau que contient la vinasse varie entre 92 et 96 %. *La drèche est donc, parmi les produits alimentaires qui sont les plus employés, un de ceux qui renferment la plus grande quantité d'eau, et cette forte proportion diminue d'une manière très sensible la valeur des divers éléments nutritifs.*

Lorsqu'on force un animal à absorber de grandes quantités d'eau, en le nourrissant avec un aliment très aqueux, la première manifestation de cette absorption d'eau plus considérable est une augmentation dans le volume de l'urine. L'eau de l'aliment a donc passé dans le sang, puis en a été expulsé, par l'action spéciale des reins, et rejetée comme résidu inutile sous la forme d'urine, de sorte qu'un animal, nourri avec un aliment très aqueux, possède une plus grande quantité de sang et, par suite, un sang plus dilué qu'un animal nourri avec un aliment plus sec. La circulation d'une plus grande quantité de sang exige naturellement une dépense de force plus considérable qu'une quantité plus réduite. D'autre part la force ainsi dépensée ne peut être fournie que par les éléments nutritifs qui, sans cela, serviraient à former les tissus des corps des animaux. Une bête nourrie avec des aliments très aqueux demande donc pour sa nourriture une plus grande quantité d'éléments nutritifs, à cause de la dépense de force plus considérable occasionnée par la circulation de l'eau dans le sang.

Une autre source de perte réside dans les *exhalaisons de la peau et des poumons, qui augmentent d'une manière sensible quand les aliments sont très aqueux.* De même que la vaporisation d'une certaine quantité d'eau dans une chaudière exige une certaine quantité de combustible, de même la transformation, dans l'organisme, de l'eau en vapeur, ne peut se faire qu'aux dépens de la chaleur animale produite par les éléments nutritifs. Une certaine quantité de ces éléments ne sert donc pas à la formation des tissus, et c'est là la seconde raison pour laquelle une quantité déterminée d'éléments nutritifs a une valeur moindre dans un aliment très aqueux que dans un aliment moins chargé d'eau.



La dépense de force et, par suite, de chaleur causée par les exhalaisons des poumons et de la peau est facile à chiffrer : 1000 grammes d'amidon qui contiennent 444,4 grammes de carbone, exigent 1185 grammes d'oxygène pour être complètement brûlés, et comme 1000 gr. d'oxygène produisent 3300 calories, la combustion d'un kilogr. d'amidon produira  $\frac{3300}{1000} \times 1185 = 3910,5$  calories.

Admettons maintenant qu'un animal absorbe par jour 60 kilos d'eau sous la forme de vinasse et que 40 % de cette eau soient exhalés par la peau et les poumons, les 20 autres % étant expulsés dans les excréments et les urines. Il y aura donc 24 kgr. d'eau qui seront journellement exhalés, c'est-à-dire réduits en vapeur, et comme la chaleur latente de vaporisation de l'eau est de 542 calories, ils exigeront  $542 \times 24 = 13008$  calories qui représentent la chaleur produite par 3,33 kgr. d'amidon, qui sont donc perdus pour l'entretien et le développement de l'organisme. On voit, par cet exemple, combien une trop grande abondance d'eau enlève de sa valeur à une drèche.

Un autre inconvénient de la vinasse trop aqueuse est *le délaïement des sucs digestifs*. La base de la nourriture des animaux herbivores est, en majeure partie, formée d'éléments difficiles à digérer. La cellulose, les matières extractives non azotées, les matières protéiques des fourrages sont peu solubles et ne peuvent devenir assimilables que sous l'action prolongée des sucs digestifs concentrés du corps des animaux. Aussi si l'on dilue ces sucs, en nourrissant les animaux avec des aliments très étendus d'eau, a-t-on à craindre que la digestion ne soit moins facile.

Il faut enfin ajouter que des aliments trop aqueux produisent chez les animaux qui en font usage, des tissus renfermant plus d'eau, par suite plus relâchés, et moins aptes à développer de grands efforts. Les jeunes animaux aussi ne supportent que difficilement une nourriture renfermant une trop grande proportion d'eau.

Il faut donc conclure, de toutes les raisons que nous venons d'énumérer, que les aliments trop aqueux sont peu favorables à l'élevage et à la production des animaux et que, par suite, la quantité de vinasse entrant dans l'alimentation du bétail ne doit pas dépasser une certaine limite. De même, les moûts dont les

vinasses sont destinées à l'alimentation, ne doivent pas être préparés au-dessous d'un certain degré de concentration.

b. SUBSTANCES NUTRITIVES AZOTÉES DES VINASSES.

Nous n'avons pas fait de distinction en parlant de la teneur en eau des vinasses, dans le chapitre précédent, entre celle de pommes de terre et celle de grains, distinction que nous sommes obligés de faire en traitant leur teneur en matières azotées.

1° *Substances azotées des grains et de leurs drèches.* Le seigle, le froment et le maïs ne renferment que peu d'amides; la plus grande partie de l'azote qu'ils contiennent, s'y trouve sous la forme d'albuminoïdes et, lors même qu'il se transformerait pendant la fermentation un peu d'albumine en amides, ce serait en si petite quantité qu'on n'en peut pas moins établir que :

*Les matières azotées des vinasses de grains se trouvent presque entièrement à l'état d'albuminoïdes, c'est-à-dire sous une forme très assimilable; ces vinasses ont par suite une haute valeur nutritive.*

2° *Substances azotées des vinasses de pommes de terre.* La question est ici plus complexe que pour les vinasses de grains. Un grand nombre d'expériences ont appris que les pommes de terre ne contiennent que 55 % de leur azote sous la forme d'albuminoïdes tandis que les 45 % restant sont formés d'amides.

Quelle est la valeur nutritive des amides? C'est ce que l'on n'a pas encore bien déterminé; mais, ce qu'il y a de certain, c'est que de deux aliments de même composition dont l'un renferme son azote sous la forme d'albuminoïdes et l'autre sous la forme d'amides, c'est le premier qui aura la plus grande valeur nutritive. Nous devons donc nous rendre compte dans quelle proportion l'azote se trouve sous chacune de ces deux formes dans la drèche de pommes de terre.

Les jus sucrés, avant fermentation, contiennent beaucoup d'amides, car les pommes de terre aussi bien que le malt en sont riches. *Behrend* et *Morgen* trouvèrent que deux échantillons de jus sucrés renfermaient sur 100 parties de matières azotées :

	Albuminoïdes.	Amides.
I	55,06	44,94
II	54,46	45,54

Il ne s'en suit pas que les drèches soient aussi riches en amides ; il est, en effet, connu que les amides sont une excellente nourriture pour la levure et l'on peut conclure de ce fait qu'une partie notable des amides est utilisée par la levure pendant la fermentation et transformée en albuminoïdes. On pouvait déjà tirer cette conclusion d'un autre fait connu : de ce que pendant la fermentation une certaine quantité de matières azotées devient insoluble.

C'est ainsi que *Behrend et Morgen* ont trouvé que sur 100 parties de matières azotées solubles, les proportions suivantes étaient devenues insolubles pendant la fermentation :

	I	II
Jus sucré.....	50,57 parties solubles.	52,05 parties solubles.
Vin fermenté.....	40,23 »	34,51 »
Sont devenues insolubles	10,34 parties.	17,54 parties.

La proportion d'amides, avons-nous dit, diminue pendant la fermentation, tandis que celle des albuminoïdes augmente ; les chiffres suivants montrent dans quelle mesure s'opère cette transformation :

	I	II
Jus sucré.....	55,06 parties d'albuminoïdes.	54,46 parties
Vin fermenté.....	71,27 »	71,93 »
Augmentation des matières albuminoïdes.....	16,21 parties.	17,47 parties

Comme la distillation ne peut guère changer la forme sous laquelle se trouvent les matières azotées, on ne s'écartera pas de la vérité en admettant que sur 100 parties de substances azotées contenues dans la vinasse de pommes de terre :

72 parties sont sous la forme d'albuminoïdes ;  
 28 — — — d'amides.

Puisque, sans qu'on ait bien pu définir la valeur nutritive relative des amides et des albuminoïdes, il est cependant certain que les matières azotées sont plus assimilables sous cette dernière forme que sous la première, il s'en suit que l'augmentation de la quantité d'albuminoïdes qui se produit pendant la fermentation donne plus de valeur à la drèche. On voit donc combien la fabrication de l'alcool est une industrie avantageuse au point de vue agricole et

conforme aux principes de l'économie rurale, puisque, non-seulement il n'y a que l'amidon qui est détruit pendant la fabrication, tandis que tous les éléments qui ont été enlevés au sol, lui sont restitués, mais encore que certains composés azotés prennent une plus grande valeur pendant cette fabrication.

3<sup>o</sup> *Substances azotées des vinasses de mélasses.* La mélasse contient tout son azote presque exclusivement sous la forme d'amides et, comme on n'a pas à y ajouter de malt, elle ne peut donc contenir comme albuminoïdes que ceux qu'on y introduit par la levure. C'est, du moins, ce que l'on croyait autrefois, et Maercker n'avait, par conséquent, pas porté jusqu'ici grande attention aux matières azotées renfermées dans les vinasses de mélasses. Mais maintenant que l'on connaît les expériences de Behrend et de Morgen, que nous avons rapportées dans le paragraphe précédent, il faut bien admettre que, très probablement, des quantités notables d'amides des mélasses sont transformées en albuminoïdes pendant la fermentation. Tant que l'on ne sera pas mieux fixé sur cette transformation, on ne pourra pas se prononcer sur la valeur nutritive des matières azotées des mélasses.

Ce qui, par contre, est indiscutable, c'est que les vinasses de mélasses offrent tant d'inconvénients pour l'alimentation des animaux, par suite de leur teneur élevée en sels, qu'il est préférable de les employer comme engrais ou à la fabrication de la potasse.

Après toutes ces considérations, il y a une question qui vient tout naturellement se poser ; c'est la suivante : « *Est-il nécessaire et rationnel, dans une distillerie agricole, pour se conformer aux principes d'économie rurale, d'épargner les matières nutritives azotées ou, autrement dit, de ne donner aux animaux que juste la quantité de matières azotées qui correspond à la meilleure utilisation de l'azote qu'elles contiennent.* »

L'auteur croit pouvoir répondre que cela n'est pas nécessaire. Si, en effet, on fixe toujours une quantité déterminée de matières nutritives azotées pour obtenir un effet voulu, c'est que ces substances ont une valeur marchande beaucoup plus élevée que les matières non azotées, et qu'en général, en agriculture, on produit relativement plus de ces dernières que des premières. Aussi, doit-on dire

que pour obtenir un effet déterminé, il faut employer *au minimum* la quantité de matières azotées nécessaires pour arriver à cet effet, et sans laquelle on ne l'obtiendrait pas ; mais que si l'on dépassait cette quantité minima, cela ne nuirait, en effet, nullement au résultat désiré.

Rendons cette explication plus claire par un exemple : Supposons, par exemple, ainsi que cela est généralement admis, que, pour la production du lait, il soit nécessaire qu'il y ait entre les matières azotées et non azotées, le rapport de 1 à 5,5 et supposons aussi qu'on doive donner aux vaches 12,5 kgr. de substances non azotées par 1000 kgr. de poids. L'application de la proportion citée plus haut fait ressortir à 2,5 kgr. la quantité d'aliments azotés qu'il faudra distribuer par 1000 kilos de poids du bétail. Si l'on en donne moins de 2 1/2 kgr., on nuira à la production du lait ; mais si l'on est obligé, par le fait des circonstances, à en donner davantage, 3 kgr. par exemple, cela ne portera aucun préjudice aux animaux, au contraire ; on aura seulement à diminuer d'autant la ration d'aliments non azotés. Ceci ne peut naturellement être vrai que jusqu'à une certaine limite. Les agriculteurs ne sont d'ailleurs, en général, guère exposés à cette éventualité, vu le prix élevé des matières nutritives azotées, mais il n'en est pas de même pour les distillateurs qui, obtenant les matières azotées comme résidus, les ont à peu de frais et n'ont pas, par suite, à se préoccuper de les épargner.

On pourrait, sans doute, objecter à cela qu'il serait plus avantageux pour le distillateur d'acheter des matières non azotées et d'augmenter le nombre de ses animaux, de manière à pouvoir employer l'excédent d'azote se trouvant dans sa vinasse ; mais la plupart du temps les conditions dans lesquelles se trouvent les distilleries agricoles, s'opposent à ce que l'on adopte ce moyen. Le distillateur qui a déjà de la peine à se procurer le fourrage nécessaire, ne peut songer à en augmenter la quantité, et le manque de capital ou le manque d'étendue et la disposition générale de son exploitation ne lui permettent pas d'acheter plus de bétail. On comprend donc que les distilleries qui produisent les matières azotées à meilleur marché que les autres exploitations et en ont souvent un superflu, en donnent une plus forte proportion dans leur alimentation, car si elles voulaient produire des matières moins azotées, comme les betteraves

fourragères, elles leur coûteraient plus cher que la vinasse, et si elles voulaient les acheter, elles supporteraient encore plus de perte.

### C. MATIÈRES NON AZOTÉES DES VINASSES.

Les matières nutritives non azotées des drèches sont formées surtout de composés du groupe des hydrates de carbone et de leurs transformations. Les corps gras méritent aussi une mention spéciale.

#### 1<sup>o</sup> *Hydrates de carbone des drèches.*

Ceux-ci se composent, en petite partie, de sucre de malt ou maltose et principalement de dextrines; ces deux corps sont facilement solubles et assimilables, de sorte qu'il faut leur attribuer la plus grande partie de la valeur nutritive qu'on prête aux hydrates de carbone. Il faut citer aussi l'amidon qui a échappé à la saccharification; il n'est pas soluble, mais on est cependant certain qu'il devient assimilable dans l'organisme et sert à la nourriture.

En outre de ces véritables hydrates de carbone, on trouve encore dans les vinasses de pommes de terre de la pectine, des gommés et d'autres composés analogues aux hydrates de carbone, auxquels il ne faut pas refuser non plus une certaine valeur nutritive.

On trouve, enfin, dans les vinasses des quantités d'acides qui ne sont pas négligeables, entr'autres les acides lactique et acétique. Quoique ces composés soient facilement solubles et digestibles, il faut les regarder seulement comme des accessoires gênants, car lorsqu'ils se trouvent en quantité un peu plus grande, ils influent d'une façon pernicieuse sur l'alimentation,

#### 2<sup>o</sup> *Corps gras.*

La vinasse de pommes de terre est un aliment excessivement pauvre en corps gras, car, d'après les chiffres que nous avons donnés, 100 litres de cette vinasse ne contiennent que 0,2 kgr. de graisse; encore y a-t-il lieu de se demander si cette quantité minime de matières à l'apparence grasseuse, est même bien un véritable corps gras. Si ce n'était pas le cas, il n'y aurait à tenir compte dans la drèche de pommes de terre que des corps gras pro-

venant du malt, c'est-à-dire d'une quantité absolument insignifiante.

On n'est pas encore bien fixé sur l'utilité des corps gras pour l'alimentation. Il ressort cependant de certaines considérations diététiques qu'il est à désirer qu'une ration ne soit pas absolument exempte de corps gras. C'est pourquoi l'on recommande de joindre à l'alimentation par la drèche des rations de tourteaux ou de maïs. Il vaut encore mieux, dans le même but, travailler le maïs mélangé avec les pommes de terre. Nous remarquerons en passant que cette dernière méthode s'est très répandue ces dernières années.

#### d. SUBSTANCES MINÉRALES DES VINASSES.

Les sels de potasse forment la majeure partie des cendres provenant de l'incinération de la vinasse de pommes de terre ; viennent ensuite, mais en moins grande quantité, les phosphates.

D'après *E. de Wolff*, 100 parties de ces cendres contiennent 44,79 de potasse et 19,51 parties d'acide phosphorique. Ces quantités sont largement suffisantes pour subvenir aux besoins de la nutrition ; par contre, la quantité de chaux contenue dans la vinasse n'est pas assez forte. Il n'y a, en effet, que 5,2 % de chaux dans les cendres de vinasse, et, comme, en moyenne, 100 litres de drèche ne produisent guère que 0,6 kgr. de cendres, il s'en suit qu'une tête de bétail n'absorberait que 0,031 kgr. de chaux par 100 litres de vinasse, ce qui est insuffisant. On pourrait remédier à cet inconvénient en ajoutant de la craie à la vinasse.

Bien des personnes, d'ailleurs, préconisent l'emploi de la craie (100 grammes par jour et par tête de bétail) contre les *malandres de la drèche*, cette maladie qui atteint si facilement les animaux nourris avec la drèche.

### III. CONSIDÉRATIONS QUI DOIVENT GUIDER L'ALIMENTATION PAR LA DRÈCHE.

Maercker doit reconnaître, avant de commencer ce chapitre, que toutes les observations et les allégations qu'il mettra en avant sur la manière de pratiquer l'alimentation par la drèche, ne sont pas toutes basées sur des essais précis, mais quelquefois aussi sur des

hypothèses générales. Une grande partie d'entre elles sont cependant basées sur une pratique éprouvée, et entièrement d'accord avec elle.

a. TEMPÉRATURE.

Toutes les données que l'auteur a pu rassembler sur ce point, établissent nettement que la plus grande production de viande et surtout de lait, correspond à l'absorption de vinasse très chaude. De la vinasse complètement froide constitue un aliment produisant un effet sensiblement moindre que celui qu'elle produit lorsqu'elle est chaude.

Ce fait s'explique facilement : si, par exemple, une bête absorbe 100 kgr. de drèche à 0° C ; pour porter cette quantité à la température du sang, c'est-à-dire à 38° C, il faudra  $38 \times 100 = 3800$  calories. La production de cette chaleur de 3800 calories ne demandera pas moins que la combustion de 1 kgr. d'hydrate de carbone (1 kgr. d'amidon produit en brûlant 3900 calories) qui brûle ainsi sans utilité pour l'organisme. On comprend donc sans peine que la vinasse chaude produise plus d'effet que la froide. Il semble donc que la température la plus favorable à l'alimentation est celle du sang, soit 37 à 38° C., et c'est, en effet, dans ce sens que Macrcker s'est prononcé dans les éditions précédentes de cet ouvrage. Mais M<sup>r</sup>. Neuhauss, de Selchow, a établi, à l'assemblée générale de l'Union des distillateurs allemands de 1883, que le refroidissement de la vinasse à la température du sang nuisait à sa conservation. Cette circonstance tient, sans doute, à ce que cette température est favorable à la culture de certains organismes nuisibles pour la santé, qui, trouvant un milieu convenable, s'y développent. Neuhauss est donc dans le vrai quand il recommande de distribuer la drèche très chaude.

Lorsque les circonstances sont telles que le refroidissement de la vinasse est à craindre, il est donc utile d'établir un tuyau de vapeur dans le réservoir à drèches, ou d'y faire passer un retour d'appareil, pour pouvoir de temps en temps réchauffer le liquide.

La drèche très chaude est encore un agent excellent pour effectuer commodément et sans frais une opération qui ne se fait qu'incomplètement et d'une manière très dispendieuse dans les



exploitations autres que les distilleries ; nous voulons parler de l'échaudage des fourrages.

Il a été constaté maintes fois qu'il se forme, à la surface des aliments, des champignons ou ferments de diverses natures qui, apportés dans l'organisme, donnent naissance à certaines maladies spéciales. Ces agents pernicieux sont détruits à une haute température ; c'est pourquoi l'on a souvent recommandé de soumettre les aliments à l'action de la vapeur avant de les distribuer. On arrive au même résultat en mettant les aliments au contact de la vinasse bouillante. On ne saurait donc trop engager les distillateurs à mettre en pratique ce procédé qui a l'avantage de donner de la saveur à certains aliments de moindre valeur, qui sont ensuite mangés plus volontiers par les animaux. Ce serait pourtant un tort de croire que l'échaudage rend les aliments plus digestibles, car le contraire a été démontré par des expériences de *Helriegel* ; ce qui est incontestable, c'est que les animaux mangent une plus grande quantité d'aliments échaudés.

*b.* QUANTITÉ DE DRÈCHE QUE L'ON PEUT FAIRE PRENDRE AUX ANIMAUX.

Maercker n'a pas encore pu établir complètement d'une manière expérimentale la quantité maxima de drèche que l'on peut faire prendre aux animaux. Aussi les données qui vont suivre sont-elles plus les résultats d'impressions que de faits basés sur des expériences exactes.

La plus grosse quantité de drèche que l'auteur ait vu distribuer est de 120 litres ; c'était de la vinasse de pommes de terre, que l'on faisait prendre à des bœufs à l'engrais pesant de 600 à 700 kilos. 100 litres est une ration assez usuelle, mais, en moyenne, on donne dans les distilleries agricoles 60 à 80 litres par tête de bétail à l'engrais. La dose que l'on donne aux vaches à lait est plutôt plus faible, car une proportion trop forte de drèche, dans leur nourriture, rend le lait et le beurre plus mauvais ; cette dose peut aller de 60 à 70 litres et est, en moyenne, de 50 litres.

Quant à la limite que l'on ne doit pas dépasser, elle est, ainsi que nous l'avons dit, difficile à fixer, parce que l'on n'a pas d'expériences exactes pouvant servir de bases. Ce qu'on peut dire, c'est que

plus d'une fois on donne des rations trop fortes; 100 litres, par exemple, constituent une dose trop élevée pour une tête de gros bétail.

On peut s'en rendre compte aisément, car, à cette dose, les animaux ne ruminent qu'irrégulièrement et même plus du tout, ce qui indique un trouble dans les fonctions de l'organisme.

Le gros bétail supporte, par contre, sans inconvénients, une ration de 70 à 80 litres de vinasse, mais on ne peut jusqu'à présent affirmer que la production obtenue soit bien en rapport avec la forte dose donnée. Il est même très possible que lorsque la ration dépasse une certaine limite, par exemple 60 à 70 litres, l'excès de vinasse, sans nuire au bien-être de l'animal, et sans porter des désordres dans ses fonctions, soit sans effet utile au point de vue de la production.

Ce que l'on peut certifier, c'est que 60 litres constituent une dose suffisante et favorable pour mener à point des bœufs à l'engrais, quand on sait choisir convenablement les aliments complémentaires.

Maercker indiquerait et conseillerait la dose de 40 à 50 litres comme étant la plus favorable pour les vaches à lait. On ne doit guère dépasser ce chiffre quand elles sont destinées à la reproduction, car, dans ce cas, il ne faut, en général, donner de la drèche qu'avec circonspection. La drèche, on ne peut le nier, est un aliment qui, à certains points de vue, a été altéré par la fabrication, propriété qu'elle partage d'ailleurs avec la plupart des résidus d'autres exploitations; elle ne constitue donc pas à elle seule une nourriture normale, et, pour arriver à ce but, il faut lui restituer les éléments qui lui manquent; la chaux est dans ce cas pour les vinasses de pommes de terre. Une nourriture composée uniquement de vinasse ne tarde pas à avoir des effets nuisibles; c'est ainsi que dans nombre d'exploitations où l'élevage était florissant avant l'installation d'une distillerie, on a vu que l'alimentation par la vinasse produisait de tels effets qu'on a dû y renoncer. Maercker peut même affirmer qu'il a pu savoir que, dans plusieurs distilleries agricoles, il avait fallu renoncer à faire prendre à de jeunes porcs, non pas de la vinasse, mais seulement du petit lait provenant de vaches nourries à la vinasse, parce que cette nourriture amenait une mortalité excessive parmi ces jeunes bêtes. Ce cas est d'autant plus à remarquer

que la truie qui avait produit ces petits pourceaux n'avait pas été nourrie avec la vinasse.

Maercker croit d'ailleurs qu'on pourrait éviter de pareils accidents en administrant la vinasse d'une manière plus raisonnée.

C. ALIMENTS QU'IL FAUT DONNER EN MÊME TEMPS QUE LA VINASSE.

1° *Fourrage.*

La constitution des organes des ruminants exige que la nutrition se fasse, en partie, à l'aide d'un aliment volumineux, le fourrage, qui puisse remplir l'estomac. Il n'est pas possible de nourrir un animal ruminant uniquement avec des aliments concentrés et facilement digestibles. Les expériences qu'on a faites à ce sujet ont démontré que lorsqu'on supprime à ces animaux le fourrage, foin ou paille, ou même qu'on en restreint la consommation dans une mesure trop forte, la santé de la bête s'en ressent, et il se produit immédiatement des désordres dans l'organisme. Il est donc essentiel de fournir une ration suffisante de fourrage au bétail que l'on veut nourrir à la drèche.

Si l'on nous demande quelle est la quantité de fourrage minima nécessaire au bétail, nous devons reconnaître qu'encore sur ce point, nous manquons de données précises ; on sait, cependant, que lorsque l'on donne comme fourrage la moitié du poids de substances sèches contenues dans une ration de drèche, on se place dans de bonnes conditions.

C'est ainsi que la quantité de substances sèches que l'on fournit pour 1000 kgr. de viande sur pied, étant, en moyenne, de 24 à 26 kgr., il faudrait porter la ration de fourrage à 12 ou 13 kgr. Il faut cependant reconnaître qu'en général on n'atteint pas ce chiffre dans les distilleries agricoles et que les animaux ne paraissent pas s'en mal trouver. Il est rare que dans ces exploitations on atteigne ce chiffre et qu'on dépasse 5 kgr. environ par tête de gros bétail, et cette quantité paraît être suffisante. On ne donne même souvent que 4 kilos de fourrage par bête, mais c'est la limite extrême au-dessous de laquelle on ne peut pas obtenir de bons effets de l'alimentation par la drèche.

On peut objecter que cette limite n'est pas toujours observée ;

cela est vrai, mais, dans ce cas, on n'a qu'à considérer l'aspect chétif des animaux pour se rendre compte qu'on ne les a pas nourris d'une manière rationnelle.

*Il faut donc s'arrêter, en somme, à une ration de 5 kilos de fourrage par tête de bétail pesant environ 500 kilos.*

Quel est maintenant le fourrage qu'il faut choisir? La question est aisée à résoudre, en théorie; elle est souvent plus difficile en pratique.

Maercker conseille de donner sur les 5 kilos de fourrage, 2 1/2 à 3 kgr. de foin de prairie, de trèfle, de luzerne ou d'esparcette, car cette dose donne des résultats des plus satisfaisants.

Ajoutons que tous les distillateurs ne sont pas en mesure de donner aux animaux cette proportion de foin, soit qu'ils soient forcés, par suite des circonstances, de planter des pommes de terre, soit que l'espace leur manque pour la culture du fourrage. Aussi un grand nombre d'entre eux remplacent-ils exclusivement le foin par de la paille ou de la litière, et il faut convenir que ce genre d'alimentation peut, à la rigueur, être pratiqué, à la condition que ce ne soit pas là le seul aliment complémentaire.

L'inconvénient qu'offre cette nourriture, c'est que les animaux n'en absorbent pas une quantité suffisante. C'est ainsi que les bestiaux engraisés à la vinasse ne peuvent pas manger plus de 3 1/2 à 4 kgr. de paille, alors qu'ils prendraient une quantité notablement supérieure de fourrage plus savoureux.

## 2° *Aliments concentrés.*

Les aliments concentrés qui sont indiqués pour être distribués en même temps que la drèche sont, en première ligne, les aliments riches en corps gras et, avant tout, les tourteaux et le maïs.

Nous avons exposé précédemment que la vinasse de pommes de terre contenait fort peu de corps gras et nous avons fait ressortir que si l'on ne connaissait que d'une manière imparfaite le rôle qu'ils jouent dans l'organisme, il fallait cependant leur attribuer un pouvoir diététique énergétique. Les corps gras ne seraient-ils, d'ailleurs, employés qu'à la production de chaleur dans l'organisme, qu'ils remplaceraient une quantité correspondante, soit 2 1/2 fois plus, d'hydrates de carbone; mais ce n'est pas là leur seul rôle,

et l'on doit, par suite, admettre qu'une certaine proportion de ces substances grasses, dans les aliments, est très avantageuse.

Les tourteaux d'huilerie surtout sont joints à la drèche dans l'alimentation des bestiaux, aussi bien en vue de l'engrais que de la production de lait. Ils sont cependant plus indiqués pour le premier usage que pour le second, car les graisses facilement fluides qu'ils contiennent rendent difficile la séparation du beurre et lui communiquent une saveur âcre analogue à celle de l'huile de moutarde.

Les tourteaux de palme doivent, au contraire, être recommandés au point de vue de la production du lait, car ils sont totalement dépourvus de ces composés analogues à l'huile de moutarde, qui communiquent au lait une saveur âcre. Les essais d'alimentation qu'on a faits avec ces tourteaux ont fait voir qu'ils avaient pour effet, non-seulement d'augmenter la quantité de lait, mais encore d'élever le rendement en beurre.

*Les tourteaux de palme doivent donc être spécialement recommandés aux exploitations ayant pour objet la production du beurre.*

Le maïs concassé est aussi un excellent aliment; il contient une assez notable proportion de corps gras (4,6 %), mais ces corps gras sont aussi facilement fluides et communiquent cette propriété au beurre. Aussi ne peut-on en faire prendre aux vaches des doses illimitées. Il va sans dire que lorsque les animaux sont nourris avec de la vinasse de maïs déjà riche en corps gras, il est inutile de leur donner du maïs. Si l'on ne tient pas à ce que l'aliment que l'on veut donner à côté de la drèche contienne des corps gras, on doit alors employer le son ou les grains concassés qui contiennent une quantité considérable d'hydrates de carbone facilement digestibles et une quantité sensible de matières protéiques (10 à 12 %); également assimilables. A vrai dire, ces aliments secondaires sont plutôt indiqués pour être pris en même temps que les vinasses de grains, plutôt que d'être pris comme complément d'une alimentation par la vinasse de pommes de terre. Nous avons vu, en effet, que celle-ci contient des substances azotées et manque de corps gras, tandis que la vinasse de grains, qui est très azotée et contient une quantité sensible de corps gras (6 % des substances sèches) a surtout besoin d'être complétée dans ses effets par des hydrates de carbone facilement assimilables.

d. PROPORTION DE SOLANINE RENFERMÉE DANS LA VINASSE  
DE POMMES DE TERRE.

On trouve dans divers ouvrages des citations de cas d'empoisonnement qui se seraient produits par suite de la présence de solanine dans les vinasses, mais Maercker soutient *que jamais un cas caractérisé d'empoisonnement par la vinasse n'a été dûment constaté*. En effet, les pommes de terre saines ne contiennent pas cet alcaloïde vénéneux ou n'en renferment qu'une proportion absolument insignifiante. On n'en a démontré la présence que dans les germes, et si l'on ne peut, par suite, contester la possibilité de trouver une certaine quantité de solanine dans la vinasse de pommes de terre ayant fortement germé, on *n'a cependant jamais constaté que des drèches provenant de ces pommes de terre aient produit des empoisonnements*. Si cependant quelques distillateurs avaient des craintes à cet égard, ils n'auraient qu'à faire enlever les germes des pommes de terre ; la fabrication ne pourrait qu'y gagner.

e. ACIDES DE LA VINASSF.

Les vinasses possèdent toujours une réaction plus ou moins acide, en partie voulue, et due aussi, en partie, aux acides lactique, butyrique ou acétique. Les acides qui se développent pendant la fermentation peuvent, dans certaines circonstances, se produire en grande quantité et communiquer à la vinasse une forte acidité qui est peu à désirer au point de vue de l'alimentation.

On veut même attribuer les malandres des drèches à cette acidité, quoique cela reste à démontrer ; on peut, en tous cas, éviter cet inconvénient en saturant avec de la craie, en totalité ou presque complètement, les vinasses très acides : cela ne peut qu'aider aux bons effets des drèches, qui contiennent peu de sels de chaux.

f. QUELS SONT LES ANIMAUX AUXQUELS LA DRÈCHE CONVIENT LE MIEUX ?

Sans contredit, ce sont les bêtes à cornes qui supportent le mieux la drèche et en retirent le plus grand profit. Les bœufs de labour la prennent volontiers, mais on ne doit pas leur en distribuer de trop fortes doses, parce que cette nourriture aqueuse rend

les tissus flasques et peu aptes à produire de grands efforts, augmente la transpiration ; en un mot, rend les animaux moins productifs et moins résistants. On n'a naturellement à redouter ces effets que lorsqu'on donne de la drèche en excès. En fixant la ration de vinasse pour des bœufs de labour à 40 à 50 litres, on se trouvera dans de bonnes conditions.

Une bonne utilisation de la drèche est son emploi comme nourriture des bœufs à l'engrais, car on peut, en général, leur en distribuer 100 litres par tête et par jour, et même davantage. Il faut dire, cependant, qu'il n'est pas encore prouvé que cette dose soit bien rationnelle, car, de ce que cette quantité ne fait pas de mal aux bêtes auxquelles elle est distribuée, il ne s'en suit pas qu'elles en tirent le meilleur profit. Mais la meilleure utilisation de la drèche est, sans contredit, son emploi pour l'alimentation des vaches à lait. On savait, en effet, depuis longtemps que la vinasse avait une action spécifique sur la production du lait, et cette propriété a été nouvellement mise en lumière par les expériences, appuyées de chiffres, de *Schmöger*. L'abondance de la production du lait et le bel aspect des animaux de certaines exploitations montrent les résultats excellents que l'on peut obtenir par l'alimentation raisonnée à la drèche. Il est naturellement difficile de donner une règle générale sur la quantité de vinasse qu'on peut faire prendre aux vaches laitières, mais Maercker peut avancer avec certitude que des vaches nourries à la dose de 40 à 50 litres de vinasse, avec le complément voulu de foin et d'aliments concentrés, ont un aspect plus satisfaisant que celles auxquelles on fait absorber une quantité plus grande de drèche.

Les moutons sont moins indiqués pour être nourris avec de la drèche, car tous leurs organes sont disposés pour une alimentation avec des matières peu humides. Il arrive cependant souvent qu'on leur donne de 3 à 4 litres, et même jusqu'à 5 litres de vinasse par jour ; reste à savoir s'ils en tirent quelque profit. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'une dose de 1 à 2 litres de vinasse agit d'une manière utile sur eux par son action diététique ; mais si l'on porte cette quantité à 4 ou 5 litres, on force l'animal à absorber une quantité d'eau hors de ses habitudes et qui peut difficilement lui être avantageuse.

Dans certaines distilleries agricoles importantes, on distribue

aussi de la drèche aux chevaux et aux porcs, et il est difficile de dire si l'on a raison. Dans tous les cas, il ne faut pas en donner aux chevaux plus qu'il n'en faut pour obtenir cet effet diététique qui est utile. Il va sans dire que ce que nous avons dit plus haut pour les bœufs de labour est encore plus vrai pour les chevaux. Les porcs supportent plus facilement la vinasse, surtout quand elle provient de moûts de grains. Il faut éviter de faire prendre une trop forte quantité de drèche au jeune bétail et aux bêtes qui portent.

**g. VALEUR DES DIVERSES DRÈCHES.**

La concentration de la vinasse varie tellement, suivant la densité des moûts et la marche de la fermentation, que l'on ne peut d'emblée déterminer la valeur relative des différentes sortes de drèches, mais on peut cependant évaluer à peu près les matières nutritives que l'on peut retirer d'une unité de poids des matières premières ayant servi à préparer les moûts, y compris l'orge employée à la fabrication du malt.

Ainsi que nous l'exposerons plus loin, on peut obtenir des diverses matières premières les quantités suivantes de substances sèches (séchées à l'air) :

100 kilos de pommes de terre donnent 10 kilos de drèche sèche;  
 » seigle " 40 " »  
 » mais " 45 " »

100 parties de ces résidus séchés renferment :

	Résidus séchés à l'air des drèches de :		
	Pommes de terre	Seigle	Maïs
Humidité .....	12.0	12.0	12.0
Matières azotées.....	24.9	29.7	24.6
Corps gras.....	2.9	5.7	14.7
Matières extractives non azotées.	39.2	36.5	30.6
Cellulose.....	9.9	11.4	14.5
Matières minérales.....	11.1	4.7	3.6

Laissant de côté les substances ne servant pas à l'alimentation, nous aurons donc les quantités suivantes de matières nutritives dans 100 kgr. de matières premières :

	Pommes de terre	Seigle	Maïs
Matières azotées.....	2.49	11.88	11.07
Corps gras.....	0.29	2.28	6.62
Matières extractives non azotées.	3.92	14.60	13.77



Si donc nous assignons aux matières azotées et aux corps gras une valeur de 50 centimes par kgr., et aux matières extractives non azotées une valeur de 20 c. par kgr., nous trouverons les chiffres suivants pour la valeur des matières premières qui nous occupent :

Par 100 kilos :

Pommes de terre	Seigle	Maïs
Fr. 2,17	Fr. 10	Fr. 11,55

On admet généralement que 300 kilos de pommes de terre équivalent à 100 kgr. de maïs ou de seigle pour la préparation des moûts; mais si l'on compare les substances nutritives que renferment 100 kgr. de maïs ou de seigle à celles contenues dans 300 kgr. de pommes de terre, on voit que les 100 kgr. de grains contiennent en plus :

	Seigle	Maïs
Matières azotées.....	4.41	3.60
Corps gras.....	1.41	5.75
Matières extractives non azotées..	2.84	2.01

On voit donc que la drèche de 100 kgr. de maïs ou de seigle n'est pas équivalente à celle de 300 kgr. de pommes de terre, et qu'elle a une valeur beaucoup plus grande. Si nous prenons pour bases de calcul les prix que nous avons attribués plus haut aux matières nutritives, nous trouvons que ces vinasses auraient les valeurs relatives suivantes :

VALEUR DES DRÊCHES.		
300 kgr. de pommes de terre.	100 kgr. de seigle	100 kgr. de maïs.
Fr. 6,52	Fr. 10	Fr. 11,55

Les rapports de ces valeurs entre elles sont donc les suivants :

$$1 : 1,54 : 1,78$$

Ces chiffres peuvent servir à l'évaluation des matières premières qui fournissent à la drèche ses éléments nutritifs.

Une question qui se présente souvent est celle-ci : De combien peut-on diminuer la dose d'aliments concentrés, donnés comme complément à la vinasse, quand on remplace, dans la préparation du moût, 300 kgr. de pommes de terre par 100 kgr. de seigle ou de maïs ?

Pour y répondre plus facilement, nous allons prendre un exemple:

Supposons qu'on ait employé 3000 kilos de pommes de terre pour la préparation de 4000 litres de moût, et qu'à partir d'un certain moment on veuille les remplacer par 1000 kgr. de maïs ou de seigle. Combien va-t-on avoir en plus de matières nutritives ?

Voici quelle serait la quantité de substances nutritives contenues dans la drèche, dans les trois cas :

	Pommes de terre	Seigle	Maïs
Matières azotées.....	74.7 kgr.	118.8 kgr.	110.7 kgr.
Corps gras.....	8.7 "	22.8 "	66.2 "
Matières extractives non azotées.	117.6 "	146.2 "	137.7 "

Les drèches de grains ont donc en plus de celles de pommes de terre les quantités suivantes de matières nutritives :

	Seigle. kilos	Maïs. kilos
Matières azotées.....	44.1	37
Corps gras.....	24.1	57.5
Matières extractives non azotées..	28.4	20.1

On gagnera donc cette quantité de matières nutritives, qui équivaut, par exemple, à 50 kilos de tourteaux de colza

et à 185 » de seigle en fourrage

et on pourra, par suite, économiser 235 kgr. d'aliments concentrés, composés d'un mélange de tourteaux et de fourrage de seigle.

Il résulte de nombreuses expériences que plusieurs aliments possèdent des propriétés spécifiques que n'expliquent nullement leurs propriétés chimiques ; c'est ainsi que les tourteaux de palme et les germes de malt ont une action spéciale sur la production du lait, action qu'exercent aussi les vinasses de pommes de terre et que la drèche de maïs partage encore à un plus haut degré. Voici le résultat des essais comparatifs exécutés par *Schmöger*, de Proskau (*Zeitschrift für Spirit. Ind* année 1883, p. 450).

Il avait remplacé une ration de 40 litres de drèche de pommes de terre pure par jour et par tête de bétail, par une autre de 40 litres de drèche de pommes de terre et de maïs, mélangée dans la proportion de 2 à 1, et avait supprimé le demi-kilogr de tourteaux de colza qu'il donnait auparavant. Cette dernière ration distribuée

53 vaches leur fit produire 421,5 kgr. de lait contenant 3,25 % de graisse, au lieu de 392,9 litres de lait à 3,30 % de graisse. On n'avait cependant pas donné, dans le dernier cas, plus de matières

protéiques que dans le premier ; il faut donc admettre que la vinasse de maïs possède une influence sur la production du lait, et l'on doit tenir compte de cette influence quand il faut se décider entre des drèches de maïs ou de pommes de terre.

Un autre exemple de cette propriété de la drèche de maïs est le suivant, résultant des essais de Mr. *Weste*, de Niemberg.

Pendant la première période d'essai, on avait donné aux vaches 50 litres de drèche de pommes de terre, plus 7,5 kgr. de betteraves fourragères et 2,5 kgr. d'aliments concentrés par jour et par tête ; dans la deuxième, on les avait nourries avec 50 litres de drèche de pommes de terre et de maïs mélangée, plus 7,5 kgr. de betteraves ; enfin, en dernier lieu, on leur avait donné uniquement 75 litres de vinasse de pommes de terre et de maïs.

On obtint ainsi les quantités de lait suivantes :

1°	Vinasse de pomme de terre, better., alim. concentrés :	8.45	lit. p <sup>r</sup> tête et p <sup>r</sup> jour ;	
2°	" " et de maïs ; 50 litres :	8.18		—
3°	" " " 75 "	8.53		—

On avait donc obtenu par le troisième mode de nourriture, malgré l'absence d'aliments concentrés, une certaine augmentation dans la production du lait.

Nous pouvons retirer des exemples qui précèdent les conclusions suivantes relatives à l'emploi de la drèche de maïs :

1° La drèche de maïs est spécialement favorable à la production du lait, de telle sorte qu'une certaine quantité de cette nourriture produit plus de lait que la ration de drèche de pommes de terre renfermant la même quantité d'éléments nutritifs.

2° Lorsqu'on nourrit avec de la drèche de maïs, on peut supprimer les aliments concentrés qu'il faut nécessairement adjoindre à une alimentation à la drèche de pommes de terre, et l'on obtient malgré cela une plus grande quantité de lait ;

3° L'alimentation à la drèche de maïs paraît être un préservatif contre les malandres. Il est dommage que des expériences analogues n'aient pas été faites sur la drèche de seigle.

Pour ce qui est des *vinasses de mélasses*, elles constituent, comme nous l'avons vu, un très mauvais aliment qui ne peut guère être recommandé. Leur véritable utilisation est dans leur transformation en engrais ou en carbonate de potasse. Elles ont cependant une

certaine valeur nutritive, par suite de leur contenance en sucre (celui qui a échappé à la fermentation), en matières azotées provenant, soit du malt ayant servi à la préparation du levain, soit des amidés transformés en albumine par l'action de la levure. Il serait d'ailleurs difficile de chiffrer cette valeur nutritive.

On peut cependant employer à l'alimentation les vinasses de mélasses, malgré la forte proportion de sels qu'elles contiennent, à la condition de n'en donner qu'une petite quantité, mélangée avec de la drèche de pommes de terre ou de maïs, et l'on n'a pas à craindre que cette nourriture soit préjudiciable à la santé des animaux. Maercker reconnaît toutefois que les exploitations dans lesquelles la proportion de mélasse atteint le  $\frac{1}{3}$  des matières premières, sont incontestablement sujettes aux malandres des vinasses. La composition de la vinasse de mélasse a déjà été indiquée.

#### *h.* DILUTION DE LA DRÈCHE.

Dans quelques exploitations, on étend encore la vinasse avec de l'eau, mais c'est là méconnaître absolument la composition et les propriétés de celle-ci ; car la plupart des accidents ou des inconvénients que cette nourriture entraîne, proviennent déjà de la trop grande dilution de la drèche.

Ce que nous venons de dire n'est cependant absolu que pour de fortes rations de drèche, et il en est tout autrement quand il s'agit d'une petite quantité, donnée seulement comme complément de nourriture. C'est ainsi qu'il est parfaitement rationnel d'étendre la vinasse que l'on distribue aux vaches à lait, de la quantité d'eau qu'elles prennent comme boisson ; les résultats pratiques obtenus montrent même que ce procédé a une influence favorable sur la production du lait. Comme nous avons vu que la température de la vinasse exerce une action sur cette production, il ne faut naturellement diluer la vinasse avec de l'eau froide, que si elle est très chaude, ou bien l'on devrait réchauffer le mélange qui aurait été trop refroidi.

#### *i.* LA DRÈCHE EST-ELLE UN ALIMENT NUISIBLE A LA SANTÉ ?

Si Maercker traite cette question, ce n'est que parce que bien des gens se figurent que le lait produit par des animaux nourris avec de

la drèche est nuisible à la santé et surtout impropre à la nourriture des enfants. Cette supposition, généralement répandue, n'est pas du tout justifiée, et les drèches provenant de mouls bien préparés et ayant subi une cuisson sous une certaine pression dans les appareils, ne sont pas plus nuisibles à la santé que les boissons fermentées ne le sont elles-mêmes. Il faut naturellement faire la restriction que de la vinasse contenue dans des vases sales, coulant dans des conduites sales et refroidie à une température trop basse, peut produire du lait malsain.

On sait, en effet, que la vinasse à la température du sang est un milieu excellent pour le développement des divers organismes qui prennent naissance dans les résidus restés dans les vases et les conduites. Il est donc absolument nécessaire, quand on veut conserver ou transporter de la drèche, de veiller à ce que la propreté la plus minutieuse règne dans les réservoirs, les rigoles et les auges. Si l'on observe scrupuleusement cette propreté, qu'on récuré avec soin conduites et réservoirs, en les désinfectant avec du sulfite acide de chaux, et qu'on distribue la drèche aussi chaude que possible, on n'a nullement à craindre que l'alimentation à la drèche ait des effets pernicieux.

On trouvera des exemples frappants des bons résultats que donne cette alimentation, quand on veille avec soin à la propreté des récipients, dans un article de *J. Scheibner* (*Zeitschrift für Spirit. Ind.* 1881, page 162).

Pour empêcher le refroidissement des vinasses, on n'a qu'à installer, dans le réservoir, un retour de vapeur.

#### k. MALADIE DES MALANDRES DES DRÈCHES.

Le docteur *Eggeling* définit dans la *Zeitschrift für Spir. Industrie*, année 1882, page 114, les malandres des drèches de la manière suivante :

Cette maladie consiste en un échauffement de la peau, qui se produit aux extrémités inférieures des animaux nourris avec de la drèche et prend un caractère érysipélateux. Cet échauffement atteint, dans la plupart des cas, les tissus superficiels de la peau, et donne naissance à une exsudation qui enlève l'épiderme, et produit de petites gonfles aux endroits dépourvus de poils.

Le sérum qui en suite, se dessèche et, combiné avec la saleté, forme cette croûte brune qu'on voit souvent aux pieds des vaches. Dans les cas les plus graves, la maladie n'atteint pas seulement la surface de la peau, mais toute son épaisseur, s'étend aussi en largeur, et donne naissance à des plis. Dans les endroits où la peau intérieure est tendue, en particulier aux pieds, les plis ne peuvent se former; il s'en suit que des lambeaux de peau s'enflamment et meurent.

L'inflammation n'a pas alors seulement son siège dans la peau, mais elle gagne les sabots. Quand la maladie est très intense, la peau meurt aux extrémités et aux articulations, sans qu'il y ait ni exsudation, ni formation de croûte. Les animaux finissent quelquefois par avoir une paralysie du cœur et en meurent. On voit que l'inflammation a pénétré dans les articulations.

Pour ce qui est de la cause de la maladie, les opinions les plus divergentes ont été émises; dans tous les cas, il est inexact que la saleté produise cette maladie, car on voit souvent des écuries qui sont moins bien tenues que celles des distilleries agricoles et où l'on n'a jamais des cas de malandres. On attribue aussi cette maladie à des parasites végétaux ou animaux. C'est ainsi que *Zürn* prétend que la drèche contient des animalcules, des bactéries, qui passent dans le tube digestif sans perdre leur vitalité et qui, tombant avec les excréments sur les pieds des animaux, donnent naissance à la maladie. Cette hypothèse ne doit pas non plus être exacte car, d'après ce que dit Eggeling, on voit des vaches recevoir pendant des semaines des éclaboussures d'excréments de vaches malades sans subir elles-mêmes les moindres atteintes de cette maladie. Il faut que la drèche ait été prise par l'animal pour lui donner les malandres. Mr. *Rabe*, de Hanovre, croit avoir trouvé la cause des malandres des vinasses dans la présence de mites, mais cette maladie n'éclate jamais dans des écuries où les animaux ne sont pas nourris à la drèche alors même que les mites y pullulent.

Il résulte d'une enquête faite par les soins du syndicat des distillateurs que les malandres des vinasses attaquent indistinctement toutes les races de bétail, sans distinction de sexe, aussi bien les bœufs que les vaches. Par contre, on a remarqué que les bêtes de somme y sont moins souvent sujettes, du moins tant qu'elles travaillent. C'est pourquoi l'on conseille de faire prendre du mouve-

ment aux animaux que l'on traite pour les malandres des drèches. Cette maladie éclate surtout chez les animaux nourris avec de la drèche de pommes de terre ; cependant les pommes de terre crues la produisent aussi. On cite même un cas qui s'est produit chez des animaux nourris à la drèche de seigle. L'enquête n'a pas déterminé l'influence qu'a la *température de la vinasse* sur le développement de la maladie, elle n'a pas non plus pu établir celle que peut avoir la *quantité de drèche distribuée*. Les pommes de terre riches en amidon paraissent avoir une action toute spéciale sur le développement des malandres et l'on remarque, en effet, qu'elles sévissent avec le plus d'intensité dans les régions où sont cultivées les espèces de pommes de terre les plus riches en amidon. C'est ainsi que de toutes les variétés connues, c'est la pomme de terre « oignon de Saxe », qui est regardée comme une des plus riches en amidon, qui paraît aussi donner le plus naissance à cette maladie.

L'enquête n'a pas déterminé non plus avec sûreté si les appareils à distiller et, en particulier, si la séparation des mauvais goûts influe dans une mesure quelconque sur la maladie.

*Eggeling* remarque que les malandres des vinasses éclatent surtout chez les animaux au début de leur alimentation avec les drèches et avec d'autant plus de force, qu'on leur en distribue de plus grandes quantités et que la drèche est plus concentrée. Le même observateur explique le fait que les bêtes de somme sont moins sujettes aux malandres, en disant qu'on leur donne plus d'aliments concentrés qui restreignent d'une manière incontestable l'extension de cette maladie et, dans certains cas, en empêchent complètement le développement. Mieux la vinasse est conservée et plus on la distribue chaude, moins on a à craindre de voir éclater cette maladie ; mais le meilleur moyen de la prévenir est de distiller du maïs avec les pommes de terre et de donner aux animaux une ration suffisante de bon foin. D'après *Rimpau*, l'addition de maïs n'est pas toujours suivie de succès.

*Calcar* a fait sur ce sujet des observations très intéressantes et très complètes. Il attribue cette maladie à une substance se trouvant dans les jus mal fermentés. Il ne faut pas comprendre par là que c'est au sucre restant dans le vin qu'il attribue cette influence, mais à ce que ce vin a été distillé avant que la fermentation ait cessé. *Calcar* a pu produire les malandres avec de la vinasse pro-

venant de vins de seigle non complètement fermentés, tandis que, en général, la vinasse de seigle ne donne pas naissance à cette maladie. Il croit que si l'on a remarqué que certaines variétés de pommes de terre, généralement les plus riches en amidon, produisaient les malandres, ces observations correspondaient aussi à des fermentations incomplètes.

*Les fermentations complètes paraissent donc être un préservatif contre cette maladie.*

Une autre observation de Calcar, aussi intéressante que la première, est la suivante : C'est que la matière qui, selon lui, produit les malandres des vinasses, exerce une action particulièrement pernicieuse quand les moûts ont été distillés rapidement à une faible pression, c'est-à-dire à une température peu élevée. La construction des appareils à distiller et les dispositions adoptées pour l'écoulement de la vinasse auraient donc, d'après cet observateur, une grande influence.

On veut quelquefois rendre responsables de la maladie l'huile de fusel, les acides, la solanine des pommes de terre ou les sels contenus dans la vinasse, mais ces suppositions n'ont pas le moindre fondement.

On emploie plusieurs moyens préventifs contre les malandres des drèches, le plus souvent sans grand succès ; on peut cependant dire qu'elles sévissent moins souvent et avec moins d'intensité chez les animaux auxquels on donne, comme complément de l'alimentation à la drèche, une quantité suffisante de bon foin de prairie.

On ne sait pas non plus quelles sont les causes qui font que la drèche de maïs, employée seule ou avec celle de pommes de terre, semble être un préservatif contre les malandres, agissant avec efficacité même dans les cas les plus aigus et lorsque elle n'est mélangée avec la vinasse de pommes de terre que dans la proportion d'un tiers. On peut attribuer cette propriété du maïs à la grande quantité de corps gras qu'il contient, mais il n'y a aucune raison pour cela, et l'on pourrait tout aussi bien croire que ce sont les matières protéiques ou tout autre élément du maïs qui préservent de la maladie. On ne peut d'ailleurs pas dire d'une manière absolue que les malandres des vinasses ne sévissent jamais chez les animaux nourris avec de la drèche de maïs mélangée à celle de pommes de



terre, car M<sup>r</sup>. W. Rimpau a pu constater le contraire dans ses propres écuries.

On a recommandé plusieurs fois le *phosphate de chaux* comme un préservatif contre les mandres des vinasses, mais on n'a guère de preuves de son efficacité. Il en est de même de divers *désinfectants*, tels que le borax, l'acide borique, l'acide salicylique, etc.

*Composition de quelques rations de vinasses de pommes de terre pour 500 kilos de viande sur pied.*

<p>1<sup>o</sup> RATION DE DRÈCHE FAIBLE.</p> <p>Base de l'alimentation :</p> <p>4 kgr. de paille et de balles.</p> <p>2 » de foin.</p> <p>40 litres de vinasse.</p> <p>Complément :</p> <p><i>Pour les vaches à lait.</i></p> <p>a) 3 kgr. son.</p> <p>3/4 » tourteaux.</p> <p>b) 2 » tourteaux.</p> <p>2 » maïs concassé.</p> <p>c) 2 » orge.</p> <p>1 1/2 » tourteaux ou haricots concassés.</p> <p><i>Pour les bœufs à l'engrais.</i></p> <p>a) 3 kgr. son.</p> <p>2 » tourteaux.</p> <p>b) 2 1/2 » tourteaux.</p> <p>2 1/2 » maïs concassé.</p> <p>c) 3 » orge.</p> <p>3 » tourteaux.</p>	<p><i>Pour les bœufs à l'engrais.</i></p> <p>a) 2 kgr. de son.</p> <p>2 » de tourteaux.</p> <p>b) 2 » de tourteaux.</p> <p>3 » de maïs concassé.</p> <p>c) 2 » de tourteaux.</p> <p>2 » d'orge.</p> <p>3<sup>o</sup> RATION DE DRÈCHE MAXIMA.</p> <p>Base de l'alimentation :</p> <p>4 kgr. de paille et de balles.</p> <p>2 » de foin.</p> <p>80 litres de vinasse.</p> <p>Complément :</p> <p><i>Pour les vaches à lait.</i></p> <p>a) 2 kgr. d'orge concassée.</p> <p>1/2 » de tourteaux.</p> <p>b) 1 1/2 » de maïs concassé.</p> <p>1/2 » de tourteaux.</p> <p>c) 2 » de son de froment.</p> <p>3/4 » d'orge concassée.</p> <p>d) 2 » de son de froment.</p> <p>3/4 » de maïs concassé.</p> <p>e) 1 1/2 » de maïs concassé.</p> <p>1/2 » de haricots concassés.</p> <p><i>Pour les bœufs à l'engrais.</i></p> <p>a) 1 1/2 kgr. de son.</p> <p>1 1/2 » de tourteaux.</p> <p>b) 1 1/2 » de maïs concassé.</p> <p>1 1/2 » de tourteaux.</p> <p>c) 3 » de tourteaux.</p>
<p>2<sup>o</sup> RATION DE DRÈCHE PLUS FORTE.</p> <p>Base de l'alimentation :</p> <p>4 kgr. de paille et de balles.</p> <p>2 » de foin.</p> <p>60 litres de vinasse.</p> <p>Complément :</p> <p><i>Pour les vaches à lait.</i></p> <p>a) 3 kgr. de son.</p> <p>b) 1 1/2 » de maïs concassé.</p> <p>1 1/2 » de tourteaux.</p> <p>c) 2 » d'orge concassée.</p> <p>1 » de tourteaux.</p>	

Les rations que nous venons d'indiquer sont celles qui produisent le plus d'effet, mais comme elles reviennent souvent un peu

cher, on est obligé de se contenter d'une nourriture un peu moins intensive.

#### IV. MOYENS POUR OBTENIR A L'ÉTAT SOLIDE LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DES VINASSES ; PROCÉDÉS DE SÉCHAGE.

Depuis quelque temps l'attention des distillateurs et des constructeurs a été attirée sur la possibilité de sécher les drèches afin d'en obtenir un aliment pouvant être conservé et transporté sans difficulté ; aussi, devons-nous essayer d'examiner dans quelles conditions le séchage des vinasses peut être avantageux.

Bien des personnes se figurent que la transformation de la drèche en un aliment sec est toujours avantageuse ; mais l'auteur *s'élève dès l'abord contre cette allégation*. Il est clair, en effet, que l'on n'a intérêt à diminuer la proportion d'eau contenue dans la vinasse que, lorsqu'en la distribuant aux animaux, on les force à absorber une quantité d'eau anormale, ce qui n'arrive que lorsqu'on leur donne de très fortes rations de vinasse. On peut compter qu'une pièce de gros bétail pesant environ 500 kgr. absorbe de 25 à 30 kgr. d'eau, et même davantage quand la température est plus élevée, par suite de l'augmentation de la transpiration. Si donc on donne aux animaux 30 à 35 litres de vinasse, on ne les force en aucune façon à prendre une quantité d'eau anormale et il est parfaitement inutile d'enlever à la vinasse une certaine proportion d'eau qu'il faudrait restituer aux animaux sous forme de boisson. *Nous pouvons donc dire avec sûreté que le séchage des drèches n'est pas d'un grand intérêt pour les distilleries agricoles dans lesquelles on n'en distribue aux animaux qu'une quantité modérée.*

Il ne nous reste donc à examiner que le cas où les rations de drèche sont très fortes et où l'on force, par suite, les animaux à absorber des quantités d'eau anormales. On sait que ce n'est pas là le moyen de bien utiliser les matières nutritives, sauf toutefois quand il s'agit de production de lait. Il semble, en effet, d'après toutes les expériences qui ont été faites que la vinasse, autant à la vérité par la *forte proportion d'eau qu'elle contient que par sa haute température*, a la propriété toute particulière d'exercer une influence favorable

sur la production du lait. Si donc on voulait sécher de la vinasse destinée à nourrir des vaches laitières, on ferait non-seulement une opération inutile, mais on diminuerait encore la production de lait. Maercker croit même que lorsqu'on vise à la production du lait on peut distribuer aux animaux une dose très élevée de vinasse chaude contenant plus d'eau qu'ils n'en prendraient comme boisson, et que l'on provoque ainsi la sécrétion du lait. On peut donc douter, quoique les limites dans lesquelles on peut distribuer la vinasse chaude aux vaches laitières n'aient pas encore été déterminées exactement, que le séchage de la vinasse présente un réel intérêt à ce point de vue.

Tout autre est la question lorsqu'on emploie la drèche à d'autres usages.

Quand on est obligé de faire de la drèche la base de l'alimentation de bêtes à l'engrais, il n'est pas rationnel de leur faire prendre une quantité d'eau plus grande qu'il n'est nécessaire. Ce que nous disons ici est encore peut-être plus vrai pour les bêtes de labour dont on diminue les forces en introduisant trop d'eau dans leur nourriture et, par suite, dans leur sang.

Maercker a démontré, dans un des articles qu'il a publiés à ce sujet (*Zeitschrift für Spirit. Ind.*, 1883, p. 472), que l'excès d'eau que l'on fait prendre à un animal en lui donnant, par exemple, 80 litres de vinasse, nécessite la combustion de 2,75 kilos d'hydrates de carbone, sans aucun profit pour l'animal. On peut donc dire que la ration maxima de drèche, à l'état liquide, est celle qui correspond à la quantité d'eau nécessaire aux besoins de l'animal, et que le surplus doit lui être fourni à l'état solide. Ce ne sont donc, en général, que dans les distilleries agricoles qui distribuent de grandes quantités de drèche au bétail que l'on a intérêt à la sécher, tandis que cette opération n'offre aucun avantage aux exploitations dans lesquelles on ne donne que de faibles rations de drèche; en admettant, bien entendu, que ces distilleries consomment elles-mêmes leurs drèches.

L'intérêt que peut offrir la transformation de la vinasse liquide en un aliment facile à conserver et à transporter doit aussi être considéré à un autre point de vue. Il est clair que lorsque le séchage peut se faire à peu de frais, il a l'avantage de produire une matière sèche marchande, ce qui peut permettre de forcer la fabrication sans augmenter d'une quantité correspondante le nombre des animaux,

condition qu'il est souvent difficile de réaliser par suite du manque de capitaux, d'espace, etc.

Les aliments concentrés obtenus par la dessiccation des diverses vinasses possèdent, sans contredit, une grande valeur nutritive. Nous avons déjà vu (page 480) que l'on pouvait obtenir de 100 kgr. de matières premières, en tenant compte de l'orge employée, les quantités suivantes de résidus secs (séchés à l'air):

Pommes de terre.....	10 kgr. de résidu sec.
Seigle.....	40 » »
Mais.....	45 » »

La composition de ces diverses drèches sèches n'est naturellement pas la même, ainsi que le montre le tableau suivant, déjà produit à la page 480 :

RÉSIDU SEC (séchée à l'air).

	Drèche de pommes de terre	Drèche de seigle	Drèche de maïs
Humidité.....	12,00 %	12,0 %	12,0 %
Matières azotées.....	24,90 »	29,7 »	24,6 »
Corps gras.....	2,90 »	5,7 »	14,7 »
Matières extractives non azotées	39,20 »	36,5 »	30,6 »
Cellulose.....	9,90 »	11,4 »	14,5 »
Matières minérales.....	11,10 »	4,7 »	3,6 »
	<hr/> 100,00 %	<hr/> 100,0 %	<hr/> 100,0 %

La drèche de pommes de terre séchée se rapproche des germes de malt par sa composition et particulièrement par la quantité d'amides qu'elle contient ; celle de seigle séchée renferme un peu plus d'albumine que les tourteaux de colza et un peu moins de matières grasses, mais peut, en somme, leur être comparée. La drèche de maïs séchée se distingue par la forte proportion de corps gras qu'elle contient et qu'on ne pourrait retrouver que dans les tourteaux de palme ou dans la farine des graines de coton ; elle renferme, par contre, moins de matières protéiques que cette dernière (24,6 % au lieu de 42 %).

La valeur des diverses drèches séchées peut être fixée de la manière suivante :

Drèche de pommes de terre séchée... ..	Fr. 12,40 % kgr.
Drèche de seigle séchée.....	Fr. 16,25 % »
Drèche de maïs séchée.....	Fr. 17,50 % »

Ces prix peuvent servir de bases pour la comparaison des drèches

séchées avec les tourteaux de colza et les aliments analogues, mais non pas avec la farine des graines de coton qui est, pour diverses raisons, un aliment meilleur marché.

Il a enfin été indiqué dans la *Zeitschrift für Spiritus Ind.*, année 1883, page 190, dans quelles conditions le séchage des vinasses pouvait être avantageux, et l'on a prouvé que si l'on peut espérer un bénéfice notable de cette opération pour le maïs et les pommes de terre, même lorsque ces matières premières sont à un prix élevé, elle n'est avantageuse pour le seigle que lorsqu'il est à bon marché, en admettant que les frais de fabrication, l'intérêt et l'amortissement soient les mêmes.

Bien des appareils à sécher les drèches ont été inventés et répandus pendant ces dernières années ; ils peuvent se diviser en deux catégories :

1° Ceux qui permettent d'obtenir tous les éléments de la vinasse ;

2° Ceux qui ne permettent de recueillir que les parties insolubles de la vinasse, au moyen d'une filtration ou d'une décantation. Comme la vinasse contient plus d'éléments solubles que d'insolubles (voir à ce sujet l'analyse de M. E. Schultze et de Maercker, page 454), il est clair que les procédés qui se rangent dans la deuxième catégorie laissent perdre une certaine quantité des éléments nutritifs ; toutefois, ceux qui ont la plus grande valeur, à savoir les matières azotées, sont insolubles en majeure partie (60 à 65 %) et peuvent être obtenus par filtration. On doit cependant, en général, recommander les procédés basés sur la vaporisation qui exclut toute perte et permet, par suite, l'utilisation complète de tous les éléments de la drèche.

Les vinasses provenant de colonnes à distiller chauffées à l'aide de serpentins et non à l'aide de vapeur directe, sont naturellement plus concentrées et, par suite, plus propres à être transformées en substances sèches.

*L'appareil à évaporer de Gontard* (voir son dessin et sa description à la page 28) est très qualifié pour évaporer les vinasses jusqu'à un certain degré de concentration et est employé avec succès dans ce but dans les distilleries de mélasse. On peut également s'en servir pour obtenir une première concentration des drèches de pommes de terre ou de grains, et l'on achève ensuite l'opération par pression ou

à l'aide d'une dessiccation complémentaire comme cela se pratique dans le procédé de *Theisen*. L'appareil de Gontard, qui est simple et bon marché, se recommande par la facilité qu'il offre pour obtenir une première concentration. La dessiccation est ensuite achevée à l'aide des disques évaporateurs de *Theisen*.

Le procédé de séchage le plus perfectionné et le plus répandu jusqu'à présent est celui de *M<sup>r</sup>. Ed. Theisen* de Leipzig-Lindenau, et *Maercker* sait que l'on n'a eu qu'à s'en louer, entr'autres à la distillerie de Schiedam (Hollande), chez *M. E. Kederlen*, de Delfshaven, et chez *M. P. Porion*, de Wardrecques.

Le procédé *Theisen* consiste en trois opérations successives : d'abord une première concentration par évaporation qui réduit la vinasse à 80 % d'eau, puis on l'amène à 60 % par pression, et l'on achève ensuite la dessiccation dans un appareil spécial.

La première concentration se fait dans un appareil à évaporation en cuivre chauffé par les gaz des foyers. La vinasse y arrive directement de la colonne à distiller. L'appareil de *Theisen* qui est très puissant permet d'évaporer 20 kgr. d'eau par kgr. de charbon, alors que dans une chaudière simple on n'en évapore que 8 kgr. Au sortir de l'appareil à évaporer, la drèche ne contient plus que 80 % d'eau ; on diminue ensuite cette proportion d'humidité par la pression et l'on arrive à la réduire ainsi à 60 %. L'eau qui s'échappe des presses est ramenée dans l'appareil à évaporer, tandis que la masse pâteuse, après avoir été remuée et, quelquefois aussi, mélangée avec de la farine sèche, passe dans la machine à sécher proprement dite. Celle-ci avait été construite par *Theisen* pour sécher les résidus de brasserie. La dessiccation s'y fait, non à l'aide de la chaleur directe, mais par de la vapeur à 3 ou 4 atmosphères, afin d'éviter de brûler la masse qui se sèche. On place jusqu'à 4 de ces appareils au-dessus les uns des autres.

L'appareil à sécher affecte la forme cylindrique, fig. 247. Le fond concave qui constitue la surface desséchante est ondulé et les gorges sont relativement assez profondes. Dans ces gorges se meuvent des palettes qui soulèvent constamment la matière séchée, de façon à l'aérer. En même temps, les résidus cheminent dans l'appareil et sortent d'une façon continue à l'extrémité de l'appareil opposée à l'entrée.

La disposition générale de l'appareil de Theisen est donnée par la fig. 248 dans laquelle on trouve :

A. L'évaporateur préparatoire qui fonctionne comme un triple

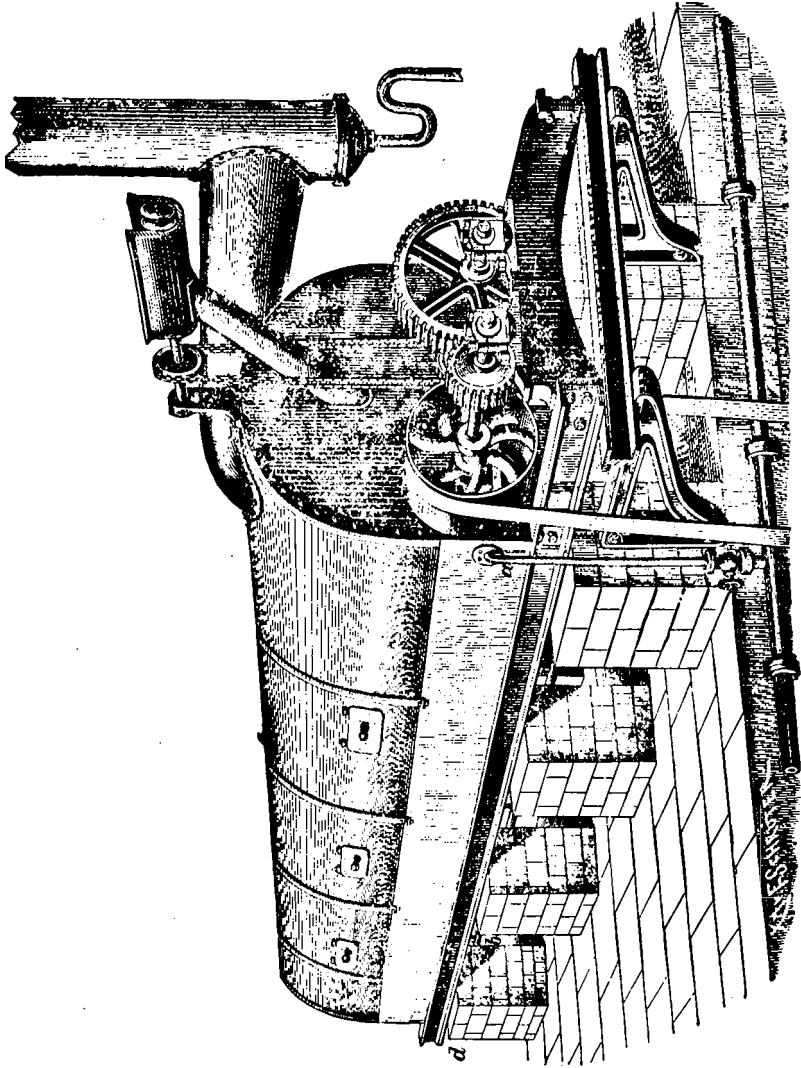


Fig. 247.

effet ; I représente le condenseur , II la caisse intermédiaire, III la caisse directement chauffée par les gaz chauds, à l'entrée de la drèche naturelle, *b* le flotteur réglant le niveau de la drèche dans la

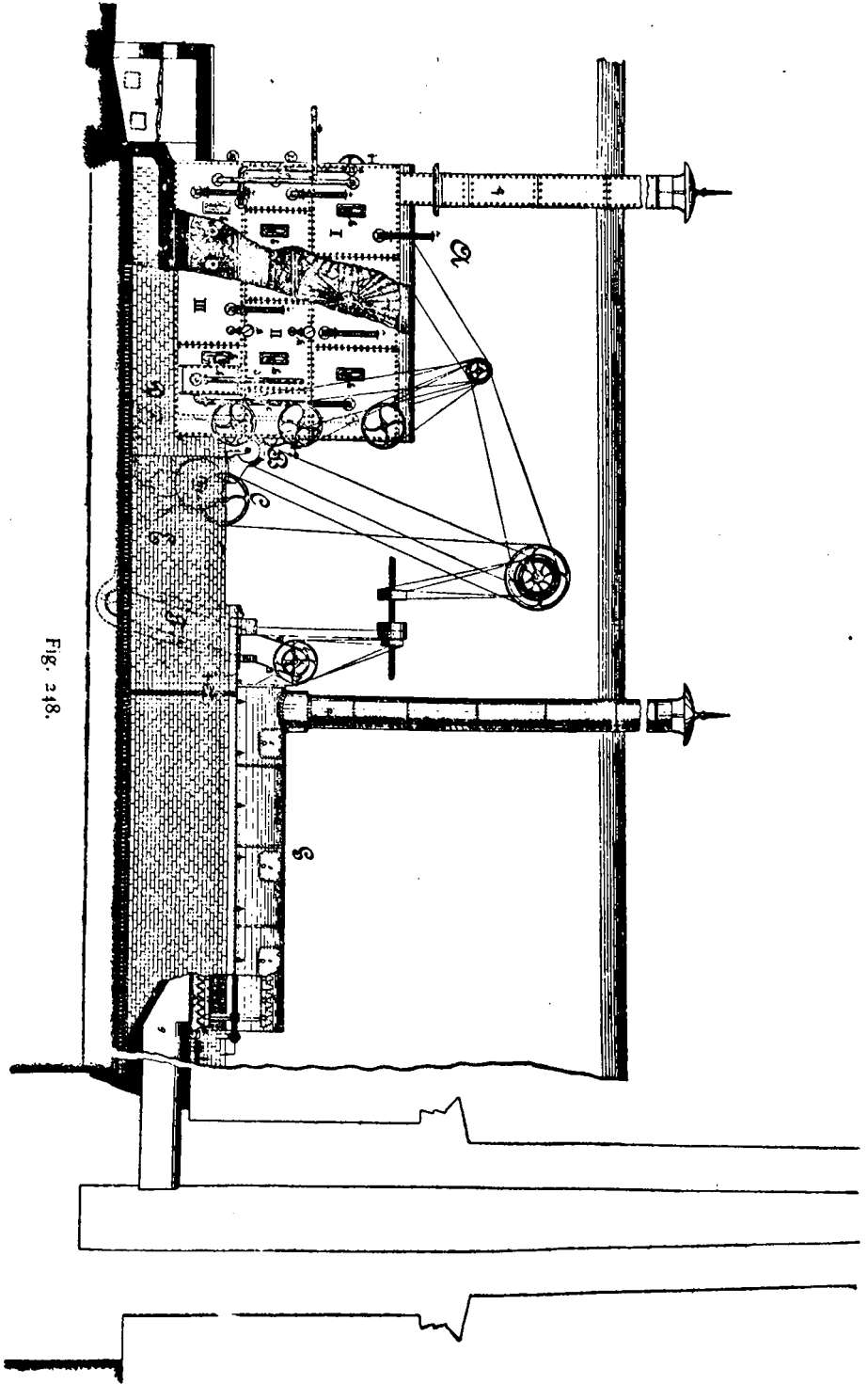


Fig. 248.



caisse III, *c* le tuyau de pression reliant *b* à I, *d* le tuyau d'air de *b*, *e* le déversoir mobile de la drèche de la caisse I à la caisse II, *f* le tuyau du déversoir, *g* le déservoir pour la drèche évaporée, *hh* les regards, *ii* les thermomètres pour les drèches et la vapeur, *kk* les manomètre et indicateur du vide, *ll* les poulies motrices des disques d'évaporation, *mm* les robinets de vidange des caisses, *op* les soupapes de sûreté des caisses III et II, *q* la cheminée d'évacuation des vapeurs de I, B le mélangeur, D la pompe, E la citerne, F l'élévateur.

B. *L'appareil à sécher proprement dit* comprenant : 1 l'entrée de la drèche, 2 la sortie, 3 les palettes d'agitation, 4 la cheminée d'évacuation de la vapeur d'eau, 5 les trous d'homme, 6 la chambre de vapeur de chauffe, 7 la soupape d'entrée de la vapeur, 8 la sortie de la vapeur condensée. Cet appareil de Theisen est déjà très répandu et s'emploie aussi pour la dessiccation du marc retiré au moyen de filtres-presses des vinasses de mélasse.

*Demmin* concentre les drèches avec de la vapeur directe ou d'échappement dans un appareil analogue à celui de *Robert* ; la vapeur de la première caisse passe dans la seconde, celle de la seconde dans la troisième et celle de la troisième est employée pour la distillation, à condition de conduire la colonne à distiller avec un vide égal à celui de la troisième caisse. Cet appareil n'a pas encore fait ses preuves, et il est peu probable qu'il réalise les avantages annoncés, c'est-à-dire une économie de combustible de 60 % sur une dessiccation ordinaire. Les autres procédés de dessiccation ne cherchent qu'à retirer toutes les matières en suspension contenues dans les drèches. Nous avons vu déjà qu'il en résultait une perte importante de matières nutritives ; mais, en revanche, ces procédés permettent d'avoir recours à des appareils beaucoup moins coûteux.

Le premier appareil de ce genre a été construit par *Hatschek*, de Vienne, mais cet inventeur a dû l'abandonner à cause des difficultés techniques qu'il présentait. Récemment *Hatschek* a repris ses essais et a obtenu de bons résultats avec les drèches de seigle et de maïs. Son procédé consiste à opérer la filtration dans de grandes cuves à double fond à une température d'au moins 80° C. Les résidus suffisamment compacts sont pressés à nouveau et mélangés à 8 — 10 % de son. Cette masse encore humide passe alors dans une machine de compression qui, suivant sa grandeur, fabrique de 600 à 1800 pains contenant 1/2 kilogr. de matière sèche. Ces pains sont alors

desséchés dans un four continu et constituent une matière nutritive d'une odeur agréable; ils peuvent aussi être conservés longtemps. Dans les distilleries travaillant le maïs, on peut remplacer le son par les germes et les balles de ce grain. Hatschek construit un appareil spécial pour la décortication du maïs.

Enfin, *G. Walther* a aussi pris un brevet pour la filtration des drèches et la formation de tourteaux, ainsi que le *D<sup>r</sup> G. Baumert* pour une presse continue.

Le procédé de dessiccation de *Heinrich Henke et C<sup>o</sup>*, de Grüneck près de Freising, consiste à précipiter les matières solides de la vinasse par un collage, à l'aide d'une solution de colle de poisson. En mélangeant, en effet, à un hectolitre de drèche, 5 gr. de colle dissoute dans un peu d'eau, on obtient au bout de 10 à 12 heures de repos un précipité épais recouvert d'une couche de liquide clair que l'on peut éliminer par décantation. Quant à la masse boueuse, elle est d'abord neutralisée à l'aide de craie, puis exposée sur des surfaces chauffées où elle se sèche.

La drèche sèche obtenue de cette façon a, d'après le professeur *Soxhlet*, la composition suivante :

	Drèche de pommes de terre	Drèche de maïs	Drèche de seigle	Drèche de froment
Eau.....	7,83 %	11,12 %	5,82	11,39
Protéine.....	23,08 »	21,44 »	20,81	28,88
Corps gras.....	3,55 »	11,44 »	4,23	8,54
Matières extractives non azotées..	40,54 »	38,96 »	58,20	33,85
Cellulose.....	8,60 »	10,55 »	7,08	8,60
Cendres.....	16,40 »	6,50 »	3,86	8,74

*Schuster* recommande un autre procédé permettant de séparer et recueillir une partie des matières solides de la drèche et qui consiste à tamiser non pas la vinasse, mais le moût. Il obtint, en moyenne, pour un encuvage de 40 hectolitres de moût de pommes de terre, environ 100 kgr. de résidus. De mauvaises pommes de terre en donnaient 150. La vinasse que l'on obtient par ce procédé, renfermant encore des matières nutritives, est naturellement distribuée aux animaux. Quant au résidu solide il est acidifié et conservé dans des fosses; il constitue un excellent aliment dont on peut distribuer 7 1/2 kgr. par tête de gros bétail et par jour. *Schuster* ne donne malheureusement pas d'analyse de ce résidu; il est évident que s'il est très aqueux, la ration de 7 kgr. 1/2 est trop minime pour

produire un effet utile notable. Du reste, Schuster, en préconisant cette manière de travailler, se propose moins d'obtenir un résidu utilisable, que de remplacer dans les cuves à fermenter 100 à 150 kgr. de matières inertes (soumises cependant à l'impôt) par des corps fermentescibles, ainsi que d'éviter les engorgements des pompes à moût et des appareils à distiller.

*La conservation de la vinasse dans des fosses ou citernes spacieuses* est pratiquée dans la distillerie de *Miehler*, à Buchsdorf, dans la Silésie autrichienne. Les parois des fosses à vinasses sont planchées et les joints sont calfatés. La drèche doit, à la vérité, devenir fortement acide, mais les animaux la prennent cependant avec plaisir et leur santé ne paraît pas en souffrir. L'application en grand de ce système offrirait des difficultés et *Maercker* ne voudrait pas, du reste, en conseiller l'adoption parce qu'il donne forcément lieu à une perte sensible de matières nutritives par suite des infiltrations dans le sol et de la fermentation qui se produit dans la fosse.

*Dyrenfurth* conserve aussi la drèche dans des fosses cimentées, après l'avoir mélangée avec de la paille hachée, du sel, des tourteaux de colza et du son de froment.

Citons en terminant une analyse faite par *Maercker* sur des résidus séchés de la fabrique de levure pressée de MM. *Haring Ehrenberg et C<sup>o</sup>*.

Voici cette analyse :

Humidité .....	6,20 %
Corps gras.....	1,68 »
Cendres .....	5,90 »
Cellulose.....	15,53 »
Protéine.....	14,50 »
Matières extractives non azotées.....	56,19 »
	<hr/>
	100,00 %

COMPOSITION DES MATIÈRES PREMIÈRES LES PLUS EMPLOYÉES.

	Substances sèches			Matières azotées			Corps gras			Amidon et Sucre			Matières extractives non azotées			Matières non azotées totales			Cellulose.			Proportion moyenne de cendres	
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum			
Pommes de terre.....	18	36	24	1,5	3,0	2,2	0,1	0,3	0,2	14,0	30,0	18,0	0,5	1,5	0,7	14,5	31,5	19,0	0,5	1,5	0,7	1,1	
Orge.....	80	90	85	6,0	18,0	10,0	1,0	3,0	2,1	55,0	65,0	60,0	1,7	5,0	3,4	56,7	70,0	63,4	2,2	10,8	4,8	2,6	
Malt vert avec germes.....	48,0	60,0	52,0	6,0	6,5	6,3	—	—	1,5	36,0	42,0	40,0	2,0	3,0	2,5	38,0	45,0	42,5	1,5	7,7	3,2	1,7	
Malt sec sans germes.....	90,0	95,8	92,5	8,0	10,0	9,0	—	—	2,4	64,0	70,0	68,0	0,7	3,7	1,7	64,7	73,7	69,7	2,4	11,0	5,0	2,3	
Mais frais.....	76,0	82,0	80,0	5,5	13,5	9,0	3,0	6,4	4,6	50,0	60,0	56,0	3,8	6,9	6,2	53,8	66,9	62,2	0,9	7,9	2,8	1,4	
Mais vieux.....	84,0	92,0	86,0	6,0	15,0	10,0	3,0	7,0	5,0	55,0	65,0	60,0	4,0	7,5	6,5	59,0	72,5	66,5	1,0	8,5	3,0	1,5	
Seigle.....	80,5	91,5	85,0	8,9	17,5	11,5	1,0	3,0	1,7	55,0	68,0	63,0	3,0	8,0	4,9	58,0	72,9	67,9	1,1	3,9	2,0	1,8	
Froment.....	81,0	92,0	86,0	8,0	24,0	12,5	1,0	3,0	1,7	59,0	75,0	65,0	1,5	6,0	2,4	60,5	77,4	67,4	1,2	6,4	2,7	1,8	
Avoine.....	84,0	92,0	87,0	8,5	18,5	11,7	4,0	7,5	6,0	45,0	62,0	53,0	1,7	4,0	2,1	46,7	66,0	55,1	8,5	16,2	10,8	3,1	
Mélasse.....	75,5	84,2	81,4	—	—	—	—	—	—	40,0	55,0	48,0	12,0	18,0	14,0	—	—	—	—	—	—	—	10,8

# TABLE DES FIGURES

DU TOME SECOND.

Figures	Pages	Figures	Pages
128	26	157	124
129 } Réfrigérant à gradins de Schröter	27	158 } Ferment butyrique	128
130 }		159 }	
131 Réfrigérant centrifuge de Siemens	27	160 Différentes formes des schizomycètes	130
132 Appareil Gontard pour refroidir et évaporer...	28	161 Appareil à lait de malt de Venuleth et Ellenberger	136
133 Schema de la circulation méthodique	33	162 }	136
134 Réfrigérant tubulaire de Nøegeli	35	163 } Réfrigérants à levain	138
135 } Réfrigérant de Venuleth et Ellenberger	38	164 }	139
136 }		165 }	139
137 Réfrigérant de Paucksch	39	166 Réfrigérants pour cuves de fermentation	209
138 Réfrigérant de Very	41	167 }	216
139 Réfrigérant à hélices de Hentschel	42	168 }	217
140 Réfrigérant d'Ilgès	43	169 } Courbes graphiques de la marche de la fermentation	218
141 } Réfrigérant à surface de Theisen	50	170 }	219
142 }	51	171 }	
143 Plongeur à glace	55	172 } Plan et coupe d'une distillerie de betteraves	270
144 Cellules de pommes de terre	56	173 }	
145 } Cellules de pommes de terre après leur cuisson à l'air libre	57	174 } Injecteur-souffleur de Kœrting	275
146 }	58	175 }	276
147 }	59	176 Appareil à distiller simple	333
148 }		177 Appareil à distiller primitif de Pistorius	335
149 Cellule d'une pomme de terre atteinte de pourriture sèche	69	178 Appareil à colonne de Pistorius	336
150 Saccharomyces cerevisiae	101	179 Appareil à chaudière de Weigelt	337
151 Levure en pleine croissance, au repos, morte	102	180 Appareil de Volkmar et Hänig	338
152 Diverses sortes de levures	104	181 Appareil continu. Construction Bohm	340
153 Levure haute et levure basse	104	182 Appareil continu. Construction Paulmann	343
154 Formation des askospores de la levure	106	183 Appareil à distiller de Wernicke	345
155 } Ferment lactique	121	184 Appareil à distiller de Hecht	348
156 }		185 }	350
		186 }	351

Figures	Pages	Figures	Pages
187	} Détails de l'appareil Christoph..	217	Compteur à alcool de Weiser.. 390
188		218	Compteur à alcool de Beschorner 391
189	Appareil d'Ilgès.....	219	} Appareil mesureur de moût de
190	} Détails de l'appareil Ilgès.....	220	
191		221	Appareil d'épreuve pour la vi-
192	Appareil des frères Siemens....		nasse, de Prenzler..... 397
193	} Détails de l'appareil Siemens..	222	} Rectificateur de Savalle.....
194		358	
195	} Appareil de Salzmann.....	224	Rectificateur de Heckmann....
196		361	225
197	Appareil d'Ostrowski.....	226	Batterie de filtres de Kyll.....
198	Appareil de Collette.....	227	Appareil à rectifier à l'aide de
199	Pompe à moût de Bohm .....		l'électricité d'Eisenmann.....
200	} Réfrigérants à alcool.....	228	Rectificateur continu Fontaine.
201		369	229
202	369	230	Plan de la distillerie de Duneyken
203	370	231	} Distillerie de Mochel.....
204	370	232	
205	Réfrigérant de Theisen .....	233	Distillerie - modèle , système
206	Éprouvette.....	234	Paucksch.....
207	Régulateur de vapeur de Savalle	235	} Distillerie de maïs de Chutorok
208	Régulateur de vapeur d'Ilgès...	236	
209	Régulateur de vapeur de Chris-	237	} Distillerie de betteraves de Gat-
	toph.....	238	
210	Régulateur d'alimentation de	239	Distillerie de Gostkowo .....
	Christoph.....	240	} Distillerie de Gröbzig .....
211	Régulateur d'entrée d'eau de	241	
	Savalle.....	242	Distillerie et raffinerie d'alcool
212	Régulateur d'entrée d'eau de		de Temesvar.....
	Pampe.....	243	447
		244	Laboratoire de l'école supérieure
213	} Compteur à alcool de Siemens.	245	de distillerie de Berlin.....
214		383	246
215	} Compteur à alcool de Dolainsky	247	} Appareil à sécher la drèche, de
216		384	
	388		496
	389		

FIN DE LA NOMENCLATURE DES FIGURES DU TOME SECOND.



Lille Imp. L. Danel.