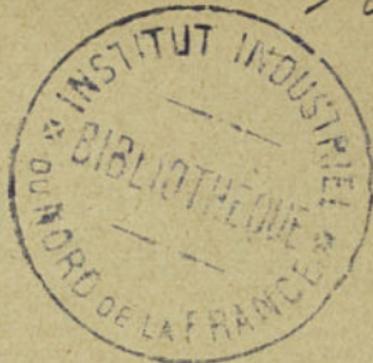


3588



ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée sous la direction de G. WERY

Couronnée par l'Académie des Sciences morales et politiques
et par l'Académie nationale d'Agriculture.

E. BOULLANGER

DISTILLERIE

— II —



Encyclopédie Agricole

Chaque volume : 10 fr.

Botanique agricole	MM. SCHREIBAU et NANOT, prof. à l'Inst. agron.
Chimie agricole, 2 vol.....	M. ANDRÉ, prof. à l'Inst. agron.
Géologie agricole.....	M. CORD, professeur d'agriculture.
Hydrologie agricole.....	M. DIENERT, ingénieur agronome.
Microbiologie agricole, 2 vol.....	M. KAYSER, maître de conf. à l'Inst. agron.
Zoologie agricole.....	M. G. GUÉNAUX, Chef de Travaux à l'Inst. agron.
Entomologie et Parasitologie agr.	
Analyses agricoles, 2 vol.....	M. GUILLIN, dir. du lab. de la S. des ag. de France.
Agriculture générale, 4 vol.....	M. P. DIFFLOTH, professeur d'agriculture.
Engrais, 2 vol.....	M. GAROLA, dir. des serv. agr. d'Eure-et-Loir.
Céréales	
Prairies et plantes fourragères....	M. HITIER, maître de conf à l'Inst. agron.
Plantes industrielles	
Plantes sarclées.....	M. L. BUSSARD, prof. à l'Ec. d'hort. de Versailles.
Cultures potagères.....	MM. L. BUSSARD et G. DUVAL.
Arboriculture fruitière	M. FRON, inspecteur des eaux et forêts.
Sylviculture	M. PACOTTET, chef de lab. à l'Institut. agron.
Viticulture	
Cultures de serres	MM. RIVIÈRE et LECQ, insp. de l'agric. à Alger.
Cultures méridionales.....	
Maladies des plantes cultivées, 2 v.	MM. DELACROIX et MAUBLANC.
Zootéchnie générale, 3 vol.....	M. P. DIFFLOTH, professeur d'agriculture.
— Races bovines	
— Races chevalines.....	
— Moutons	
— Chèvres, Porcs, Lapins....	
Zootéchnie coloniale, 2 vol. . .	M. P. DIFFLOTH, professeur d'agriculture.
Aviculture	M. VOITELLIER, maître de conf. à l'Inst. agron.
Apiculture	M. HOMMEL, professeur d'apiculture.
Pisciculture	M. G. GUÉNAUX, Chef de Travaux à l'Inst. agron.
Sériciculture.....	M. VIEL, insp. de la sericic. de l'Indo-Chine.
Alimentation des animaux.....	M. R. GOUIN, ing. agronome.
Hygiène et maladies du bétail....	MM. CAGNY, méd. vétér., et R. GOUIN.
Hygiène de la ferme.....	MM. REGNARD et PORTIER.
Elevage et dressage du cheval....	M. G. BONNEFONT, officier des haras.
Chasse, Elevage du gibier, Piégeage.	M. A. DE LESSE, ing. agronome.
Pratique du Génie rural	MM. ROLLEY, PROVOST, ing. des amél. agric.
Machines agricoles, 2 vol.....	M. COUPAN, chef de trav. à l'Inst. agronom.
Matériel viticole.....	M. BRUNET, Introduction par M. VIALA.
Matériel vinicole	
Constructions rurales	M. DANGUY, anc. dir. des ét. de l'Ec. de Grignon.
Arpentage et Nivellement.....	M. MURET, professeur à l'Institut agronomique.
Irrigations et Drainage.....	MM. RISLER et WERY.
Electricité agricole	M. PETIT, ingénieur agronome.
Météorologie agricole	M. KLEIN, ingén. agron., docteur ès sciences.
Meunerie	M. L. AMMANN, prof. à l'Ec. de Grignon.
Sucrerie	M. SAILLARD, prof. à l'Ecole des Ind. agr.
Brasserie.....	M. BOULLANGER, s.-dir. de l'Inst. Past. de Lille.
Distillerie	
Pomologie et Cidrerie	M. WARCOLLIER, dir. de la stat. pomol. de Caen.
Vinification	M. PACOTTET, chef de lab. à l'Inst. agron.
Eaux-de-vie et Vinaigres.....	M. CH. MARTIN, anc. dir. de l'Ecole d'ind. lait.
Laiterie	
Cons. de Fruits et de Légumes, 2 v.	M. ROLET, professeur d'agriculture à Antibes.
Indust. et Com. des Engrais.....	M. PLUVINAGE, ingénieur agronome.
Economie rurale	M. JOUZIER, prof. à l'Ecole d'agric. de Rennes.
Législation rurale	
Comptabilité agricole	M. CONVERT, professeur à l'Institut agronom.
Commerce des Produits agricoles.	M. POHER, insp. commercial à la C ^{ie} d'Orléans.
Comment exploiter un domaine....	M. VUIGNIER, ingénieur agronome.
Valeur de la terre en France.....	M. P. CAZIOT, inspecteur du Crédit Foncier.
Le Livre de la Fermière.....	M ^{me} O. BUSSARD.
Précis d'Agriculture	M. SELTENSPERGER, professeur d'agriculture.
Lectures agricoles	
Dictionnaire d'.....	

EC-136
3888

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée par une réunion d'Ingénieurs agronomes
SOUS LA DIRECTION DE G. WERY

DISTILLERIE

AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

EAUX-DE-VIE DE FRUITS — RHUMS

PAR

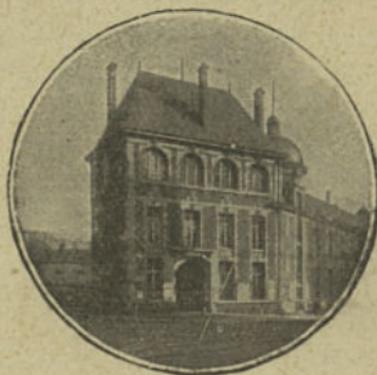
Eugène BOULLANGER

INGÉNIEUR AGRONOME
SOUS-DIRECTEUR DE L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

— II —

Distillation. — Rectification. — Résidus de la Distillerie

TROISIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE
Avec 116 figures intercalées dans le texte.



PARIS

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

19, RUE HAUTEFEUILLE, 19, PRÈS DU BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1925

Tous droits réservés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1



DISTILLERIE

AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

EAUX-DE-VIE DE FRUITS, RHUMS

— II —

I. — DISTILLATION, RECTIFICATION ET ÉPURATION DE L'ALCOOL

Le liquide fermenté renferme, à côté de l'alcool, un certain nombre d'autres produits. Parmi ceux-ci, quelques-uns sont volatils, par exemple les acides acétique, butyrique, les éthers de ces acides, les alcools supérieurs tels que les alcools isopropylique, propylique, isobutylique, butylique, isoamylique, amylique, enfin l'aldéhyde éthylique. D'autres produits sont fixes, par exemple les sucres, les sels minéraux, les matières albuminoïdes, les particules de drèche, etc. En outre, le liquide renferme au maximum 12 à 14 p. 100 d'alcool, avec les moûts les plus concentrés.

Il est nécessaire de séparer d'abord l'alcool plus ou moins concentré de la majeure partie de ces produits, et on emploie dans ce but la distillation. Cette simple opération suffit pour la préparation des eaux-de-vie. Pour obtenir les alcools neutres d'industrie,

il est nécessaire de concentrer le liquide jusqu'à un titre alcoolique très élevé, et de le débarrasser des produits volatils qui l'accompagnent encore. On arrive à ce résultat par la rectification qui est un raffinage de l'alcool brut destiné à le rendre tout à fait pur.

Ce double travail de la distillation et de la rectification peut se faire soit en une, soit en deux opérations. Dans le premier cas, on procède d'abord à la distillation du vin pour obtenir un alcool brut ou flegme, à titre alcoolique plus ou moins élevé, qui renferme encore un certain nombre d'impuretés volatiles. Ce flegme est ensuite soumis à la rectification qui l'épure et en extrait l'alcool bon goût. Dans le second cas, on rectifie directement les vins dans un seul appareil, de manière à produire à la fois dans cet appareil la séparation et la purification de l'alcool.

Enfin pour compléter l'épuration et débarrasser les alcools des odeurs tenaces, on a parfois recours à la filtration sur charbon ou à des procédés spéciaux de purification.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LA DISTILLATION ET LA RECTIFICATION DE L'ALCOOL

La distillation a pour but la séparation de l'alcool, à un degré de concentration plus ou moins élevé, des matières fixes et d'une partie des matières volatiles qui l'accompagnent dans le vin.

On peut avoir recours soit à la distillation simple, soit à la distillation méthodique. La distillation simple est particulièrement employée pour la prépa-

ration des eaux-de-vie. Dans ce mode de travail, le liquide à distiller est placé dans une chaudière reliée à un serpentín ou à un faisceau tubulaire réfrigérant; les vapeurs alcooliques dégagées dans la chaudière sont immédiatement condensées dans le réfrigérant et fournissent ainsi un liquide plus riche en alcool que le vin primitif. Le produit de cette première distillation n'a généralement pas le degré voulu, et on le distille une seconde fois pour atteindre ce degré. Pour obtenir ainsi un alcool à très haut degré, il serait nécessaire de procéder à un grand nombre de distillations successives, et pour éviter la dépense de vapeur et de temps qu'entraînerait un tel mode de travail, on a recours à la distillation méthodique adoptée aujourd'hui partout pour la préparation des alcools d'industrie. La méthode la plus simple de distillation méthodique consiste à munir les appareils de distillation simple de boules ou de lentilles refroidies qui jouent le rôle de condenseurs et permettent d'obtenir ainsi en une seule opération un liquide alcoolique plus concentré. Cette méthode est employée pour la distillation des eaux-de-vie sans repasse. Pour la production des alcools d'industrie, on a recours à la véritable distillation méthodique qui consiste en principe à superposer en colonne les appareils de distillation simple, le liquide alcoolique de chaque appareil étant chauffé par les vapeurs du liquide moins alcoolique placé dans l'appareil situé immédiatement au-dessous.

L'étude théorique précise des phénomènes de la distillation et de la rectification sortirait du cadre de cet ouvrage. Elle exige en effet une connaissance approfondie des lois physiques telles que les tensions de vapeur des liquides en mélange, la solubilité des

DEGRÉ DU LIQUIDE		TEMPÉRA- TURE d'ébulli- tion. C.	RICHESSSE DES VAPEURS			
en volumes p. 100.	en poids p. 100		d'après GRÖNING		d'après SOREL	
			en volumes p. 100.	en poids p. 100.	en volumes p. 100.	en poids p. 100.
1	0,8	99,0	13,0	10,5	9,9	8,0
2	1,6	98,2	28,6	23,5	17,7	14,4
3	2,4	97,4	35,0	29,0	25,2	20,6
4	3,2	96,6	39,9	33,3	31,3	25,7
5	4,0	95,9	43,4	36,5	35,7	29,6
6	4,8	95,2	46,7	39,5	39,3	32,7
7	5,6	94,5	49,8	42,3	42,6	35,7
8	6,4	93,9	52,3	44,7	45,5	38,4
9	7,2	93,3	54,5	46,8	48,4	41,0
10	8,0	92,6	57,2	49,4	51,0	43,5
11	8,9	92,1	59,0	51,2	53,4	45,8
12	9,7	91,5	60,8	53,0	55,7	48,0
13	10,5	91,1	62,4	54,6	57,4	50,1
14	11,3	90,6	64,0	56,2	59,8	52,0
15	12,2	90,2	65,4	57,7	61,5	53,7
16	13,0	89,7	66,8	59,1	62,9	55,2
17	13,8	89,3	68,0	60,4	64,0	56,3
18	14,6	89,0	69,2	61,6	64,9	57,2
19	15,4	88,6	70,3	62,8	65,6	57,9
20	16,3	88,3	71,3	63,9	66,2	58,5
21	17,1	87,9	72,1	64,8	66,6	58,9
22	17,9	87,7	73,0	65,7	67,0	59,3
23	18,8	87,4	73,7	66,5	67,4	59,7
24	19,6	87,1	74,4	67,3	67,7	60,1
25	20,5	86,9	75,1	68,1	67,9	60,3
26	21,3	86,6	75,8	68,8	68,2	60,6
27	22,1	86,4	76,4	69,5	68,5	60,9
28	23,0	86,2	77,0	70,2	68,7	61,2
29	23,8	86,0	77,6	70,8	69,0	61,4
30	24,7	85,7	78,1	71,4	69,3	61,7
31	25,6	85,5	78,7	72,1	69,5	62,0
32	26,4	85,3	79,2	72,7	69,8	62,2
33	27,3	85,1	79,7	73,2	70,0	62,5
34	28,1	85,0	80,1	73,7	70,3	62,8
35	29,0	84,8	80,5	74,1	70,6	63,2
36	29,9	84,7	80,9	74,6	70,9	63,4
37	30,7	84,5	81,2	75,0	71,1	63,7
38	31,6	84,4	81,6	75,5	71,4	64,0
39	32,5	84,2	82,0	75,9	71,7	64,3
40	33,4	84,1	82,3	76,3	71,9	64,6
41	34,3	83,9	82,7	76,7	72,2	64,9
42	35,2	83,8	83,0	77,1	72,5	65,2
43	36,1	83,7	83,3	77,4	72,8	65,5
44	37,0	83,5	83,6	77,8	73,1	65,8
45	37,9	83,4	83,8	78,1	73,4	66,2
46	38,8	83,3	84,1	78,4	73,7	66,5
47	39,7	83,1	84,3	78,7	74,0	66,9
48	40,7	83,0	84,6	79,0	74,3	67,2
49			79,3	79,3	74,6	67,5

DEGRÉ DU LIQUIDE		TEMPÉRA- TURE d'ébulli- tion. C.	RICHESSE DES VAPEURS			
en volumes p. 100	en poids p. 100.		d'après GRONING		d'après SOREL	
		en volumes p. 100.	en poids p. 100.	en volumes p. 100.	en poids p. 100.	
50	42,5	82,8	85,1	79,6	74,9	67,9
51	43,5	82,7	85,3	79,9	75,3	68,2
52	44,4	82,6	85,5	80,2	75,6	68,6
53	45,4	82,5	85,7	80,4	75,9	68,9
54	46,3	82,4	86,0	80,7	76,2	69,3
55	47,3	82,3	86,2	81,0	76,5	69,6
56	48,3	82,1	86,4	81,2	76,9	70,0
57	49,2	82,0	86,6	81,5	77,2	70,4
58	50,2	81,9	86,9	81,8	77,5	70,7
59	51,2	81,8	87,1	82,0	77,8	71,1
60	52,2	81,7	87,3	82,3	78,2	71,5
61	53,2	81,6	87,5	82,5	78,5	71,9
62	54,2	81,5	87,6	82,7	78,9	72,3
63	55,2	81,4	87,8	83,0	79,2	72,7
64	56,2	81,3	88,0	83,2	79,6	73,1
65	57,2	81,2	88,2	83,4	79,9	73,5
66	58,3	81,2	88,3	83,6	80,3	73,9
67	59,3	81,1	88,5	83,8	80,6	74,4
68	60,4	81,0	88,6	84,0	81,0	74,8
69	61,4	80,9	88,8	84,2	81,4	75,3
70	62,5	80,8	89,0	84,4	81,8	75,8
71	63,6	80,7	89,1	84,6	82,3	76,3
72	64,6	80,6	89,3	84,8	82,7	76,9
73	65,7	80,5	89,4	85,0	83,2	77,4
74	66,8	80,5	89,6	85,2	83,6	77,9
75	67,9	80,4	89,8	85,5	84,1	78,4
76	69,0	80,3	90,0	85,7	84,5	79,0
77	70,2	80,2	90,1	85,9	85,0	79,5
78	71,3	80,1	90,3	86,1	85,5	80,1
79	72,4	80,0	90,4	86,3	86,0	80,7
80	73,6	79,9	90,6	86,6	86,5	81,3
81	74,7	79,8	90,8	86,8	87,0	81,9
82	76,0	79,7	91,0	87,0	87,5	82,6
83	77,2	79,7	91,1	87,2	88,0	83,2
84	78,3	79,6	91,3	87,4	88,5	83,8
85	79,5	79,5	91,5	87,7	89,0	84,5
86	80,7	79,4	91,6	87,9	89,6	85,2
87	81,9	79,3	91,8	88,1	90,1	85,9
88	83,2	79,2	92,1	88,5	90,7	86,6
89	84,5	79,2	92,3	88,8	91,2	87,4
90	85,8	79,1	92,6	89,2	91,8	88,1
91	87,1	79,0	»	»	92,5	89,1
92	88,4	79,0	»	»	93,2	90,0
93	89,7	78,9	»	»	93,8	90,7
94	91,0	78,8	»	»	94,5	91,7
95	92,5	78,7	95,4	93,0	95,3	92,9
96	93,9	78,7	»	»	96,2	94,2
97	95,3	78,6	»	»	97,1	95,5
98	96,8	78,6	98,0	96,8	98,0	96,8

corps les uns dans les autres, les chaleurs de vaporisation, les chaleurs spécifiques, etc. L'établissement des formules mathématiques exige en outre l'emploi de méthodes de calcul auxquelles nous ne pouvons avoir recours dans cet ouvrage élémentaire. Nous nous bornerons donc, dans ce qui va suivre, à indiquer les principaux résultats fournis par la théorie et par l'expérience.

Principes théoriques de la distillation.

Distillation simple d'un mélange d'alcool et d'eau. — Nous envisagerons le cas simple de la distillation à l'alambic d'un mélange d'alcool éthylique et d'eau de titre moyen. Dans ce cas, la théorie et l'expérience montrent que si on désigne par P le taux de l'alcool et par Q le taux de l'eau, par p et q les quantités d'alcool et d'eau contenues dans la vapeur, on a :

$$\frac{P}{Q} < \frac{p}{q}.$$

Le mélange va donc en s'appauvrissant en alcool et les vapeurs émises sont plus riches en alcool que le liquide. Au fur et à mesure que celui-ci s'épuise, la température s'élève, et finalement le résidu se trouve complètement privé d'alcool. Si toutefois le titre alcoolique du liquide soumis à la distillation atteint 97,6 p. 100, le mélange bout à une température plus basse que les mélanges d'alcool et d'eau plus riches ou moins riches en alcool, de sorte qu'un tel mélange ne peut être décomposé par la distillation à la pression ordinaire.

Gröning a dressé des tables qui indiquent le degré alcoolique des vapeurs émises par un liquide bouillant, étant donné le degré alcoolique de ce liquide. Ces chiffres ont été déterminés en distillant les liquides alcooliques dans une cornue rayonnant librement à l'air : les condensations qui se produisent sur les parois de la cornue ont pu constituer une cause d'erreur. Aussi M. Sorel a-t-il dressé une table analogue, mais en opérant la distillation dans une grande cornue métallique complètement immergée dans un bain. Les résultats de Gröning et de Sorel sont réunis dans le tableau des pages 8 et 9.

Des chiffres de Gröning on peut déduire le titre alcoolique d'un liquide distillé à l'alambic, et le volume de liquide à distiller pour avoir l'épuisement complet.

Soit P le poids d'un mélange d'alcool et d'eau, R sa richesse alcoolique pondérale p. 100, le poids M d'alcool contenu dans le liquide primitif est $M = \frac{PR}{100}$.

Dans le laps de temps où la richesse alcoolique pondérale p. 100 du liquide descend de la valeur a_1 à une valeur très voisine a_2 , on peut admettre approximativement que la composition moyenne des vapeurs alcooliques qui se forment se rapproche de celle des vapeurs qui seraient produites par un mélange contenant $\frac{a_1 + a_2}{2} = a$ d'alcool p. 100 en poids. La table de Gröning nous donne r, richesse alcoolique pondérale p. 100 de la vapeur émise à l'ébullition par ce liquide de concentration a. Si p est le poids du liquide distillé, la quantité Q d'alcool vaporisé sera $\frac{pr}{100}$. Enfin, le poids du liquide restant

dans l'alambic à la richesse alcoolique pondérale a_2 p. 100, est évidemment $P - p$, et le poids d'alcool restant est $(P - p) \frac{a_2}{100}$. En écrivant que le poids d'alcool contenu dans le liquide primitif est égal à la somme des poids de l'alcool vaporisé et de l'alcool restant dans le liquide, on a la relation :

$$M = Q + [P - p] \frac{a_2}{100} = \frac{pr}{100} + [P - p] \frac{a_2}{100}.$$

On en tire aisément le poids du liquide distillé :

$$p = \frac{100 M - P a_2}{r - a_2}$$

et le poids d'alcool vaporisé :

$$Q = \frac{pr}{100} = \frac{100 Mr - P a_2 r}{100 (r - a_2)}.$$

On voit que pour $a_2 = 0$, on a $Q = M$, ce qui est évident.

Prenons un exemple. On a 100 kilogrammes d'un alcool à 50 p. 100 en volume, c'est-à-dire 42,5 p. 100 en poids, donc $M = 42,5$. On distille de manière à amener la richesse alcoolique volumétrique à 48 p. 100, c'est-à-dire à 40,7 p. 100 en poids. On a $a = \frac{42,5 + 40,7}{2} = 41,6$. La table de Gröning nous donne aussitôt $r = 79,3$ p. 100 en poids. On a d'autre part, $a = 40,7$. On en tire :

$$p = \frac{100 \times 42,5 - 100 \times 40,7}{79,3 - 40,7} = 4 \text{ kgr. } 663.$$

d'où $Q = 0,04663 \times 79,3 = 3 \text{ kgr. } 697$. Il reste donc dans le ballon 95 kgr. 337 de liquide à 48 degrés en volumes.

Dönitz a étendu le calcul précédent à toutes les périodes de la distillation de 2 en 2 degrés et a dressé ainsi le tableau suivant qui permet de résoudre toutes les questions pratiques de la distillation simple.

POINT d'ébulli- tion.	POIDS du résidu.	RICHELSE en alcool		POINT d'ébulli- tion.	POIDS du résidu.	RICHELSE en alcool	
		en volumes p. 100.	en poids p. 100.			en volumes p. 100.	en poids p. 100.
degrés.	kg			degrés.	kg.		
79,1	1000,0	90	85,8	83,5	39,2	44	37,0
79,2	536,0	88	83,2	83,8	37,6	42	35,2
79,4	355,0	86	80,7	84,1	36,0	40	33,4
79,6	264,0	84	78,3	84,4	34,6	38	31,6
79,7	208,0	82	75,9	84,7	33,3	36	29,9
79,9	172,0	80	73,6	85,0	32,0	34	28,1
80,1	146,0	78	71,3	85,3	30,8	32	26,4
80,3	127,0	76	69,1	85,7	29,7	30	24,7
80,5	111,0	74	66,8	86,2	28,6	28	23,0
80,6	99,3	72	64,6	86,6	27,6	26	21,3
80,8	89,9	70	62,5	87,1	26,7	24	19,1
81,0	82,0	68	60,4	87,7	25,9	22	17,9
81,2	75,3	66	58,3	88,3	24,7	20	16,3
81,3	69,5	64	56,2	89,0	24,0	18	14,6
81,5	64,7	62	54,2	89,7	23,2	16	13,0
81,7	60,4	60	52,2	90,6	22,3	14	11,3
81,9	56,6	58	50,2	91,5	21,5	12	9,7
82,1	53,3	56	48,3	92,6	20,7	10	8,1
82,4	50,2	54	46,3	93,9	19,9	8	6,4
82,6	47,6	52	44,4	95,2	19,0	6	4,8
82,8	45,2	50	42,5	96,6	18,1	4	3,2
83,0	43,1	48	40,7	98,2	17,1	2	1,6
83,3	41,1	46	38,8	100,0	14,5	0	0,0

L'usage de cette table est très simple. Supposons qu'on ait soumis à la distillation 1 kilogramme d'un liquide à 10 p. 100 d'alcool en volumes, soit 8,1 p. 100 en poids, jusqu'à ce que le liquide ne contienne plus que 2 p. 100 d'alcool en volumes, soit 1,6 p. 100 en poids. Combien a-t-on distillé et quelle est la richesse du liquide? La table précédente indique

que dans la distillation d'un liquide à 10 d. jusqu'à 2 d., on obtient sur 20 kgr. 7 un résidu de 17 kgr. 1.

Pour 1 kilogramme, il restera donc $\frac{17,1}{20,7} = 0$ kgr. 826.

Le poids du liquide distillé est donc de 0 kgr. 174 et la

richesse en alcool du liquide est $\frac{8,1 \times 1 - 1,6 \times 0,826}{0,174}$

= 38,9 p. 100 en poids, soit 46 d. 1 en volumes.

Pour épuiser complètement en alcool le liquide, il aurait fallu abaisser le poids du résidu jusqu'à 14 kgr. 5 au lieu de 17 kgr. 1, pour 20 kgr. 7. Il serait donc resté sur 1 kilogramme de liquide

alcoolique $\frac{14,5}{20,7} = 0$ kgr. 700, et on aurait obtenu

300 grammes de liquide à $\frac{8,1}{0,300} = 27$ p. 100 d'alcool

en poids, soit 32 d. 7 en volumes.

D'autre part, M. Duclaux, en étudiant la distillation simple d'un mélange d'eau et d'alcool éthylique, a trouvé que pour avoir l'épuisement complet, il faut distiller environ :

40 p. 100 d'un liquide de	2 d. à	5 d.
60 —	—	10 d. à 15 d.
70 —	—	20 d. à 30 d.
80 —	—	40 d.
90 —	—	50 d.

Ces chiffres sont notablement différents de ceux qu'on obtient par le calcul précédent basé sur les tables de Gröning. Ces différences proviennent de ce fait que les chiffres obtenus par les auteurs ne sont vrais que dans les conditions spéciales d'expérimentation où ils se sont placés. L'intensité du chauffage et le volume du liquide en ébullition ont en effet une influence considérable sur la richesse

des vapeurs. Plus l'ébullition est violente et rapide, moins l'alcool obtenu est concentré. Si nous envisageons par exemple un alambic vide et surchauffé dans lequel on introduit un liquide alcoolique en quantité telle que ce liquide soit instantanément vaporisé, il est évident que la richesse alcoolique des vapeurs sera la même que celle du liquide. Si, au contraire, on procède à une ébullition très lente du liquide préalablement placé dans l'alambic, on pourra épuiser totalement un liquide à 10 d. en distillant seulement 30 p. 100, comme l'indiquent les tables de Gröning.

Ces tableaux et ces chiffres n'ont donc qu'une valeur relative et nullement une valeur absolue. Cependant, ils constituent les seuls documents qui servent de base actuellement aux problèmes de la distillation, bien qu'ils soient difficilement applicables aux conditions des appareils actuels.

Quoi qu'il en soit, il résulte des tables de Gröning comme de celles de Duclaux qu'en partant d'un liquide à 10 d. d'alcool, il est impossible d'obtenir par un seul épuisement de l'alcool à fort degré par distillation simple.

Dans les alambics, on doit donc avoir recours à un artifice pour obtenir en premier jet un liquide distillé plus riche en alcool. Dans ce but, on procède à une condensation partielle des vapeurs en faisant ruisseler de l'eau sur le couvercle de l'alambic, ou sur une lentille qui surmonte le tuyau de dégagement de l'appareil, comme nous le verrons plus loin en étudiant les alambics.

La théorie de la distillation dans ce cas a été faite par M. Sorel et elle montre qu'on doit, pour avoir un résultat satisfaisant, faire circuler l'eau de refroi-

dissement et les vapeurs en sens contraire, augmenter la surface de contact de manière à réduire le plus possible la quantité de liquide réfrigérant, et disposer l'appareil de façon que les reflux aient sensiblement le même titre que le liquide de la chaudière. Mais la théorie montre en outre que la quantité de chaleur à céder à un tel condenseur devient énorme pour les derniers kilogrammes d'alcool, à mesure que le liquide de la chaudière s'appauvrit, quand on tient à recueillir un produit alcoolique d'un titre constant et relativement élevé. Le problème devient même pratiquement irréalisable en fin de travail et on doit renoncer à pousser l'opération jusqu'au bout et recourir à la distillation simple pour recueillir un alcool pauvre qu'on réunit à l'alcool à travailler dans les opérations suivantes (1).

Pour éviter cette augmentation dans la consommation de chaleur au fur et à mesure de l'appauvrissement du liquide de la chaudière, on a construit des appareils à chaudières multiples dans lesquels la chaudière inférieure est seule chauffée par un foyer ou par la vapeur et envoie ses vapeurs barboter dans la deuxième chaudière placée au-dessus et qui est munie du condenseur. Quand la chaudière inférieure est épuisée, on la vide et on la charge avec le liquide partiellement épuisé, venant de la deuxième chaudière qu'on remplit de nouveau avec du liquide à distiller. On réalise ainsi une économie de combustible en utilisant une grande partie de la chaleur des vapeurs dégagées à la distillation du liquide alcoolique de la deuxième chaudière au lieu de l'abandonner à l'eau qui alimente le condenseur.

(1) E. SOREL, *La Distillation* (ENCYCLOPÉDIE DES AIDE-MÉMOIRE LÉAUTÉ).

Distillation méthodique d'un mélange d'alcool et d'eau. — La distillation méthodique

dérive directement du principe que nous venons d'exposer pour les appareils à chaudières multiples. Considérons un vase contenant un mélange d'alcool et d'eau renfermant 1 d. d'alcool; portons le liquide à l'ébullition; il se mettra à bouillir à 99 degrés et nous obtiendrons des vapeurs qui, d'après les tables de Gröning, auront environ 13 d. Supposons maintenant que nous fassions barboter ces vapeurs alcooliques dans un mélange d'alcool et d'eau plus riche en alcool que le liquide primitif et contenu dans un deuxième vase placé au-dessus du premier. Ce deuxième liquide aura un point d'ébullition inférieur à 99 degrés puisqu'il est plus riche en alcool que le premier; la vapeur qui arrive est donc plus chaude que la température d'ébullition de ce liquide; celui-ci va donc pouvoir jouer le rôle de condenseur, être bientôt porté à l'ébullition par la chaleur abandonnée par les vapeurs qui se condensent et se vaporiser par suite à son tour en produisant des vapeurs plus riches en alcool que les premières. Faisons barboter ces vapeurs dans un troisième vase contenant un mélange d'alcool et d'eau encore plus riche en alcool que le précédent; les mêmes phénomènes vont se reproduire, et ainsi de suite.

Le liquide le moins riche peut-être constitué par le liquide primitif le plus riche qui arrive d'abord dans le vase supérieur, et descend ensuite de vase en vase jusqu'au vase inférieur en s'appauvrissant en alcool. Le liquide le plus riche commence donc à s'épuiser dans le vase supérieur, descend dans le vase situé au-dessous et fait alors bouillir le liquide chargé à sa place dans le vase supérieur; il passe ensuite dans

le troisième vase et fait bouillir le vin moins affaibli qui se trouve à sa place dans le second, et ainsi de suite, le vase inférieur renfermant le liquide épuisé et contenant par suite de l'eau pure, le vase supérieur recevant le mélange d'eau et d'alcool à distiller. Dans ces conditions, les vapeurs d'eau émises à 100° par le vase inférieur échauffent peu à peu le liquide pauvre en alcool du vase situé immédiatement au-dessus, l'amènent à la température d'ébullition et il se produit bientôt dans ce vase un barbotage et une ébullition simultanés. Les vapeurs plus riches émises par ce liquide vont barboter dans le liquide plus alcoolique du vase situé au-dessus, et les mêmes phénomènes se reproduisent ainsi jusque dans le vase supérieur.

Ce vase est alimenté avec le mélange d'eau et d'alcool à distiller; mais ce mélange n'y arrive pas à la température d'ébullition. Le vase d'alimentation doit donc fournir instantanément la quantité de chaleur nécessaire pour amener le liquide à l'ébullition, afin de permettre à la distillation de continuer. Cette quantité de chaleur est fournie par la vapeur venant du plateau situé immédiatement au-dessous. Cette vapeur va d'abord se condenser jusqu'à ce que la température d'ébullition soit atteinte, et il en résulte que le liquide du plateau supérieur s'enrichit en alcool, en condensant ainsi des vapeurs alcooliques. Le liquide du vase d'alimentation sera donc plus riche que le mélange introduit, et d'autant plus riche que ce mélange sera plus éloigné de son point d'ébullition. Cet enrichissement se communiquera aux vases inférieurs. Il en résulte que la vapeur qui se dégage du vase supérieur possède un degré alcoolique plus élevé que celui qui correspond, d'après

les tables de Gröning et de Sorel, au mélange alcoolique introduit, à condition toutefois que la distillation soit bien conduite et qu'on n'injecte pas dans le vase inférieur beaucoup plus de vapeur qu'il n'en faut, car cette vapeur viendrait évidemment diluer le liquide. Ainsi, en alimentant avec un liquide à 4 d. d'alcool, au lieu d'obtenir des vapeurs alcooliques à 40 d. environ, on obtiendra, avec une bonne marche, des vapeurs à 50 d. qui correspondent, d'après les tables de Gröning, à un liquide à 7 d. d'alcool.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que le liquide à distiller est un mélange d'alcool et d'eau. La théorie reste applicable au cas où le mélange à distiller est un liquide fermenté. Dans ce cas, les matières fixes restent évidemment dans le résidu épuisé, et l'alcool est séparé par distillation d'après les principes que nous venons d'exposer. Quant aux autres produits volatils, ils accompagnent plus ou moins l'alcool suivant le mode de distillation, comme nous allons le voir maintenant.

Principes théoriques de la rectification.

Distillation d'un mélange d'alcool et d'impuretés volatiles. — Le flegme obtenu par distillation à un degré plus ou moins élevé renferme, en dehors de l'alcool, de nombreuses impuretés volatiles, et notamment des aldéhydes, des alcools supérieurs, des éthers, des acides gras tels que l'acide acétique, l'acide butyrique, et des bases telles que l'ammoniaque. La rectification a pour but de séparer par voie physique l'alcool de ces impuretés.

Nous avons vu que quand on distille un mélange d'alcool et d'eau de richesse moyenne, les vapeurs émises par le mélange sont plus riches en alcool que le liquide générateur et la richesse de ces vapeurs alcooliques est donnée par les tables de Gröning et de Sorel. Dans la distillation de mélanges d'eau avec un autre produit volatil miscible à l'eau, les vapeurs peuvent avoir une richesse en produit volatil tantôt supérieure, tantôt égale, tantôt inférieure à celle du mélange, suivant la substance volatile considérée et on pourrait, pour chaque mélange de produit volatil et d'eau, de produit volatil et d'alcool, de produits volatils entre eux, dresser des tables analogues à celles de Gröning. Cette étude, extrêmement complexe à cause du nombre considérable d'impuretés que contient le flegme, n'a pas été entièrement faite. Les travaux les plus importants dont nous disposons pour établir la théorie de la rectification de l'alcool sont dus à M. Sorel et à M. Barbet.

Théorie de M. Sorel. — D'après M. Sorel, le mécanisme de la rectification repose sur ce que les vapeurs de la plupart des impuretés qui accompagnent l'alcool dans les flegmes sont diversement solubles dans l'alcool concentré et bouillant (1).

Si un produit déterminé est peu soluble dans l'alcool concentré et bouillant, il est clair qu'un kilogramme de vapeur dégagée par le mélange en contiendra plus qu'un kilogramme de liquide bouillant; si donc on distille le mélange, le taux du produit considéré ira en décroissant rapidement dans la chaudière, et finalement il n'en restera plus qu'une quan-

(1) Nous empruntons les documents nécessaires à l'exposé de la théorie de M. SOREL, à son ouvrage : *Rectification de l'alcool*.

tité indosable. Mais on conçoit aussi qu'on aura dû sacrifier une notable proportion du liquide mis en œuvre pour arriver à cette élimination. Au contraire, si la solubilité est très notable, il est clair qu'un kilogramme de la vapeur dégagée contiendra beaucoup moins de l'impureté considérée qu'un kilogramme du liquide bouillant; il passera donc au début peu de cette impureté dans le produit condensé; mais l'impureté se concentrant dans la chaudière, les vapeurs dégagées s'en chargeront de plus en plus; d'autre part, le liquide s'épuisant d'alcool, la température s'élèvera, la solubilité diminuera et l'impureté envahira les vapeurs. Il pourra même arriver qu'elle soit entraînée en totalité avant que tout l'alcool soit extrait. Ainsi, par distillation simple d'un liquide riche en alcool, on peut, en sacrifiant une notable proportion d'alcool, éliminer du liquide restant et accumuler dans les *têtes* les produits peu solubles dans l'alcool concentré bouillant, mais on ne peut retenir complètement les *queues*. Donc la distillation simple d'alcool déjà fort ne résout pas le problème de la purification absolue.

Ceci posé, la vraie rectification industrielle repose sur les principes suivants :

La solubilité d'une impureté volatile dans un liquide bouillant peut être représentée d'une façon simple, d'après M. Sorel, par la loi :

$$s = KS.$$

s étant le poids, relativement petit, d'une impureté considérée, contenu dans un kilogramme de la vapeur, S le poids de la même impureté contenu dans un kilogramme du liquide générateur, et K un coefficient constant pour chaque mélange. Il y a

donc une relation constante K entre le poids s d'une impureté contenue dans un kilogramme de vapeur et le poids S de la même impureté contenu dans un kilogramme du liquide générateur. Le coefficient K est fonction de la composition du liquide générateur : il varie donc avec la richesse de ce liquide en alcool. Cette variation peut être très considérable, comme le montre le tableau suivant, dû à M. Sorel :

DEGRÉ GL de l'alcool.	CORPS AJOUTÉ A L'ALCOOL.							
	Alcool iso- amylique.	Formiate d'éthyle.	Acétate de méthyle	Acétate d'éthyle.	Isobutyrate d'éthyle.	Isovalérate d'éthyle.	Acétate d'iso- amyle.	Isovalérate d'iso- amyle.
95	0,23	5,1	3,8	2,1	0,95	0,8	0,35	0,39
90	0,30	5,8	4,1	2,4	1,1	0,9	0,6	0,35
80	0,34	7,2	4,6	2,9	1,4	1,3	0,8	0,50
70	0,54	8,5	5,4	3,6	2,3	1,7	1,1	0,82
60	0,80	10,4	6,4	4,3	4,2	2,3	1,7	1,30
50	1,20	»	7,9	5,3	»	»	2,8	»
40	1,92	»	10,5	8,6	»	»	»	»
30	3,00	»	»	12,6	»	»	»	»
20	»	»	»	18,0	»	»	»	»
Température d'ébullition du corps ajouté.	132°	54°,3	56°	77°,1	110°,1	134°,3	137°,6	196°

On voit que le coefficient K est toujours nettement supérieur à 1 pour certains corps tels que le formiate d'éthyle et les acétates de méthyle et d'éthyle. Pour les autres corps il est inférieur à 1 tant que la richesse alcoolique n'est pas descendue à un chiffre suffisamment bas, puis il devient supérieur à 1. La richesse alcoolique pour laquelle K devient inférieur à 1 est de 54 d. pour l'alcool amylique, 92 d. pour l'isobutyrate d'éthyle, 87 d. pour l'isovalérate d'éthyle, 73 d. pour l'acétate d'isoamyle et 67 d. pour l'isovalérate d'isoamyle.

Si on distille dans une chaudière un flegme contenant une quantité S d'une impureté par kilogramme jusqu'à ce que le titre en alcool soit descendu de T à T' , le calcul permet de démontrer que la quantité d'impureté S' contenue dans la chaudière quand le titre est devenu T' est plus petite que S , si K est plus grand que 1. Au contraire si K est plus petit que 1, S' est plus grand que S . Donc, dans le premier cas, $K < 1$, l'impureté reste dans la chaudière; dans le second cas, $K > 1$, l'impureté s'échappe de la chaudière.

Ceci posé, considérons ce qui se passe dans un rectificateur théorique. Un courant de vapeurs alcooliques produit par l'ébullition d'un mélange d'eau et d'alcool impur contenu dans une chaudière s'élève dans une colonne verticale. A la partie supérieure de cette colonne, une partie de la vapeur mixte se condense et redescend de haut en bas, en se divisant au contact des vapeurs ascendantes, de manière à se mettre en équilibre de température et de tension avec elles; une autre partie s'échappe et va à un réfrigérant où on recueille le liquide condensé. Dans ces conditions, le calcul permet de démontrer les propositions suivantes. Si on envisage seulement la partie de la colonne occupée par de l'alcool au maximum de concentration, et si on désigne par V le poids des vapeurs et par P le poids des liquides passant dans l'unité de temps d'un étage à l'étage suivant, le rapport $\frac{V}{P}$ est sensiblement constant, et la différence des impuretés de deux plateaux consécutifs varie en progression géométrique, et cette variation ne dépend que du rapport $\frac{KV}{P}$. Pour un

plateau quelconque de cette partie de la colonne, si le rapport $K \frac{V}{P}$ est supérieur à 1, K étant très grand, l'impureté traverse sans être retenue; si K est moins grand, le rapport $K \frac{V}{P}$ étant toujours supérieur à 1, le calcul montre que le premier plateau au-dessous du condenseur a la charge d'impureté maxima, et que si le nombre des plateaux chargés au maximum de concentration croît en proportion arithmétique, la quantité d'impuretés passant dans le dernier plateau considéré est égale à la quantité qui passe à l'éprouvette, augmentée d'une quantité qui décroît en progression géométrique, d'autant plus rapidement que K est plus grand. Les différents plateaux ont des titres croissant en progression géométrique vers le haut.

Si le rapport $K \frac{V}{P} = 1$, il passe à travers chaque plateau la même quantité d'impuretés dans un sens et dans l'autre, le titre de l'impureté croît lentement d'un plateau à l'autre en progression arithmétique; il faut donc un nombre très considérable de plateaux et une rétrogradation très grande pour retenir l'impureté considérée dans le bas de la colonne.

Si $K \frac{V}{P}$ est inférieur à 1, K étant très petit, le taux de l'impureté considérée va en croissant en progression géométrique lorsque le nombre des plateaux croît en progression arithmétique, du haut en bas de la colonne.

Enfin entre ces deux cas extrêmes où K est très grand ou très petit, et où les différents plateaux ont des titres en impuretés croissant en progression géométrique vers le haut ou vers le bas, il se présente

forcément le cas intermédiaire où la distribution de l'impureté est la même sur tous les plateaux et où la colonne ne retient rien, quel que soit le nombre des plateaux. La valeur K qui correspond à ce cas est la valeur critique, qui augmente lorsque le titre de la colonne s'élève.

Si nous envisageons maintenant ce qui se passe dans les plateaux inférieurs où la richesse alcoolique diminue, on constate que la valeur de K augmente ainsi que celle de $\frac{V}{P}$ dès que la richesse alcoolique baisse. Il en résulte que pour les corps pour lesquels la valeur de $K \frac{V}{P}$ reste toujours supérieure à l'unité, l'épuisement des plateaux inférieurs sera rapide. Les impuretés pour lesquelles la valeur de $K \frac{V}{P}$ est toujours inférieure à l'unité sont encore retenues, mais de plus en plus faiblement à mesure que la concentration diminue et que $K \frac{V}{P}$ augmente. On a donc intérêt à empêcher l'augmentation de ce coefficient pour éviter l'entraînement de ces impuretés à l'éprouvette, ce qui exige la présence, à la partie supérieure de la colonne, d'un grand nombre de plateaux chargés d'alcool concentré. Enfin, il existe des corps, comme l'alcool amylique, pour lesquels la valeur de $K \frac{V}{P}$ est notablement plus petite que 1 en présence d'alcool concentré, et devient notablement plus grande, dès que l'alcool commence à être étendu. Ces corps se comportent donc, dans la partie supérieure de la colonne, où l'alcool est concentré, comme les corps pour lesquels $K \frac{V}{P}$ est inférieur à l'unité, et

y sont par suite retenus; dans la partie inférieure où la richesse alcoolique s'abaisse, ils se comportent comme les corps pour lesquels $K \frac{V}{P}$ est supérieur à l'unité, c'est-à-dire traversent sans être retenus. Il en résulte que ramenés de haut en bas dans les plateaux inférieurs, ils tendent à s'accumuler dans une région déterminée de la colonne où l'alcool fort les retient; c'est la partie occupée par eux, et non la chaudière, qui constitue la zone dangereuse, et il n'y a que la portion de la colonne située au-dessus de cette zone qui soit réellement utile pour la rectification.

Théorie de M. Barbet. — Au lieu d'envisager, comme M. Sorel, le coefficient K , rapport du taux d'impureté dans la vapeur au taux d'impureté dans le liquide, M. Barbet envisage un coefficient K' , rapport de l'impureté de l'alcool en vapeur à l'impureté de l'alcool liquide générateur. Ce rapport n'est plus le même que K . En effet, si nous prenons de l'alcool à 25 d. et contenant 1 p. 100 d'alcool amylique par rapport à l'alcool éthylique seul, soit 0 cc,25 p. 100 du liquide générateur, le tableau de M. Sorel donné plus haut indique pour la valeur de K le chiffre 5,5 c'est-à-dire que la vapeur alcoolique engendrée, au lieu d'avoir 0,25 p. 100 d'alcool amylique, en aura $0,25 \times 5,5 = 1,375$ p. 100. Mais il ne faut pas oublier que la vapeur est plus riche en alcool que le liquide générateur. Les tables de Sorel indiquent qu'un liquide à 25 d. donne une vapeur à 67 d. 95. L'impureté de la vapeur, c'est-à-dire le taux de l'alcool amylique par rapport à l'alcool éthylique, sera $1,375 \times \frac{67,95}{100} = 2,02$. Le taux d'impureté est donc monté de 1 à 2,02 et non pas à 5,5.

M. Barbet appelle ce coefficient K' coefficient de purification. Voici par exemple les valeurs de K' pour l'alcool amylique, et celle de K , suivant la richesse de l'alcool générateur.

	Valeur de K (Sorel).	Valeur de K' (Barbet).
Alcool générateur à 95° . .	0,22	0,22
— 90° . .	0,27	0,26
— 80° . .	0,39	0,334
— 70° . .	0,52	0,41
— 60° . .	0,80	0,55
— 53° . .	1,00	0,618
— 50° . .	1,20	0,70
— 40° . .	1,90	0,92
— 30° . .	3,00	1,15
— 25° . .	5,5	1,83
— 1° . .	33,2	2,50

Ceci posé, M. Barbet a calculé la valeur de ce coefficient K' pour un certain nombre d'impuretés telles que le formiate d'éthyle, les acétates de méthyle et d'éthyle, l'isobutyrate et l'isovalérate d'éthyle, l'acétate et l'isovalérate d'isoamyle, l'alcool amylique. Il a constaté que pour les trois premières la valeur de K' est toujours supérieure à l'unité; pour les autres, elle est supérieure à l'unité tant que la concentration en alcool n'atteint pas une valeur donnée variable avec le corps considéré, et elle devient inférieure à l'unité quand la concentration en alcool dépasse cette valeur. Par exemple, avec l'alcool amylique, pour tous les degrés alcooliques inférieurs à 42 d., K' est plus grand que l'unité, la vapeur distillée est donc plus impure que le liquide qui reste, tandis qu'au-dessus de 42 d., K' devient plus petit que l'unité; c'est la vapeur qui devient plus pure et que l'industrie a intérêt à sélectionner. En un mot, la purification par distillation change de

signe au point où $K' = 1$. Toutes les impuretés qui ont $K' > 1$ (vapeur plus impure que le liquide) se comportent comme des *produits de tête*. Tous les parasites de l'alcool pour lesquels on a $K' < 1$ (vapeur plus pure que le liquide) sont au contraire victorieusement retardés par la rétrogradation et constituent l'ensemble des *produits de queue*. Nous aurons à rappeler ces faits en étudiant la rectification continue.

Pour M. Barbet, les variations de K' sont la résultante expérimentale d'une certaine quantité de propriétés physiques parmi lesquelles la température d'ébullition propre à chaque impureté joue un rôle généralement prépondérant, surtout lorsque l'alcool est à un haut degré de concentration. La présence de l'eau en diverses proportions apporte des perturbations notables et telles que le coefficient K' peut changer de signe, ainsi qu'on l'a vu pour l'alcool amylique. Cette eau agit-elle en augmentant ou en diminuant les solubilités des impuretés dans le liquide? C'est assez probable, mais elle agit aussi en changeant les proportions des tensions de vapeur, en modifiant les chaleurs latentes de vaporisation, etc. En somme, comme une fois la rectification faite, on constate que les produits compris dans les impuretés de tête ont tous une température d'ébullition inférieure à celle de l'alcool, tandis que les produits de queue ont tous une température supérieure, il semble incontestable, d'après M. Barbet, que c'est aux températures d'ébullition et non aux coefficients de solubilité qu'il faut attribuer l'action prédominante (1).

(1) E. BARBET, *La rectification et les colonnes rectificatrices*.
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Cette thèse est donc très éloignée, comme on le voit, de celle de M. Sorel, qui est basée sur les différentes solubilités des impuretés dans l'alcool concentré et bouillant.

Quoi qu'il en soit, il résulte nettement des théories qui précèdent que pour obtenir un alcool très pur et bien débarrassé d'alcool amylique et en général d'huiles de fusel, il y a nécessité de produire l'alcool à très haut degré. On y parvient, comme nous le verrons, en multipliant le nombre des plateaux et par l'emploi d'un puissant condenseur.

II. — DISTILLATION SIMPLE

La distillation simple est employée pour la préparation des eaux-de-vie et des rhums. Nous avons vu qu'elle ne permet pas d'obtenir, par un seul épuisement, de l'alcool concentré aux dépens des vins à 10 ou 12 degrés d'alcool. Toutefois, l'adjonction à ces appareils de déflegmateurs permet d'élever notablement le degré alcoolique du liquide distillé et d'obtenir sans repasse, c'est-à-dire en une seule opération, de l'eau-de-vie à 55-70 d.

Appareils de distillation simple.

On peut distinguer parmi ces appareils les alambics simples et les alambics munis de rectificateurs.

Alambics simples. — L'alambic simple (fig. 1) se compose d'une chaudière, de forme large et basse, ordinairement en cuivre, destinée à recevoir le liquide à distiller. Elle est placée sur un massif de maçonnerie de manière à pouvoir être chauffée à feu

nu. Cette chaudière est surmontée par un large chapiteau, qui se continue lui-même par un long tuyau de cuivre recourbé, qui conduit au réfrigérant. Ce réfrigérant est constitué par un long serpentín métallique, placé dans un réservoir où circule un courant d'eau froide. L'eau froide arrive par la partie inférieure, s'échauffe par les vapeurs alcooliques qui

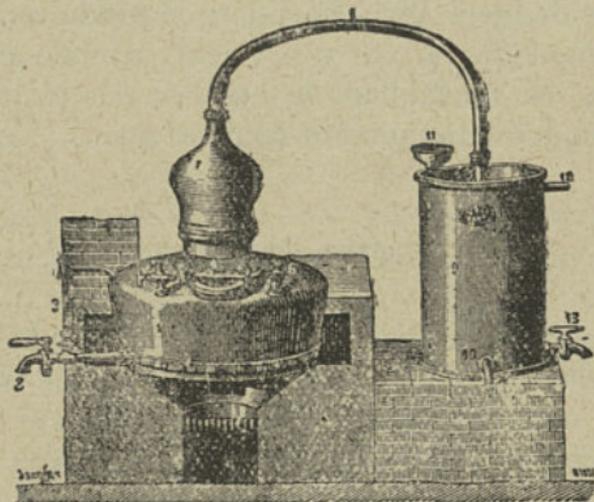


Fig. 1. — Alambic simple, ancien appareil à rhum (Deroy).

se condensent dans le serpentín et s'écoule par le trop-plein supérieur.

Certains appareils de ce genre sont munis d'un chauffe-vin. Dans ce cas, les vapeurs alcooliques qui se dégagent de la chaudière se condensent dans un serpentín placé dans un vase où se trouve le liquide à distiller.

La chaleur abandonnée par la condensation de ces vapeurs échauffe le vin qu'on fait entrer ensuite dans la chaudière pour l'opération suivante. On économise ainsi le combustible. Le liquide alcoolique condensé dans le serpentín du chauffe-vin et les vapeurs non

condensées se rendent alors dans le serpentin du réfrigérant où la condensation et le refroidissement s'achèvent.

Alambics à rectificateurs. — On emploie aujourd'hui de plus en plus les alambics munis

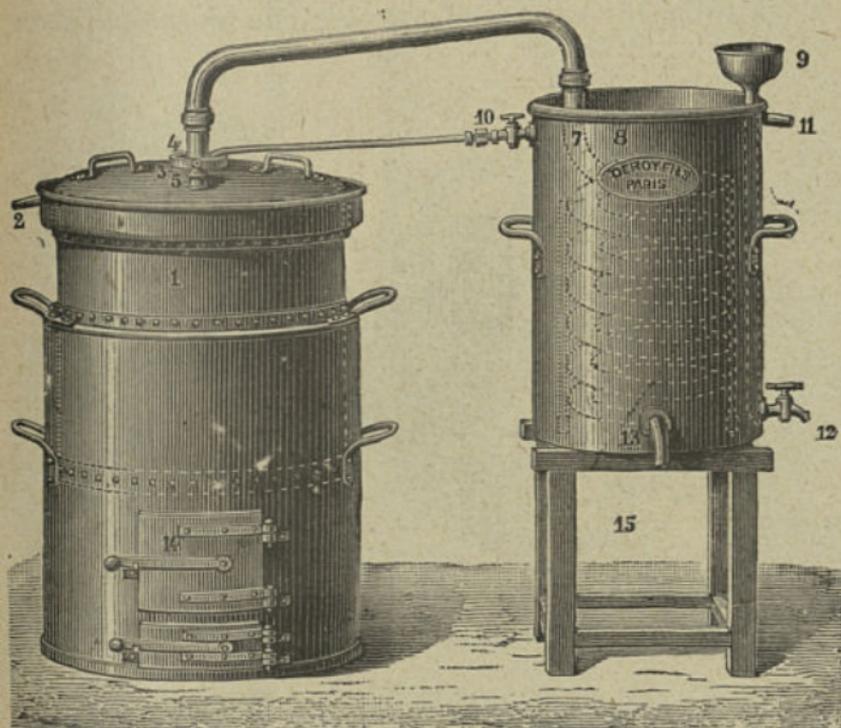


Fig. 2. — Alambic à chapiteau rectificateur et double joint hydraulique (Deroy).

d'appareils de rectification, car ces alambics peuvent fonctionner soit comme alambics simples à repasse, quand on ne fait pas usage du rectificateur, soit comme alambics à rectificateur sans repasse, produisant en une seule opération l'eau-de-vie au degré voulu.

Dans l'alambic Deroy à chapiteau rectificateur (fig. 2), le chapiteau se place comme un simple

couvercle et s'emboîte librement dans la gouttière ou rebord supérieur de la chaudière. Une partie de l'eau de trop-plein du réfrigérant se déverse au centre du chapiteau, s'écoule dans la gouttière et constitue un premier joint hydraulique. Un second joint intérieur est formé par les condensations des

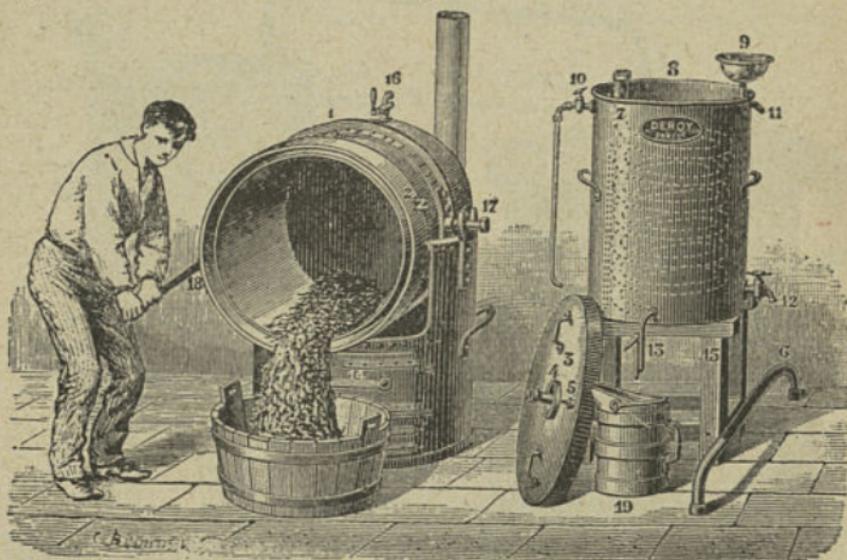


Fig. 3. — Système de basculement pour alambics (Deroy).

vapeurs d'eau, qui, suivant les parois du chapiteau, tombent dans une seconde gouttière et empêchent les vapeurs alcooliques de se condenser dans l'eau du premier joint, comme cela a lieu dans les appareils à joint unique. Toute perte d'alcool est ainsi évitée, et la fermeture est aussi hermétique qu'avec un lut à la pâte ou au caoutchouc. La chaudière, dont la forme est cylindrique, convient à tous les usages domestiques et industriels d'une ferme, d'un vignoble ou d'une propriété. La marche de l'appareil est très simple ; on charge la chaudière du liquide à distiller, on replace le chapiteau 3 qui se relie au serpentin 7

par le col de cygne 6 et on allume le feu après avoir rempli d'eau le réfrigérant 8 ; puis, quand la distillation commence, on règle l'ouverture du robinet

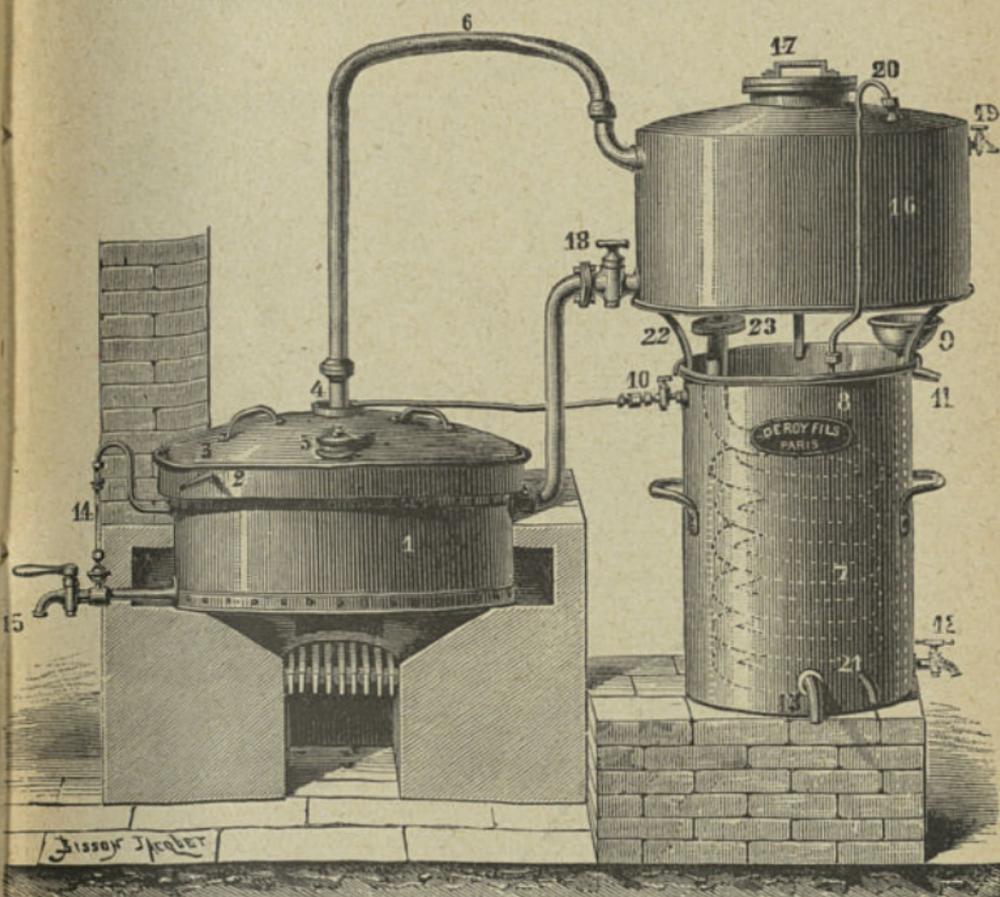


Fig. 4. — Appareil à rhum avec chapiteau rectificateur à double joint hydraulique et chauffe-vin (Deroy).

régulateur 10 suivant le degré qu'on désire obtenir. Les vapeurs riches et concentrées se dirigent vers le serpentín 7 du réfrigérant 8 où elles se condensent pour être recueillies par le tuyau 13. On obtient ainsi sans repasse, c'est-à-dire en une seule opération, des eaux-de-vie à 50-70 degrés. Lorsqu'on veut

opérer par repasse, il suffit de ne pas ouvrir le robinet 10. Ces alambics peuvent être montés avec un système de basculement sur deux tourillons de

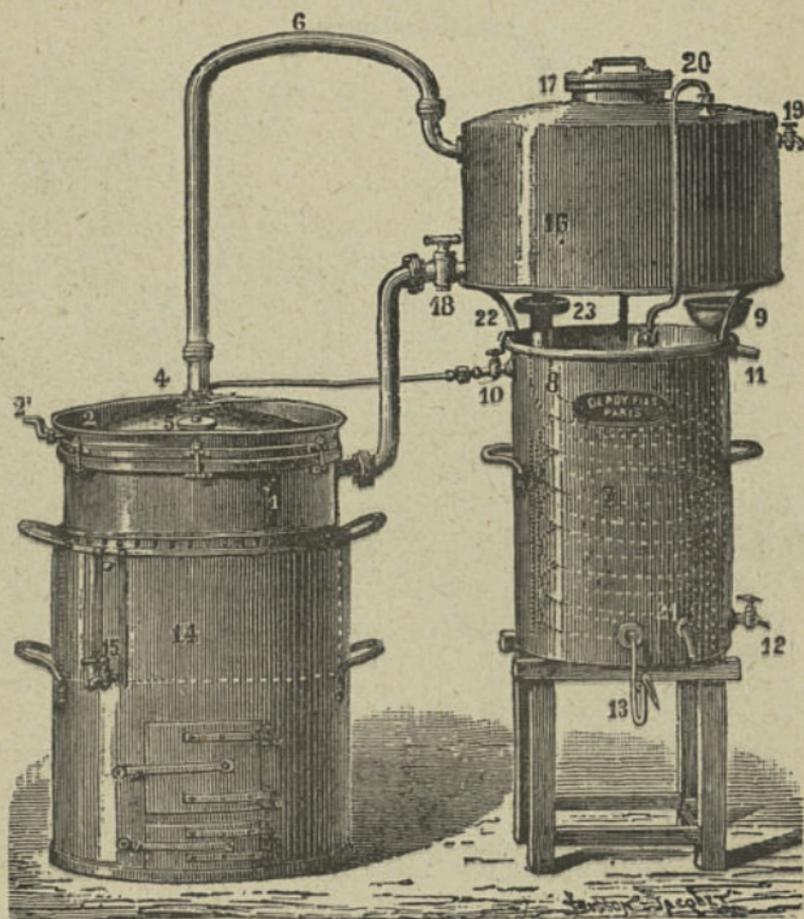


Fig. 5. — Alambic à chapiteau rectificateur, chauffe-vin et joint de serrage (Deroy).

manière à en faciliter la rapide décharge et le nettoyage. La chaudière peut être munie accessoirement d'un robinet de vidange, si l'on désire écouler d'abord les parties liquides avant de basculer les matières solides.

La figure 4 représente un alambic semblable à celui de la figure 2, mais muni d'un chauffe-vin 16, placé au-dessus du réfrigérant 8. Le fonctionnement est le même que dans le cas précédent, mais les



Fig. 6. — Alambic rectificateur avec chauffe-vin, système Gazagne (Gazagne).

vapeurs alcooliques traversent le chauffe-vin 16 et en échauffent le contenu avant d'arriver au serpentin réfrigérant. La chaudière 1 se charge du liquide à distiller, ainsi que le chauffe-vin 16, dont la capacité au niveau du robinet 19 est égale à celle de la chaudière 1.

Lorsque le liquide de la chaudière est épuisé de ses parties alcooliques, on vide par le robinet 15, puis on ouvre le robinet 18 pour remplir de nouveau avec le liquide chaud contenu dans le chauffe-vin. On recharge celui-ci et les opérations se succèdent ainsi. Cet appareil est surtout utilisé pour la fabrication des rhums.

La figure 5 représente un alambic analogue au précédent, mais il comporte une fermeture par joint de serrage, au lieu du double joint hydraulique. Cette fermeture se fait à l'aide de manettes légères, en bronze ou en acier, réparties autour du joint et qui opèrent régulièrement une compression sur le cercle du chapiteau qui vient reposer lui-même sur une bande de caoutchouc noyée dans une gorge ménagée dans le cercle supérieur de la chaudière. La bande de caoutchouc peut même au besoin se remplacer par une tresse de chanvre ou par toute autre matière quelque peu plastique.

La figure 6 représente un alambic rectificateur avec chauffe-vin, système Gazagne. Cet appareil comporte un chapiteau rectificateur spécial qui permet d'obtenir directement, sans repasse, des eaux-de-vie titrant jusqu'à 70 degrés. Avant d'arriver au serpentin de réfrigération, les vapeurs alcooliques peuvent traverser un chauffe-vin, comme dans les figures 6 et 7. Dans la figure 7, l'adaptation sur l'alambic d'un organe analyseur permet de produire de premier jet des alcools à 80-90 degrés. Cet appareil est particulièrement utilisé pour la distillation des rhums.

L'alambic Simplex Deroy (fig. 8) convient aux petits producteurs qui désirent distiller pour leur consommation de famille certains produits de leur

récolte. Le mode de rectification consiste ici en l'application, sur le chapiteau, d'une toile grossière

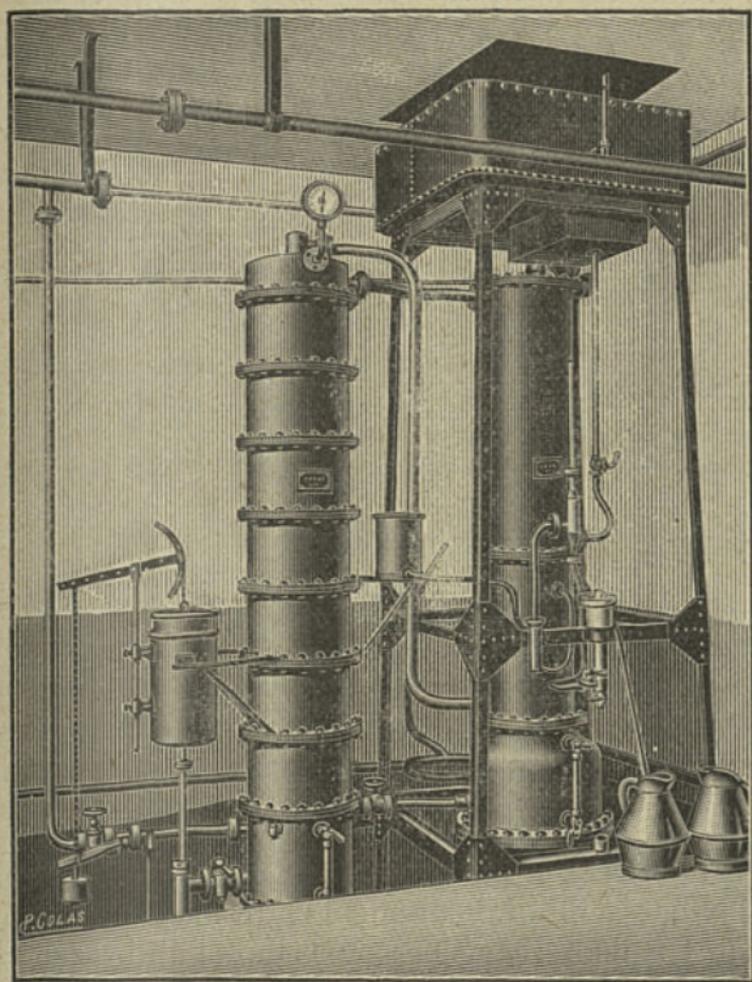


Fig. 7. — Appareil à rhum avec chauffe-vin, système E. Gazagne (Gazagne).

qu'on humecte plus ou moins pendant la distillation, suivant le degré à obtenir. Le joint du chapiteau est fait au moyen d'un cercle de caoutchouc comprimé par un serre-joint mobile.

Pour la distillation des moûts épais tels que les fruits fermentés, on munit parfois les alambics d'un agitateur. Cet agitateur est tantôt mécanique, tantôt automatique. L'agitateur mécanique (fig. 9) se compose d'une manivelle fixée sur une tige horizontale traversant un presse-étoupes et communiquant le

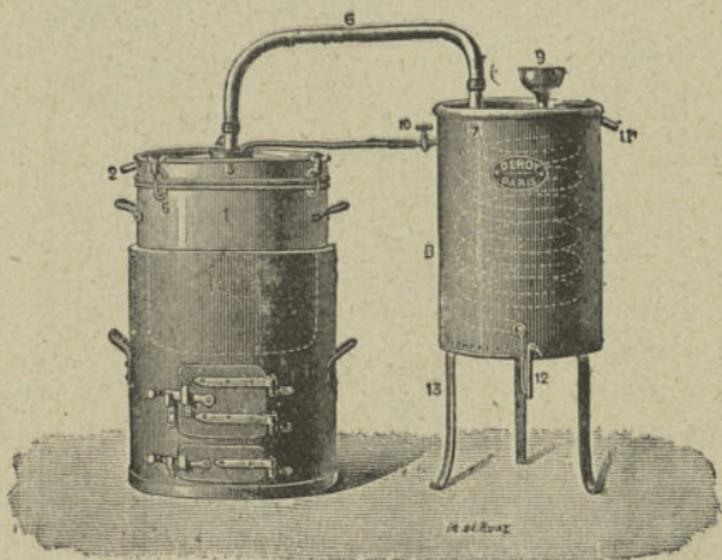


Fig. 8. — Alambic Simplex (Deroy).

mouvement, par deux engrenages d'angle, à un arbre vertical portant deux palettes à brosses. Ces agitateurs sont ordinairement en fer, sauf cependant pour les matières acides où l'emploi du bronze est nécessaire.

L'agitateur automatique Deroy (fig. 10) se compose d'un faux-fond mobile 16, portant au centre un tuyau d'éjection 17, lequel est muni à sa partie supérieure d'une calotte ou brise-jet 18. La grille 19, reconnue inutile dans la plupart des cas, a été supprimée. Cette disposition spéciale permet une cir-

culation rapide et continue du liquide soumis à la distillation. Ce mouvement régulier soumet successivement toutes les parties de la masse à distiller à une surchauffe passagère qui développe certains arômes, sans qu'il y ait à craindre que les particules solides ne se brûlent au fond.

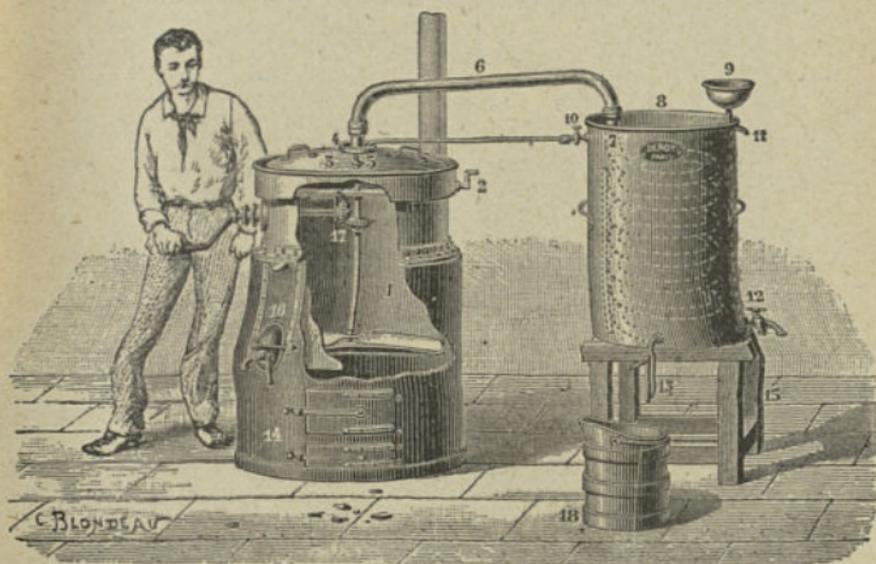


Fig. 9. — Agitateur mécanique applicable aux alambics (Deroy).

En ajoutant aux alambics précédemment décrits une lentille de rectification, on peut obtenir sans repasse des eaux-de-vie de 50 à 75 degrés et avec repasse, à 90 degrés, en distillant des jus faibles. Cette lentille permet en outre d'opérer plus rapidement : elle se place sur le chapiteau de manière à pouvoir l'humecter par le trop-plein de l'eau du réfrigérant. Elle augmente la surface d'analyse des vapeurs en distillation et permet aux vapeurs d'eau qui auraient franchi le chapiteau de venir se condenser avant leur arrivée au col de cygne. Cet organe est muni d'un dispositif particulier permettant

d'humecter d'une façon parfaitement uniforme sa surface externe, au moyen d'un filet d'eau qui provient du réfrigérant et arrive par le robinet 10 dans la collerette 4 (voir fig. 11). Le degré s'élève ou s'abaisse suivant la quantité d'eau qu'on donne à la surface de la lentille : celle-ci peut, au besoin, être

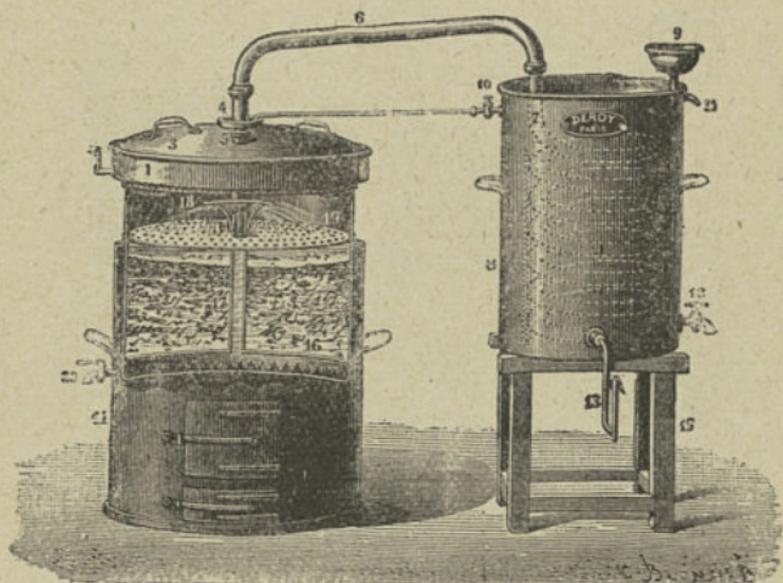


Fig. 10. — Alambic à agitateur automatique (Deroy).

retirée quand on distille des jus riches en alcool.

La figure 11 représente un alambic de ce genre, muni de la lentille de rectification et d'un chauffe-vin. La figure 12 représente un alambic, utilisé surtout pour les rhums, et comportant à la fois la lentille de rectification et le chapiteau rectificateur.

Dans les alambics construits par les établissements Egrot et Grangé, le rectificateur (fig. 13) se compose de deux sphères creuses concentriques. A l'intérieur de la sphère interne arrive un courant d'eau froide qui sort à la partie supérieure en se répandant

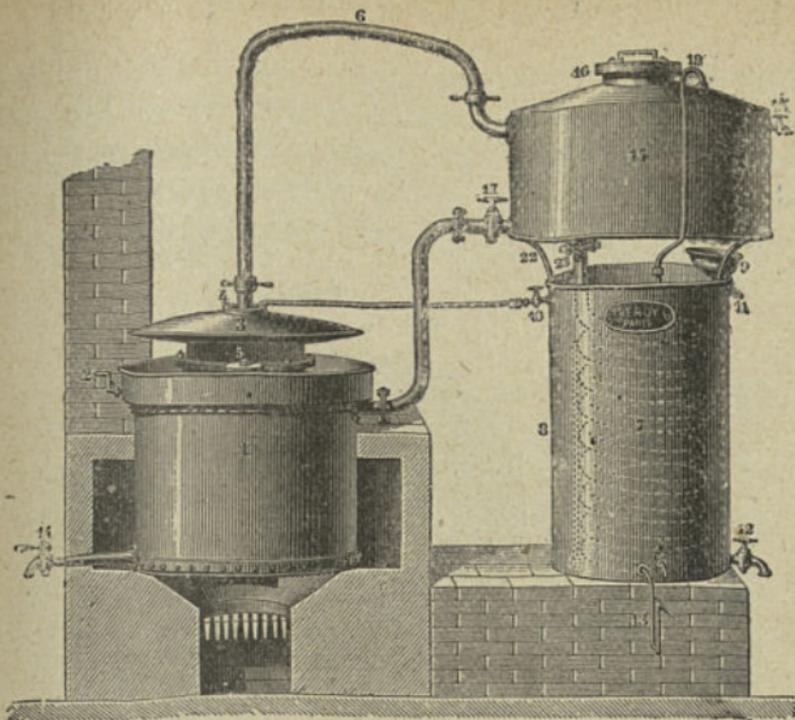


Fig. 11. — Appareil à lentille de rectification, muni d'un chauffe-vin (Deroy).

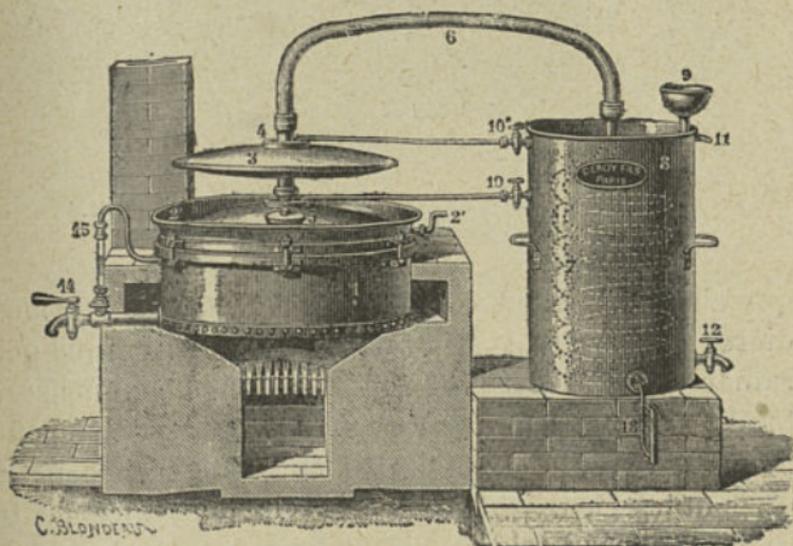


Fig. 12. — Appareil à rhum avec chapiteau rectificateur, joint à serrage et lentille de rectification (Deroy).

sur la surface de la sphère extérieure, qui est recouverte d'un tissu à mailles peu serrées. L'espace annulaire compris entre les deux sphères est donc doublement refroidi par la sphère interne et par la surface de la sphère externe. C'est dans cet espace

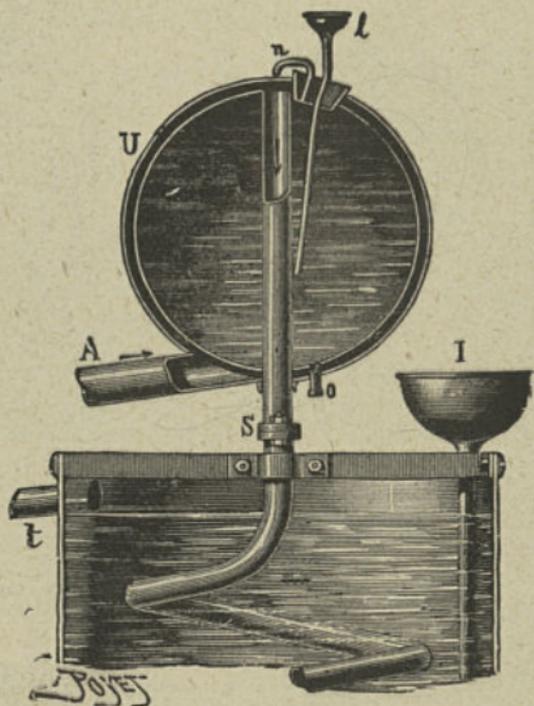


Fig. 13. — Coupe du rectificateur sphérique Egrot.
(Egrot et Grangé).

que circule la vapeur alcoolique venant de la chaudière; il s'y produit une condensation énergique qui ramène dans le liquide les parties les plus aqueuses, tandis que les vapeurs riches en alcool s'échappent de l'espace annulaire et vont se condenser dans le serpentin. On règle facilement la puissance de la rectification en faisant circuler plus ou moins rapidement l'eau froide.

La figure 14 représente un alambic Egrot et Grangé muni de ce rectificateur sphérique. La chaudière A reçoit le liquide à distiller; elle est placée sur un

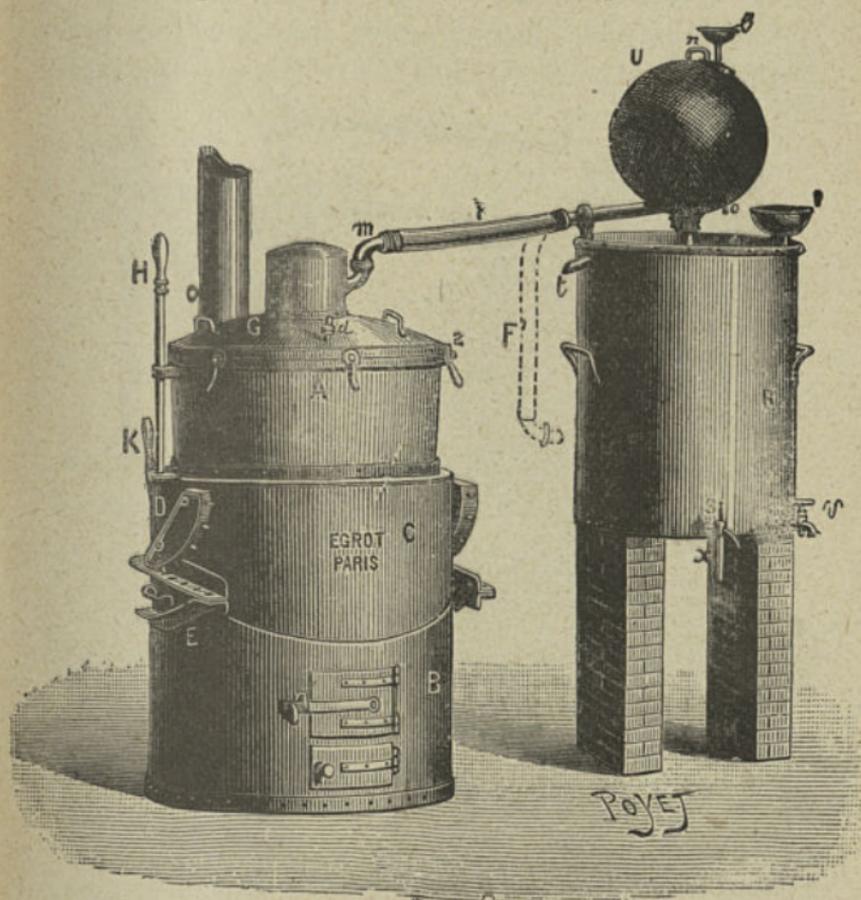


Fig. 14. — Alambic à bascule et à rectificateur sphérique.
(Egrot et Grangé).

fourneau B et elle est munie d'un appareil de bascule. En détachant le joint *m* et en agissant sur le levier H, on peut faire basculer l'appareil pour le vider facilement. Les vapeurs alcooliques se rendent par le tuyau F dans le rectificateur sphérique U. Les vapeurs les plus aqueuses refluent à la chaudière tandis que les

vapeurs riches et épurées distillent, se rendent dans le serpentin placé dans le réfrigérant R, s'y condensent et s'écoulent par le tuyau S.

Les alambics sont chauffés tantôt à feu direct, tantôt à la vapeur. Quand on ne dispose pas, pour

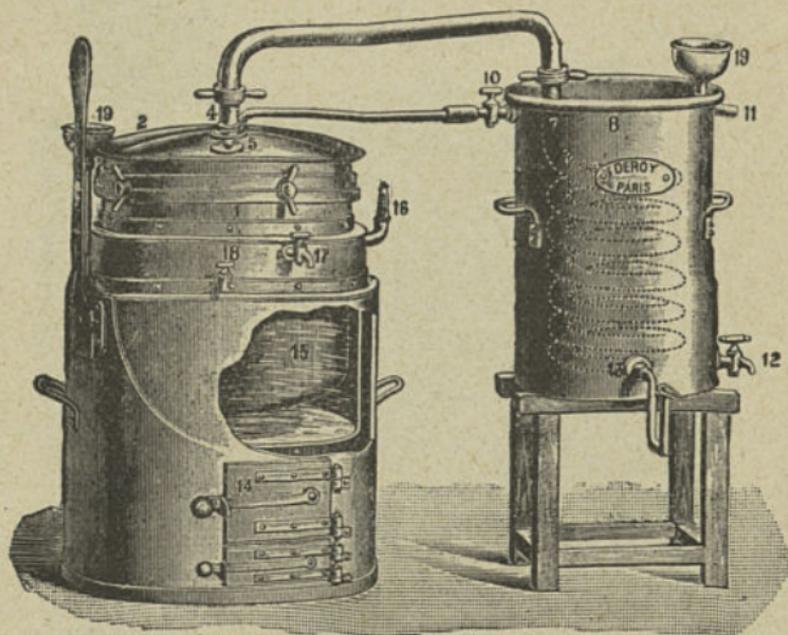


Fig. 15. — Alambic à bain-marie, avec joint de serrage. (Deroy).

les matières pâteuses, d'un appareil à agitateur mécanique ou automatique, on utilise parfois le chauffage par l'intermédiaire d'un bain-marie, comme le représente la figure 15. Le bain-marie remplace la chaudière; il est en cuivre et s'adapte, par un joint hermétique à une contre-chaudière en tôle. Pour les moûts de grains, on y adjoint un tuyau de vapeur en barbotage ainsi qu'un niveau à la contre-chaudière.

Pour les bouilleurs ambulants et les grands pro-

priétaires qui ont à distiller dans des endroits éloignés les uns des autres, on construit spécialement des alambics montés sur chariots.

Certains appareils, dits à triple chauffe, constituent des modèles intermédiaires entre les alambics à dis-

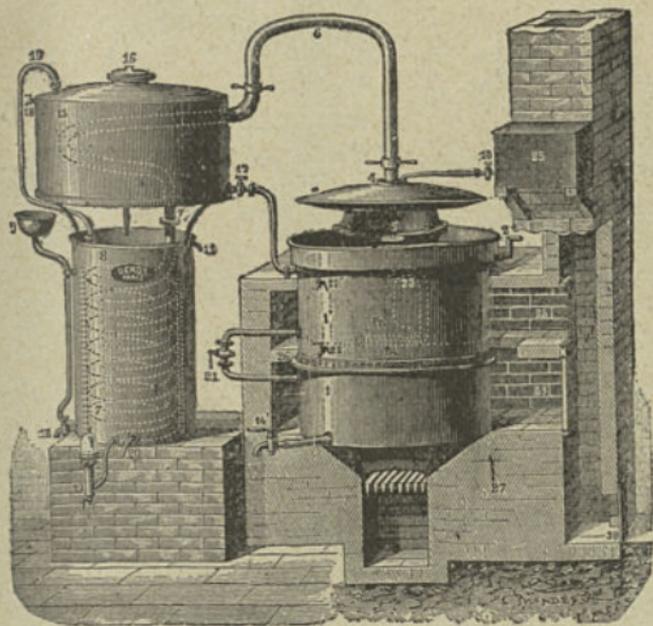


Fig. 16. — Alambic à triple chauffe avec chapeau lenticulaire, chaudière double et chauffe-vin (Deroy).

tillation intermittente et les appareils à distillation continue. Ces appareils à triple chauffe comportent un chauffe-vin et une chaudière divisée en deux compartiments formant double chaudière.

La figure 16 représente un alambic à triple chauffe avec chapeau lenticulaire, chaudière double et chauffe-vin, fonctionnant à feu direct.

Le fonctionnement de cet appareil est le suivant : On commence par charger le chauffe-vin et ensuite la chaudière inférieure, autrement dit le comparti-

ment inférieur de la double chaudière, puis on distille. Quand cette distillation tire à sa fin, et quand le degré tend à baisser, on fait écouler dans la chaudière supérieure le contenu du chauffe-vin et on recharge ce dernier. Les vapeurs provenant de la

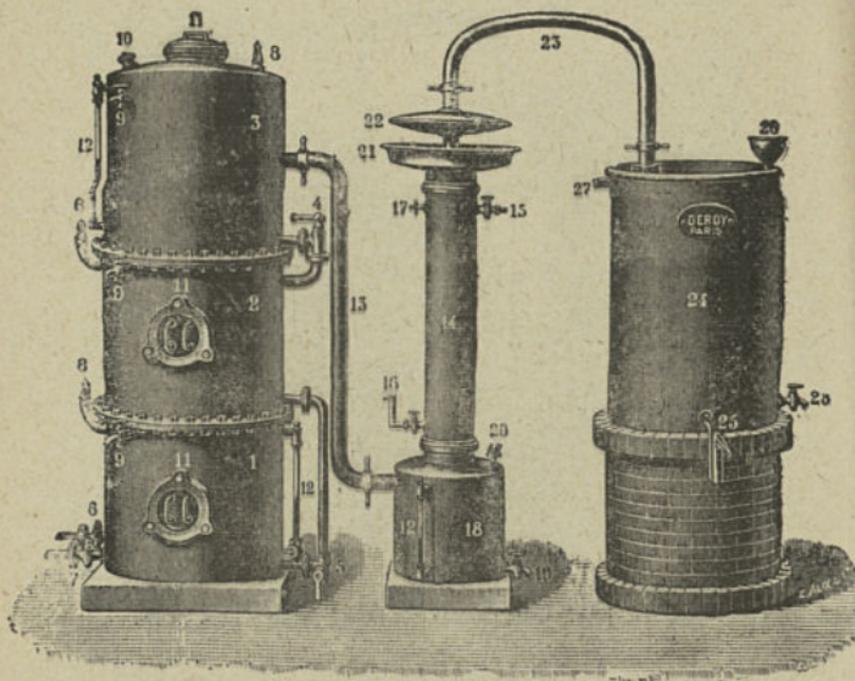


Fig. 17. — Alambic à triple chauffe, avec colonne de rectification spéciale séparée (Deroy).

chaudière inférieure, au lieu de se diriger vers le serpentín condensateur et tout en s'épuisant de l'alcool qu'elles renferment encore, viennent mettre en distillation le liquide de la chaudière supérieure. La distillation se poursuit jusqu'à ce qu'on ait constaté, au contrôle de l'épuisement, que la chaudière inférieure est complètement épuisée d'alcool : alors on la vide, pour la remplir ensuite avec le contenu de la chaudière supérieure ; celle-ci reçoit, en rem-

placement le contenu du chauffe-vin qui, à son tour, est rechargé de nouveau liquide. Les distillations se succèdent ainsi très rapidement, sans baisse appréciable

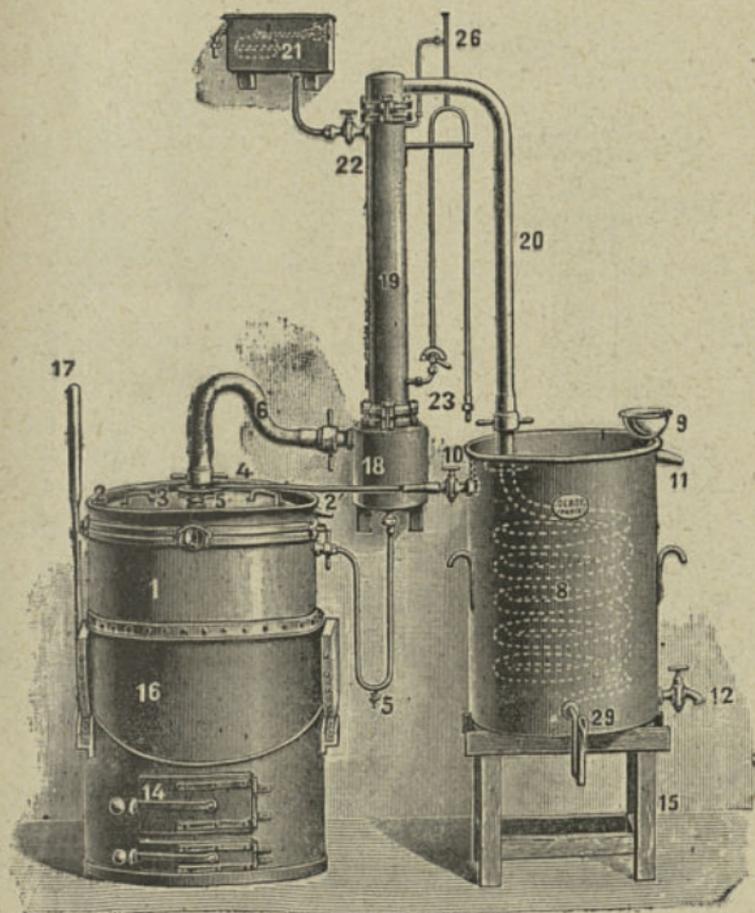


Fig. 18. — Colonne de rectification indépendante, appliquée à un alambic (Deroy).

ciable de degré et en opérant toujours de la même façon. La chaudière inférieure représente à la fois l'épouseur et le producteur de vapeur; la chaudière supérieure est l'organe de distillation et dans le chauffe-vin s'effectue la récupération de la chaleur

abandonnée par les vapeurs alcooliques qui se condensent dans le serpentin intérieur. Ces vapeurs gagnent ensuite le serpentin du réfrigérant.

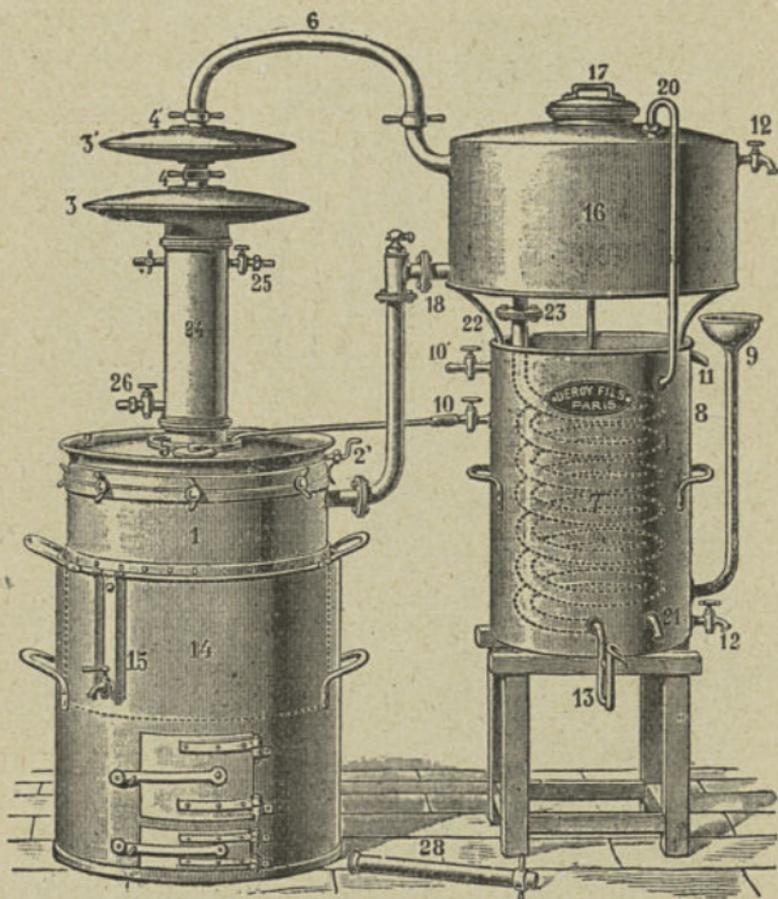


Fig. 19. — Colonne de rectification à haut degré appliquée à un alambic à chauffe-vin (Deroy).

Ces appareils sont surtout utilisés dans les petites distilleries de grains. Ils peuvent être également chauffés à la vapeur, et on leur adjoint parfois une colonne de rectification, qu'on place entre les chaudières et le réfrigérant, de manière à obtenir de l'alcool à titre plus élevé, jusqu'à 95 degrés. La

figure 17 représente un appareil de ce type, dans lequel le chauffe-vin est placé au-dessus de la seconde chaudière.

Pour opérer plus rapidement et obtenir cependant des alcools à haut degré, on adjoint d'ailleurs aujourd'hui assez souvent aux alambics de petites colonnes rectificatrices simples, de faible hauteur : on peut ainsi produire des eaux-de-vie à tous les degrés, et même du trois-six de premier jet en traitant n'importe quels liquides fermentés. La figure 18 représente ainsi une colonne de rectification, indépendante, reliée à un alambic à serrage et à bascule; cet appareil permet d'obtenir très rapidement des eaux-de-vie jusqu'à 90 degrés.

On peut également adopter la disposition représentée par la figure 19 : la colonne de rectification est placée immédiatement au-dessus de la chaudière et elle est surmontée de deux lentilles de rectification. Celles-ci peuvent d'ailleurs être supprimées, ce qui permet d'allonger la colonne lorsqu'on dispose d'une hauteur suffisante.

Usage des appareils à distillation simple.

Distillation des fruits. — Quand on fait fermenter les fruits simplement foulés dans une cuve, la distillation ultérieure de cette masse pâteuse demande quelques précautions. Il faut avoir soin de mettre d'abord dans l'alambic une certaine quantité d'eau, ce qui rend la masse moins épaisse et de porter cette eau à l'ébullition avant d'y introduire le moût fermenté. On évite ainsi l'adhérence des pulpes au fond de la chaudière et le goût de brûlé qui l'accompagne. L'emploi d'une grille en cuivre qu'on

place au fond de l'alambic réduit encore le danger : dans ce cas, on dispose une couche de paille dessus ou dessous, puis on verse la quantité d'eau nécessaire, et quand elle bout, on ajoute les fruits. On empêche également la matière de s'attacher en se servant d'un appareil muni d'un agitateur. On peut aussi verser la masse pâteuse à distiller dans un sac de grandeur appropriée, en toile de sac ordinaire et dont le fond doit reposer sur la grille de l'alambic. Le sac baigne dans le liquide formé par de l'eau et par le jus qui passe à travers la toile. On attache l'ouverture du sac pour que les matières solides ne s'échappent pas ; en opérant ainsi, on est certain de ne pas brûler le contenu.

Quand les fruits ont été pressés de manière à en extraire le jus qu'on soumet à la fermentation, on place le jus fermenté dans la chaudière de manière à la remplir aux trois quarts et on procède à la distillation.

Les appareils particulièrement recommandables pour cette distillation des fruits sont les alambics représentés par les figures 2, 8, 10 et 14. Les deux premiers doivent être munis d'une grille de fond.

La chauffe doit être conduite lentement, avec un feu doux. On sépare d'abord les produits de tête, puis on recueille l'eau-de-vie qui coule en moyenne à 50 degrés. Quand le degré commence à diminuer, on recueille à part les queues qu'on mélange à l'opération suivante. Avec les appareils à rectificateur, on peut obtenir ainsi des eaux-de-vie concentrées, sans qu'il soit nécessaire de faire de repasse ; avec les alambics ordinaires, on fait d'abord une première opération pour produire un *brouillis* à bas degré, puis on soumet le brouillis à une seconde

opération appelée repasse, qui donne l'eau-de-vie au degré voulu. Dans la première opération, on fait tout couler dans le même récipient et ce n'est qu'à la deuxième opération qu'on fractionne le produit en séparant les têtes et en recueillant à part les liquides distillés quand le titre tombe au-dessous de 50 degrés. Les têtes et les queues sont distillées de nouveau avec le liquide de la chauffe suivante.

La conservation du kirsch s'effectue dans des bonbonnes en verre, afin que le produit ne possède aucune coloration. Pour les autres eaux-de-vie, on peut employer les fûts en bois de frêne. Le rendement est, en moyenne, en eau-de-vie à 52 degrés, par 100 kilogrammes de fruits, de 8 litres pour les prunes ordinaires, de 12 litres pour les mirabelles, de 10 litres pour les reine-claude, de 6 litres pour les prunelles, de 8 à 10 litres pour les cerises, les groseilles ou les framboises, de 10 litres pour les figes fraîches, de 40 litres pour les figes sèches. Ces chiffres moyens peuvent naturellement varier beaucoup d'une année à l'autre, suivant l'état de maturité des fruits et leur richesse en sucre.

La distillation des vins de miel ne présente aucune particularité. Elle se fait parfaitement dans l'alambic représenté par la figure 2, auquel on adjoint une lentille de rectification. Un kilogramme de miel fournit environ 800 centimètres cubes d'eau-de-vie à 50 degrés. Cette eau-de-vie entre dans la préparation de plusieurs liqueurs fines : elle doit, dans ce cas, posséder une forte odeur de miel.

Distillation des rhums. — La distillation des vins de cannes ou de mélasse de cannes se fait encore dans un certain nombre de rhummeries agricoles des Antilles, au moyen de l'alambic intermit-

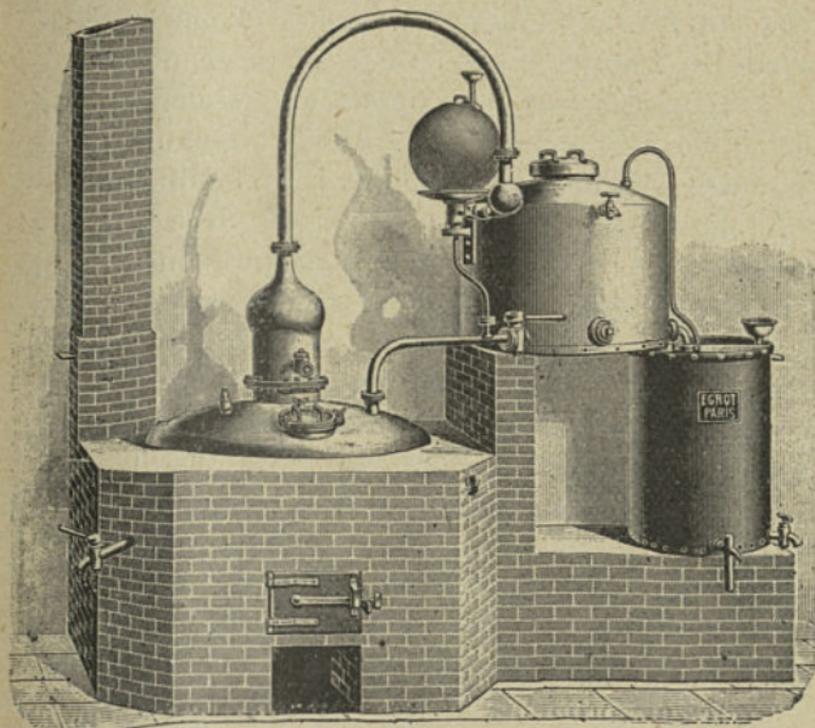
tent du père Labat. Cet appareil, dit M. Pairault, se compose d'une chaudière plate chauffée à feu nu, surmontée d'un chapiteau volumineux et assez haut, en forme de poire. La partie large de ce chapiteau se raccorde avec la chaudière, la partie allongée communique par un col de cygne avec une sorte de cuve en bois close et munie de deux tubulures à la partie supérieure. Ce récipient de bois est placé à un niveau plus élevé que celui de la chaudière; un tube de trop-plein, placé à 15 centimètres de la base et communiquant avec la chaudière, au fond de laquelle il plonge, permet la rétrogradation dans celle-ci du liquide fermenté, lorsqu'il dépasse le niveau voulu. Les deux tubulures de la partie supérieure de ce récipient reçoivent : l'une le col de cygne amenant les vapeurs alcooliques (ce tube plonge jusqu'au fond), l'autre, un tuyau conduisant ces vapeurs à un serpentin réfrigérant. Au début de l'opération, on verse du moût fermenté dans le récipient de bois jusqu'à la hauteur du trop-plein. Pour les distillations suivantes, on remplace le moût par de l'eau alcoolisée provenant d'une opération précédente (1).

L'appareil Privat, également employé aux Antilles, se compose d'une chaudière moins plate, dont le couvercle surélevé est surmonté d'une sorte de courte colonne contenant seulement 2 plateaux qu'on peut, au moyen d'un tube latéral à entonnoir et robinet, remplir jusqu'à une hauteur voulue. La colonne se termine par une section plane, à bords un peu relevés, du centre de laquelle part un tube se rendant au serpentin refroidisseur. Le sommet de la colonne est refroidi par un courant d'eau qui se déverse sur les

(1) E. A. PAIRAULT, *Le rhum et sa fabrication.*

parois où il est arrêté à 20 ou 25 centimètres du sommet, par une gouttière circulaire munie d'un tube de déversement.

Avec ces appareils intermittents, il passe au début un alcool à haut titre, environ 80 d., puis ce titre



[Fig. 20. — Appareil à rhum à chauffe-vin avec rectificateur sphérique (Egrot et Grangé).

s'abaisse peu à peu jusqu'à 30 d. A ce moment, les parties distillées mélangées donnent du rhum à 60 d. On continue la distillation en recueillant à part les petites eaux qui ont moins de 30 d. ; on se sert de ces liquides pour charger l'appareil dans une opération suivante.

On possède aujourd'hui des alambics beaucoup plus parfaits, tels que ceux qui sont représentés par

les figures 4 et 12. Si, au lieu de rhum, on veut obtenir de l'alcool à 85-90 degrés, on doit recourir soit aux alambics munis d'une colonne de rectification et représentés à la figure 19, soit aux appareils continus que nous étudierons plus loin. Les appareils intermittents donnent plus d'arome que les appareils continus, mais ils sont moins économiques. La grandeur de l'appareil intervient également; un même vin distillé dans une grande et dans une petite chaudières donne deux produits à arome différent.

La figure 20 représente un appareil à rhum à chauffe-vin avec rectificateur sphérique, construit par la maison Egrot et Grangé. Cet appareil permet d'obtenir en premier jet, sans repasse, du rhum à 60-65 degrés. Il se compose d'une chaudière en cuivre avec robinet de vidange, chapiteau et col de cygne, d'un chauffe-vin rempli du liquide à distiller, qui s'échauffe en récupérant la chaleur abandonnée par les vapeurs alcooliques qui se condensent dans le serpentín intérieur, et d'un réfrigérant où s'achève la condensation de l'alcool. Un tampon placé sur la chaudière permet un nettoyage rapide et facile.

Pour la production des rhums de vesou, on emploie toujours les appareils intermittents. Le produit obtenu est à peu près inconnu en Europe; il est en effet entièrement consommé sur place dans les pays de production. Ce rhum est mis ordinairement dans des fûts en chêne après avoir été coloré avec une certaine quantité de caramel. Il est souvent consommé aussitôt, mais il n'acquiert toutes ses qualités qu'après avoir été conservé pendant au moins deux ans.

Pour la production des rhums de mélasses, on emploie soit les appareils intermittents, soit les appa-

reils continus. On obtient ainsi les rhums d'exportation consommés en France, ou des tafias très colorés qui sont expédiés en Europe et servent pour les coupages avec les alcools d'industrie destinés à donner des rhums de qualité inférieure.

III. — DISTILLATION MÉTHODIQUE

C'est vers la fin du xvii^e siècle qu'Adam appliqua le premier l'épuisement méthodique aux liquides fermentés. Il plaça en gradins un certain nombre de vases. La vapeur produite dans le vase inférieur venait barboter dans le vase placé immédiatement au-dessus. Le liquide de ce vase se mettait bientôt à bouillir et sa vapeur allait de même barboter dans le vase supérieur, et ainsi de suite. On plaçait le vin dans le vase supérieur, et au bout d'un certain temps on le faisait descendre dans le vase au-dessous, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il arrive au vase inférieur après s'être complètement épuisé d'alcool. La vapeur produite par l'ébullition passait de vase en vase de bas en haut, en s'enrichissant de plus en plus. L'appareil était discontinu, et à intervalles réguliers, on vidait le vase inférieur épuisé, on faisait descendre le liquide de chaque vase dans le vase immédiatement inférieur et on remettait du vin dans le vase supérieur vide.

Les appareils à chaudières multiples, dans lesquels la vapeur émise par l'alambic inférieur vient barboter dans le liquide de l'alambic placé au-dessus, de manière à porter ce liquide à l'ébullition, dérivent directement de ce principe.

Trente ans après la découverte d'Adam, Cellier Blumenthal construisit un appareil analogue à celui d'Adam, mais dans lequel le vin arrivait d'une façon continue dans le vase supérieur pour descendre de vase en vase jusque dans la chaudière en s'épuisant de plus en plus en alcool. Les vases d'épuisement, dans l'appareil de Cellier Blumenthal, sont placés les uns au-dessus des autres dans une colonne. Ces vases sont constitués en principe par un grand nombre de capsules, à la surface desquelles coule le vin à distiller. Celui-ci arrive à la partie supérieure de la colonne, cascade de capsule en capsule en s'appauvrissant en alcool et arrive à la chaudière. Cette chaudière est chauffée par la vapeur d'une deuxième chaudière placée en contre-bas. La vapeur produite circule en sens inverse du vin, c'est-à-dire de bas en haut : elle se charge de plus en plus d'alcool. L'enrichissement de l'alcool se fait à la partie supérieure de la colonne dans six vases constitués par des plateaux à cheminée centrale recouverte par une calotte. Les vapeurs alcooliques passent alors dans un chauffe-vin, puis dans un réfrigérant où elles se condensent.

Cet appareil réalise donc la continuité de la distillation et présente évidemment sur les appareils discontinus, pour la production des alcools, de très grands avantages : rapidité plus grande, économie de combustible, concentration plus forte, pureté supérieure. Il a été le point de départ de la plupart des colonnes à distiller actuelles, que nous allons étudier maintenant.

Principaux organes d'une colonne à distiller.

On peut distinguer dans une colonne à distiller les principaux organes suivants : les plateaux ou organes d'épuisement méthodique, l'appareil de

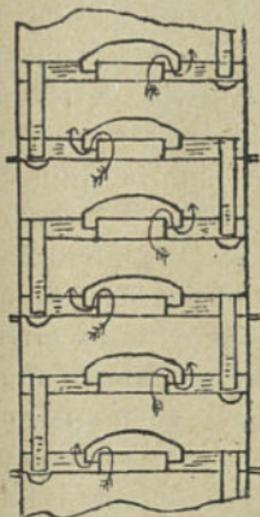


Fig. 21. — Schéma de la colonne à plateaux.

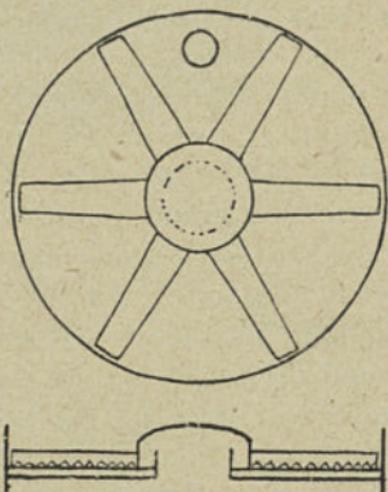


Fig. 22. — Schéma des plateaux de la colonne Champonnois (Le Clézio, Erhard et C^{ie}).

chauffage, le régulateur de vapeur, le chauffe-vin et le réfrigérant, le récupérateur de chaleur des vinasses, l'éprouvette de contrôle.

Plateaux. — Dans les colonnes modernes, les vases d'épuisement sont constitués par des plateaux placés les uns au-dessus des autres et assemblés de manière à former une colonne (fig. 21). Ces plateaux communiquent entre eux par des tuyaux de trop-plein qui établissent sur chacun d'eux un niveau constant en déversant l'excès de liquide sur le plateau inférieur. Pour que la vapeur puisse barboter dans le

liquide et l'épuiser en alcool, l'orifice de chaque plateau est recouvert par une véritable calotte qui forme joint hydraulique avec le liquide placé sur le plateau. La vapeur s'accumule sous la calotte, et bientôt, par sa pression, refoule le liquide, dans lequel elle barbote en l'échauffant. Le vin à distiller, arrivant sur le plateau supérieur, descend de plateau en plateau par les tubes de trop-plein en s'épuisant en alcool, tandis que la vapeur monte de plateau en plateau, en barbotant dans le liquide de plus en plus alcoolique et en s'enrichissant de plus en plus en alcool.

Il existe un grand nombre de types de plateaux.

Pour favoriser l'épuisement du liquide, il faut multiplier le contact du vin et de la vapeur. On y arrive en donnant aux bords des calottes une forme dentelée qui divise les bulles de vapeur en les faisant barboter sur un espace plus étendu. Les plateaux de la colonne Champonnois (fig. 22), répondent tout à fait à cette condition. Ces plateaux sont munis d'une ouverture centrale recouverte par une calotte dentelée, portant une étoile à six ou dix branches. Chacune de ces branches est maintenue à quelques centimètres du plateau par des cales. Toutes ces branches sont dentelées, et le contact de la vapeur avec le liquide est parfait.

Les plateaux de M. Barbet, dits à calottes-peignes, ont également une grande puissance d'épuisement. Ces plateaux portent un grand nombre de petites calottes en cuivre embouti, équidistantes, autour desquelles le vin se divise et circule avec facilité (fig. 23). La longueur développée de la ligne de barbotage de la vapeur se trouve ainsi considérablement augmentée. En outre, le pourtour de toutes ces

petites calottes porte un grand nombre de petites fenêtres rectangulaires. La vapeur emprisonnée sous

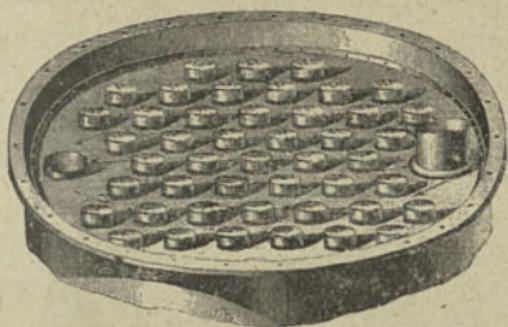


Fig. 23. — Plateau à calottes peignes pour colonne ronde.
(Barbet et C^{ie}).

chaque calotte se lamine finement à travers ces petits orifices, en donnant des jets horizontaux qui

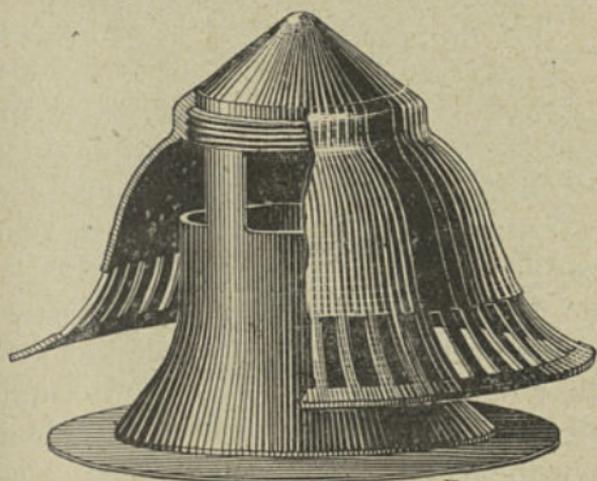


Fig. 24. — Calotte fenestrée pour mouës troubles.
(Barbet et C^{ie}).

s'entrechoquent. L'utilisation est ainsi maxima; les plateaux ont une puissance d'affinage dépassant 90 p. 100 du pouvoir théorique. Il n'y a pas de pro-

jection verticale contre le plateau supérieur et l'émulsion de la vapeur est beaucoup plus tranquille, plus régulière et sans entraînements. La figure 24 représente une calotte de ce genre, dite calotte fenestrée pour mouls troubles, inobstruable et facilement dévissable. Pour la rectification, on emploie la calotte peigne véritable, représentée par la figure 25.

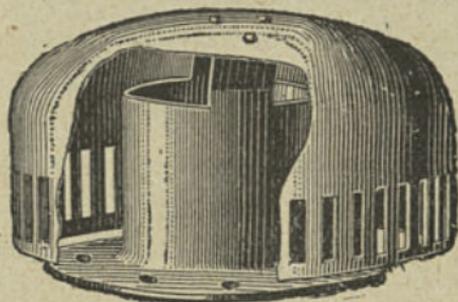


Fig. 25. — Calotte peigne pour rectification (Barbet et C^{ie}).

Pour éviter que dans les colonnes de grandes dimensions, la longueur de la circulation du liquide entre les nombreuses calottes n'engendre une certaine dénivellation depuis la chute du trop-plein jusqu'au trop-plein opposé, M. Barbet divise les plateaux par des chicanes en un certain nombre de biefs successifs, réglés par autant de déversoirs. Il en résulte que d'un déversoir à l'autre le liquide n'a qu'un faible chemin à parcourir et que les dénivellations deviennent nulles.

Les plateaux Savalle sont rectangulaires. Le liquide s'accumule sur ces plateaux jusqu'à hauteur du trop-plein et descend sur les plateaux inférieurs par le tube de trop-plein. Le plateau porte deux longs orifices rectangulaires, recouverts de calottes en forme de toits, dont les bords plongent dans le liquide, et

par lesquels se fait le barbotage de la vapeur. Cette disposition a l'avantage de rendre les obstructions très rares.

Les plateaux Egrot (fig. 26) présentent une forme

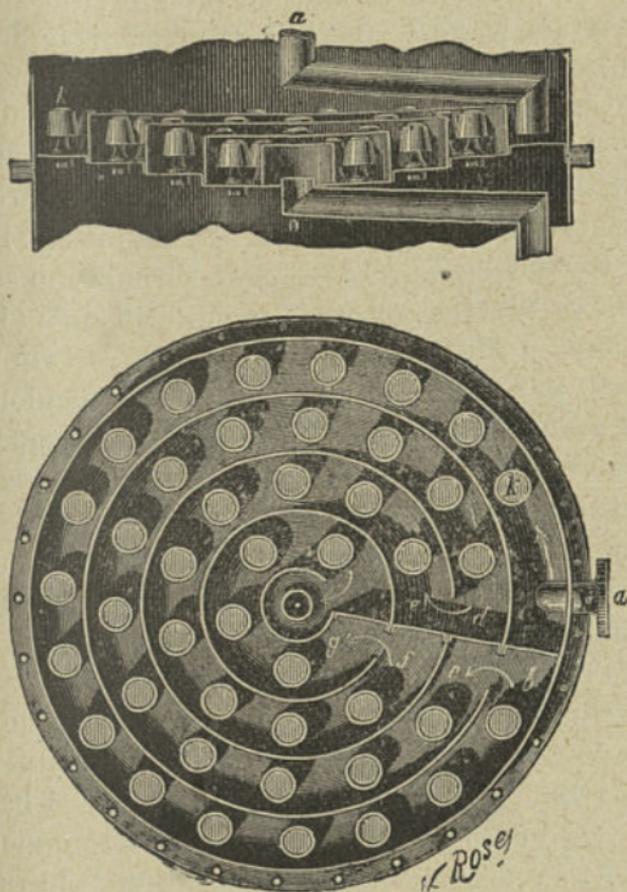


Fig. 26. — Plateaux Egrot.
(Egrot et Grangé, constructeurs à Paris).

très particulière. Le vin arrive par le tuyau de décharge *a*, venant du plateau placé au-dessus, et pour s'écouler par le trop-plein *o* situé au centre du plateau, il doit parcourir un très long chemin dans

le sens des flèches. Le liquide suit d'abord l'anneau extérieur jusqu'en *b* où il rencontre une paroi qui le force à changer de sens et à prendre la direction *bc*. Il parcourt ainsi le deuxième cercle en sens inverse. Arrivé en *d*, la paroi le renvoie dans la direction *de*, et le vin passe ainsi dans le troisième cercle qu'il parcourt de même en sens inverse du deuxième. Arrivé en *f*, la paroi le dirige dans le quatrième cercle suivant *fg*; le vin parcourt le cercle en sens inverse du troisième et il arrive ainsi au centre *o* où il s'écoule par le trop-plein qui le conduit sur le plateau situé au-dessous. La même circulation se produit sur ce plateau, et ainsi de suite jusqu'au bas de la colonne. Tout le long de ce parcours, le vin reçoit la vapeur par un grand nombre de petites calottes *k*, ce qui assure un contact intime entre la vapeur de barbotage et le liquide alcoolique. Cette disposition permet d'épuiser le vin méthodiquement sur un nombre de plateaux très faible, quatre ou cinq par exemple. L'appareil est par suite moins volumineux, la pression à surmonter est plus faible et le travail est très régulier.

On emploie également pour la rectification des plateaux simplement perforés de nombreux petits trous, à travers lesquels la vapeur passe et barbote dans le liquide. Ces plateaux sont théoriquement les meilleurs au point de vue de l'utilisation de la vapeur. Malheureusement, ils ne peuvent pas être employés avec tous les liquides et présentent de gros inconvénients pratiques. Les trous se bouchent avec les moûts épais; avec les liquides acides, ils s'agrandissent peu à peu et l'appareil ne fonctionne plus normalement. En outre, ces plateaux risquent à tout moment de se décharger pour la moindre variation

de la pression, et ces variations se produisent chaque fois qu'on modifie l'alimentation.

Pour éviter les obstructions par les moûts épais soumis à la distillation, certaines colonnes ne portent pas de plateaux et l'épuisement s'y fait au moyen de dispositions spéciales que nous étudierons plus loin. Telles sont les colonnes de Guillaume, de Sorel, etc.

Chauffage de la colonne. — On emploie toujours aujourd'hui le chauffage à la vapeur pour les colonnes à distiller, dans l'industrie de l'alcool. Le chauffage à feu nu n'est utilisé que pour les petites colonnes et dans les fabriques d'eau-de-vie de vin, de fruits, ou dans les rhummeries.

Le chauffage à la vapeur peut avoir lieu par barbotage, par serpentín où par faisceau tubulaire. L'emploi de la vapeur par barbotage a l'avantage d'être simple, mais présente l'inconvénient de diluer les vinasses. Cet inconvénient est peu important en distillerie de betteraves ou de grains, mais il est grave en distillerie de mélasses où on doit évaporer les vinasses pour en récupérer les sels. Aussi donne-t-on, dans ce cas, la préférence au chauffage par serpentín ou par faisceau tubulaire.

L'introduction d'un serpentín parcouru par la vapeur permet un chauffage très économique de la colonne, mais le serpentín a l'inconvénient d'occuper une place assez considérable, de nécessiter l'agrandissement de la chaudière et de s'encrasser fréquemment. Il a l'avantage de permettre le chauffage sans dilution du liquide et de recueillir la vapeur condensée qui peut servir de nouveau à alimenter le générateur.

Le chauffage tubulaire adopté par la maison

Savalle se compose d'un faisceau de tubes à l'intérieur desquels circule la vinasse chaude sortant de la colonne. La vapeur entre dans la caisse et vient échauffer la paroi extérieure des tubes; elle abandonne sa chaleur et s'écoule condensée à la partie inférieure. La vinasse qui circule dans les tubes s'échauffe et les vapeurs produites passent dans la colonne distillatoire par un tuyau situé en haut de l'appareil tubulaire. La vinasse s'écoule sans interruption par un robinet et un tuyau placés au bas de la caisse de chauffage. Cet appareil permet d'utiliser la vapeur d'échappement des machines; il donne un chauffage économique et se nettoie aisément.

Dans les appareils Guillaume, que nous décrivons plus loin, quand le chauffage ne peut avoir lieu par barbotage, la colonne est chauffée par l'intermédiaire d'une surface tubulaire chauffée elle-même par la vapeur. Cette surface tubulaire se trouve placée dans un évaporateur où la vinasse est portée à l'ébullition. La vinasse qui n'a pas été vaporisée, sort automatiquement réglée en quantité par un siphon grand ouvert.

Pour employer la vapeur d'échappement des machines à vapeur, la maison Egrot et Grangé installe un récipient dit *ballon d'échappement*, d'un volume en rapport avec l'importance de l'appareil. Toute la vapeur de chauffage de l'appareil à distiller est prise sur ce ballon d'échappement; un régulateur d'admission de vapeur directe dans ce dernier assure l'alimentation au cas où la vapeur d'échappement serait insuffisante ou en cas d'arrêt de la machine. Ce ballon d'échappement est muni d'une soupape chargée qui permet l'évacuation de la vapeur d'échappement en excès lorsque la pression intérieure

dépasse 500 grammes par centimètre carré, et le régulateur d'arrivée de vapeur directe est disposé pour que cette dernière ne puisse entrer dans le ballon que quand la pression y descend à 450 grammes, et cela dans la mesure juste nécessaire au maintien de cette dernière pression.

Par cette disposition, la colonne à distiller utilise bien d'abord toute la vapeur d'échappement, et elle ne prend automatiquement de la vapeur directe qu'autant que la vapeur d'échappement devient insuffisante.

Régulateur de vapeur. — Le chauffage doit être réglé par un régulateur de vapeur automatique. Il est très important en effet que la quantité de vapeur introduite dans l'appareil soit bien régulière. Si cette quantité est trop forte, on dilue le liquide et le degré de l'alcool produit s'abaisse; si elle est trop faible, l'épuisement est imparfait.

Le régulateur le plus employé est celui de Savalle (fig. 27). Il se compose de deux récipients qui communiquent ensemble par un tube qui plonge jusqu'au fond du récipient inférieur. Ce récipient inférieur contient de l'eau et communique par un tube avec le compartiment inférieur de la colonne à distiller. La pression qui règne dans l'appareil vient s'exercer sur le niveau du liquide dans le récipient inférieur, et fait monter l'eau par le tube central dans le récipient supérieur où se trouve un flotteur. Ce flotteur actionne une soupape conique équilibrée de façon qu'une variation minime de pression, de quelques centimètres d'eau suffit pour modifier complètement l'admission de vapeur.

Pour faire varier la marche de la colonne, il faut pouvoir augmenter ou diminuer la pression de régime

au bas de l'appareil. On y arrive, dans l'appareil précédent, en élevant ou en abaissant plus ou moins la bêche supérieure. Mais il est nécessaire d'arrêter l'appareil pour exécuter ce travail.

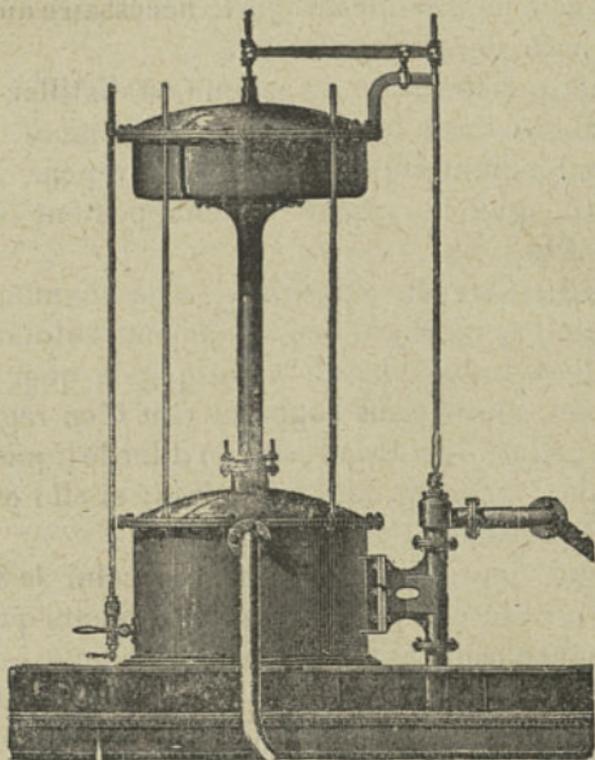


Fig. 27. — Régulateur de vapeur Savalle, à régime constant.
(Lepage, Urbain et C^o).

Pour éviter cet inconvénient, on construit aujourd'hui des régulateurs de vapeur à régime variable. Dans le régulateur Savalle à régime variable, on adjoint au régulateur précédent un vase communiquant dans lequel se meut un tube passant en bas par un presse-étoupes et percé en haut de deux longues lumières : ce tube est commandé de l'extérieur par une vis que l'on actionne à la main. Si on veut

donner plus de vapeur, ce qui se traduit par une pression plus élevée dans la colonne, il suffit de baisser ce tube, l'eau s'écoule et le flotteur ne peut agir sur la soupape que lorsqu'une pression plus forte s'est établie. Inversement, si on veut diminuer le passage de vapeur, on relève le tube et on verse dans la bêche supérieure de l'eau jusqu'à ce que le niveau devienne constant dans la bêche inférieure (1).

Le régulateur à régime variable de M. Barbet (fig. 28), est également un régulateur Savalle à régime constant, perfectionné et rendu à régime variable. L'addition de deux robinets *a* donne la facilité de modifier l'allure d'un appareil à tout instant en pleine marche. Lorsque les deux robinets *a* sont fermés, l'appareil fonctionne

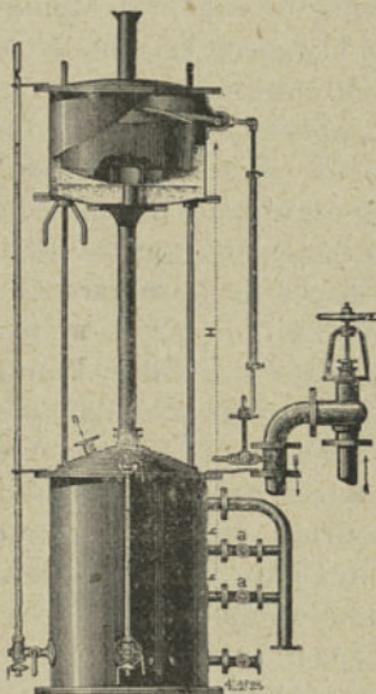


Fig. 28. — Régulateur de vapeur à régime variable. (Barbet et C^{ie}).

avec une pression de régime H . En ouvrant le premier robinet, la pression devient $H + h$; en ouvrant le second, elle devient $H + h + h'$. Le chauffage étant de plus en plus énergique, l'appareil peut suffire à un débit de plus en plus élevé. Dans ce régulateur, la soupape équilibrée de Savalle est rem-

(1) E. SOREL, *La Distillation* (ENCYCLOPÉDIE DES AIDE-MÉMOIRE LÉAUTÉ). IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

placée par un papillon dont la manœuvre demande moins de force. Enfin, les débordements de liquide sont rendus impossibles.

Dans les appareils de la maison Egrot, le réglage se fait automatiquement par le régulateur automatique de vapeur à régime variable système Guillaume si l'appareil est chauffé à vapeur, ou par un régulateur automatique qui agit sur l'entrée du vin si l'appareil est chauffé à feu nu. Pour les appareils de petite dimension, chauffés à la vapeur, on emploie le régulateur O, représenté sur la figure 55, qui agit directement sur la valve d'entrée de la vapeur et permet de faire varier à la main sans arrêter la distillation, la pression de régime dans le bas de la colonne à distiller. Pour les gros appareils, on adopte un régulateur analogue à celui de Savalle, mais le récipient supérieur est supporté par des tiges filetées par l'intermédiaire d'écrous qu'on peut faire tourner ensemble au moyen d'un volant. On peut ainsi faire varier à volonté la hauteur qui sépare les deux récipients. Le levier qui agit sur le robinet de vapeur est extensible : on peut ainsi lui donner la longueur qui correspond à la hauteur choisie. Enfin, dans les appareils à feu nu, le régulateur se compose d'un récipient en cuivre communiquant par un tuyau avec le liquide contenu dans la chaudière à distiller. La pression qui s'établit dans la chaudière pendant la marche fait élever la vinasse dans le récipient du régulateur, dans lequel est placé un flotteur, qui se trouve soulevé. Les déplacements de ce flotteur sont transmis par une tige articulée au robinet d'admission du vin, de sorte que les variations de la pression de la chaudière agissent sur la quantité de vin qui entre dans l'appareil, en le

modérant ou en l'augmentant, selon l'activité plus ou moins grande du feu.

Le régulateur de pression construit par la maison Granger comporte une commande très sensible qui se fait par le dessous du réservoir supérieur, par un mécanisme spécial logé dans une cavité délimitée par des arcades en fonte, solidaires d'un plateau de même métal qui supporte toute la partie supérieure du régulateur. Le niveau du liquide dans le réservoir inférieur est réglable à volonté par un tube télescopique manœuvré par un volant. D'autre part, les deux réservoirs peuvent être distancés à volonté par la manœuvre d'un volant central agissant sur l'axe support fileté de la partie supérieure. Dans le cas d'emploi simultané de vapeur directe et d'échappement, un agencement très simple assure, par l'emploi de tiges coulissant librement, avec butées, l'admission de vapeur directe et seulement en cas d'insuffisance de la vapeur d'échappement.

La maison Granger construit également, pour les colonnes, un régulateur de température, constitué : 1° par un corps thermométrique chargé d'un liquide variable suivant la température à régler, liquide se vaporisant en créant une tension de vapeur déterminée; 2° par un manomètre à mercure ou à liquide, approprié suivant la pression, manomètre agissant sur un flotteur équilibré, qui, par levier articulé, commande la valve d'alimentation.

Chauffe-vin et réfrigérant. — Les appareils destinés à condenser les vapeurs alcooliques sont constitués par des réfrigérants tubulaires ou à serpentín.

Il est évidemment économique d'utiliser la chaleur rendue libre par la condensation des vapeurs alcoo-

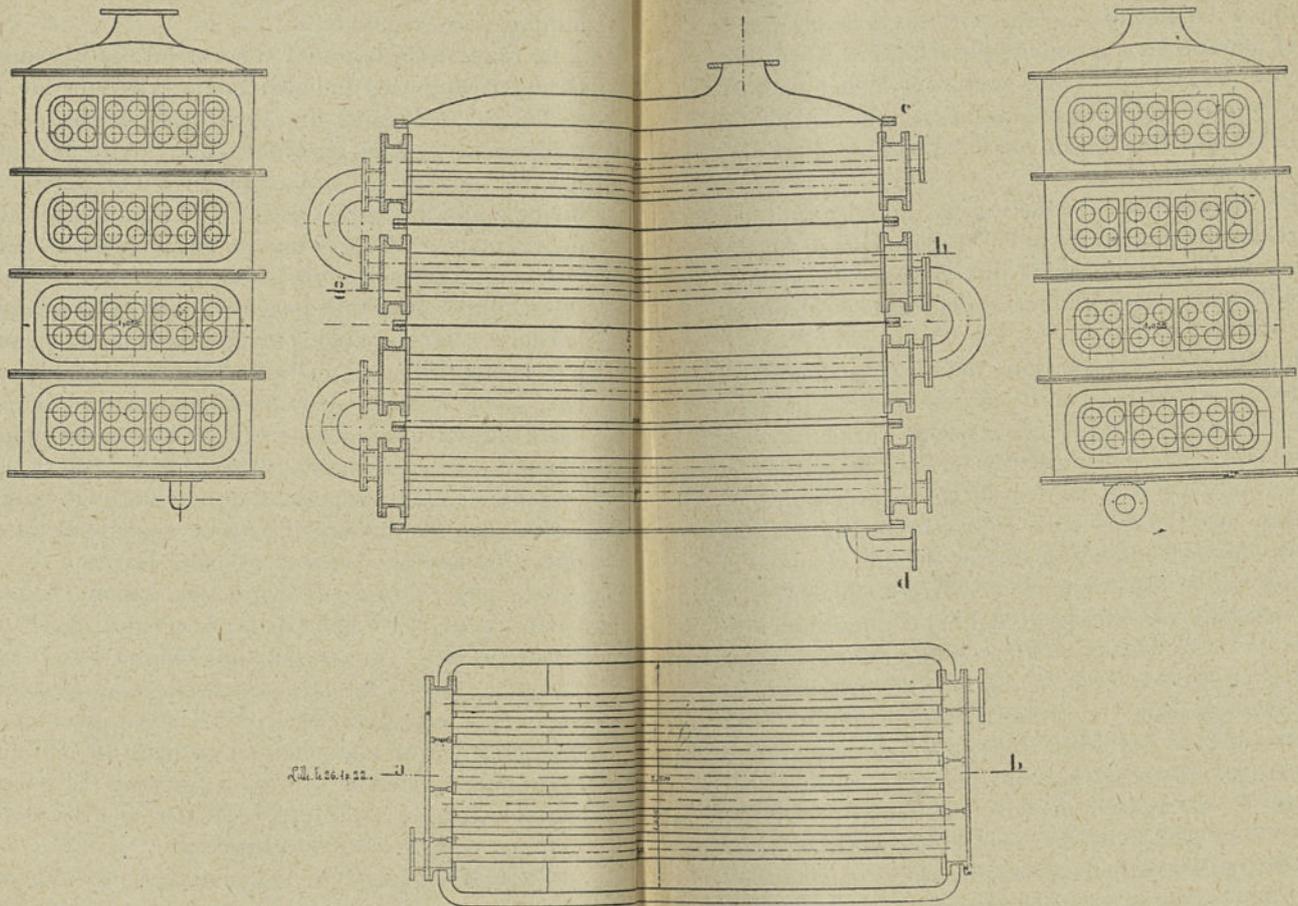


Fig. 29. — Chauffe- (Mollet-Fontaine et C^{ie}).

liques pour le chauffage du vin qui alimente la colonne. La dépense en combustible est moins grande et la marche de la colonne plus régulière. On utilise, pour chauffer le vin, soit la chaleur abandonnée par les flegmes qui se condensent, soit la chaleur des vinasses qui s'échappent de la colonne, comme nous le verrons plus loin.

Le chauffe-vin est constitué par un faisceau tubulaire dans lequel arrive le vin. Celui-ci passe dans les tubes de l'appareil, tandis que la vapeur alcoolique circule autour des tubes et se condense en échauffant le vin.

La figure 29 représente les détails d'un chauffe-vin tubulaire construit par la maison Mollet-Fontaine.

La solution la plus économique paraît être évidemment celle dans laquelle le vin seul suffit à la réfrigération et à la condensation des vapeurs alcooliques; on récupère ainsi le maximum de chaleur. Mais comme l'admission du vin dans le chauffe-vin se fait à une température d'environ 25-30 degrés, il est impossible d'abaisser le flegme condensé au-dessous de 30-35 degrés, et il en résulte des pertes sensibles en alcool. Pour éviter cet inconvénient, on ajoute au chauffe-vin un deuxième réfrigérant à eau qui achève de refroidir le flegme. La récupération de chaleur est moins parfaite, mais la perte en alcool est évitée. Ce réfrigérant à eau est constitué soit par un système tubulaire, soit par un serpentín.

Récupérateur de chaleur des vinasses. —

Les vinasses épuisées qui sortent du bas de la colonne sont bouillantes et on a intérêt, dans certains cas, à utiliser la chaleur qu'elles renferment pour échauffer le vin à distiller. Cette récupération de chaleur est impossible en distillerie de mélasses où on doit éva-

porer la vinasse et où il serait absurde de la refroidir pour la réchauffer ensuite avec du combustible. On ne peut pas non plus utiliser le récupérateur de chaleur des vinasses dans le travail des grains à mouls troubles, quand on veut séparer les drèches au filtre-pressé, car la vinasse doit être aussi chaude que possible pour que la filtration s'effectue bien. Les distilleries de betteraves qui travaillent par macération à la vinasse ne peuvent employer que partiellement la récupération.

Au contraire, il est avantageux de se servir d'un récupérateur de chaleur des vinasses dans la fabrication de l'alcool de grains à mouls clairs, dans la distillerie de mélasses de cannes, dans la distillerie de betteraves par râpes et presses et même par diffusion.

Le récupérateur de chaleur des vinasses peut être constitué par un faisceau tubulaire ou par un serpentin. L'appareil tubulaire est le plus fréquemment employé. La vinasse chaude arrive à la partie supérieure, passe entre les tubes et s'écoule froide à la partie inférieure. Le vin entre dans l'appareil par le bas, circule dans les tubes où il s'échauffe et sort chaud en haut du récupérateur.

Epreuve de contrôle. — Il est nécessaire de pouvoir contrôler à tout instant le degré alcoolique du liquide distillé, et on emploie souvent pour cela une éprouvette en cuivre dans laquelle plonge un alcoomètre et un thermomètre. Le liquide entre par le bas de l'éprouvette et s'écoule à la partie supérieure.

Ce dispositif très primitif a été perfectionné par Savalle dans son éprouvette-jauge, qui permet au distillateur de se rendre compte à tout instant de la température, du degré alcoolique et de la vitesse

d'écoulement du liquide distillé. A cet effet, cet appareil porte un tube sur lequel se trouve une graduation dont chaque division indique la quantité d'alcool écoulé par heure. Le niveau du liquide dans

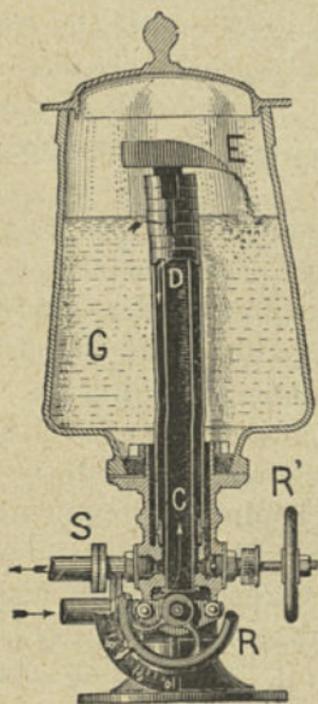


Fig. 30. — Éprouvette-jauge.
(Barbet et C^{ie}).

l'éprouvette indique directement le volume du flegme produit par heure, et en plongeant dans l'éprouvette un alcoomètre et un thermomètre, on peut contrôler, quand on le désire, la température et le degré alcoolique du flegme.

La figure 30 représente un nouveau modèle d'éprouvette, construit par la maison Barbet, et permettant de mesurer instantanément le coulage horaire. Elle est en bronze poli avec un globe de verre. Ce globe est gravé de deux traits faisant une capacité de 5 litres. Un robinet très sensible à cadran, placé à l'avant, règle l'entrée de

l'alcool. Une soupape latérale permet la vidange totale. Pour mesurer le débit, on vide le globe, puis on ferme le robinet de vidange et on note la minute et la seconde où le liquide affleure au zéro. Le débit est bien apparent, par le bec supérieur du tube d'arrivée de l'alcool. D'après le temps exigé pour arriver au second trait, on calcule le débit horaire.

Réglage invariable des coulages. —

M. Barbet a mis ses appareils de distillation et de

rectification d'un dispositif, représenté par la figure 31, qui rend le coulage des appareils absolu-

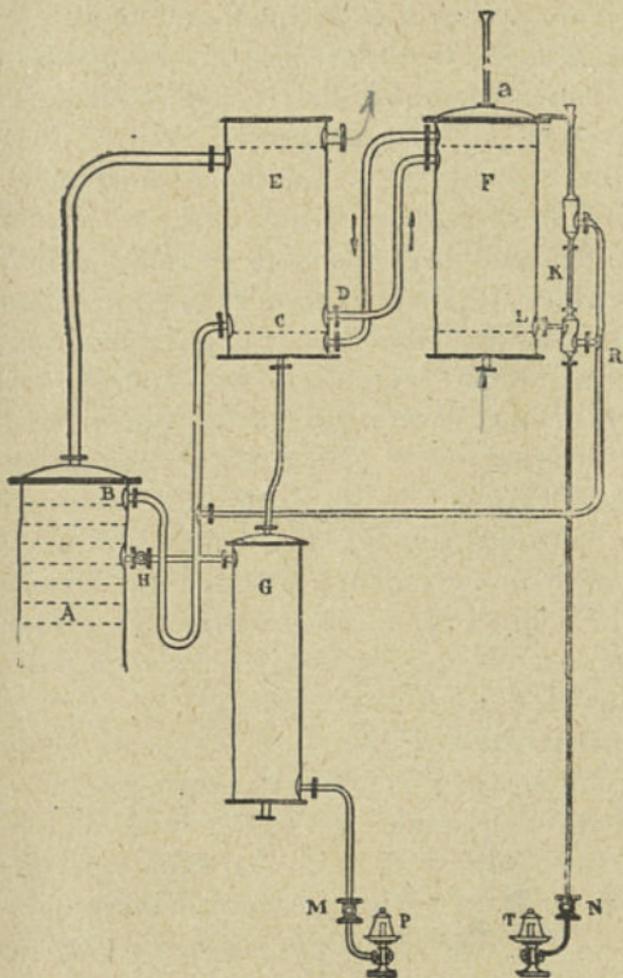


Fig. 31. — Réglage invariable des coulages.
(Barbet et C^{ie}).

ment invariable, malgré les variations de niveau du bac à eau. Ce dispositif est surtout avantageux pour bien régler la marche des colonnes distillatoires à haut degré.

Le flegme, sortant de la colonne A, se rend d'abord au condenseur E, puis au réfrigérant F placé sur le même plancher et à la même hauteur que le condenseur. L'alcool froid sort par la tubulure L qui est munie d'une trompette d'air K; de là il descend à l'éprouvette T, mais on interpose à l'entrée de celle-ci un robinet de réglage N. La trompette d'air K porte un tuyau de trop-plein R qui laisse retourner à la rétrogradation B du condenseur l'excès d'alcool. Si le robinet N est totalement fermé pendant la marche, l'alcool monte dans le tuyau K et passe par le tuyau R pour rentrer dans la colonne en B. En ouvrant plus ou moins le robinet N on peut tirer à l'éprouvette T la proportion voulue. On peut aussi arrêter instantanément tous les appareils de distillation, rien que par la fermeture des robinets de chaque éprouvette, en cas d'alerte ou d'accident grave dans la salle distillatoire. Le robinet H, le réfrigérant G, l'éprouvette P et le robinet M se rapportent à l'alcool *pasteurisé* que nous étudierons plus loin.

Régulateurs d'eau. — On utilise également des régulateurs d'arrivée de l'eau aux condenseurs et aux réfrigérants. Dans les appareils Guillaume que nous étudierons plus loin, le régulateur d'eau se compose de deux récipients qui communiquent par un tuyau. Un des récipients porte un trop-plein et on remplit les vases d'eau jusqu'au niveau de ce trop-plein. Sur ce récipient agit la pression du condenseur; plus cette pression est élevée, plus la distillation marche vite et plus il faut d'eau au condenseur. La pression qui agit sur le niveau de l'eau refoule le liquide plus ou moins dans l'autre récipient qui porte un flotteur. Ce flotteur agit sur le robinet d'arrivée de l'eau au condenseur, et la quantité d'eau

admise au condenseur se trouve ainsi parfaitement réglée suivant la marche de la distillation.

Régulateur d'alimentation, système Gazagne. — Le régulateur d'alimentation, système Gazagne, est basé sur le principe du thermomètre à air. Il est constitué par un organe sensible, à chambre d'air, à compression variable, en communication avec une cuvette et un flotteur à mercure, lequel, en se déplaçant, actionne par un bras de levier la valve d'alimentation. L'organe sensible du régulateur est impressionné par un courant de vapeur prélevé suivant les cas à un étage déterminé de la colonne. Son fonctionnement est le suivant : si la richesse du liquide augmente, la température diminue, la tension baisse dans l'organe sensible et le flotteur, agissant sur la valve d'alimentation, détermine une admission plus faible du liquide à travailler. Par contre, si la richesse du liquide alimentaire diminue, la température des vapeurs augmente, la tension augmente également dans l'organe sensible et le flotteur, en se soulevant, provoque une alimentation plus abondante. Les moindres fluctuations de température étant immédiatement enregistrées par l'organe sensible, l'alimentation est bien proportionnée aux besoins du moment avant que toute perturbation ne se soit manifestée dans la stabilité du régime de distillation. Le régulateur est en effet influencé et agit efficacement pour des variations de température atteignant à peine un quart de degré. On conçoit aisément qu'une telle précision dans l'alimentation soit impossible à obtenir à la main, malgré la surveillance presque continuelle que l'ouvrier exerce sur le thermomètre à cadran de la colonne.

Le régulateur d'alimentation a en outre l'avantage

d'établir le régime de distillation le plus économique. En effet, grâce à son action, on peut régler le régulateur de pression de manière qu'il ne fournisse que la vapeur strictement nécessaire pour assurer le bon épuisement.

Cet appareil est spécialement étudié en vue de son adaptation aux rectificateurs continus; toutefois, il donne les meilleurs résultats économiques quand on l'applique aux colonnes à haut et à bas degré.

Description de quelques colonnes à distiller.

Les colonnes peuvent être disposées pour produire soit des flegmes à bas degré, soit des flegmes à haut degré. Dans le dernier cas, il est nécessaire de concentrer les vapeurs alcooliques en les faisant barboter dans un liquide riche en alcool qu'elles épuisent en s'enrichissant. On place donc à la partie supérieure de la colonne d'épuisement un tronçon supplémentaire appelé tronçon de rectification; on condense partiellement les vapeurs alcooliques dans le chauffe-vin, et le liquide riche condensé alimente le tronçon de rectification, dans lequel les vapeurs s'enrichissent beaucoup en alcool.

Colonnes à bas degré. — *Colonne Champonnois.* — Cette colonne, représentée par la figure 32, se compose d'une série de plateaux à étoiles, du type décrit plus haut (fig. 22). Le chauffage se trouve à la base de la colonne; il est constitué par un faisceau tubulaire qui reçoit de la vapeur. A la partie supérieure de la colonne se trouve un chauffe-vin formé par un faisceau tubulaire placé immédiatement au-dessus du plateau supérieur de l'appareil. Les vapeurs alcooliques passent

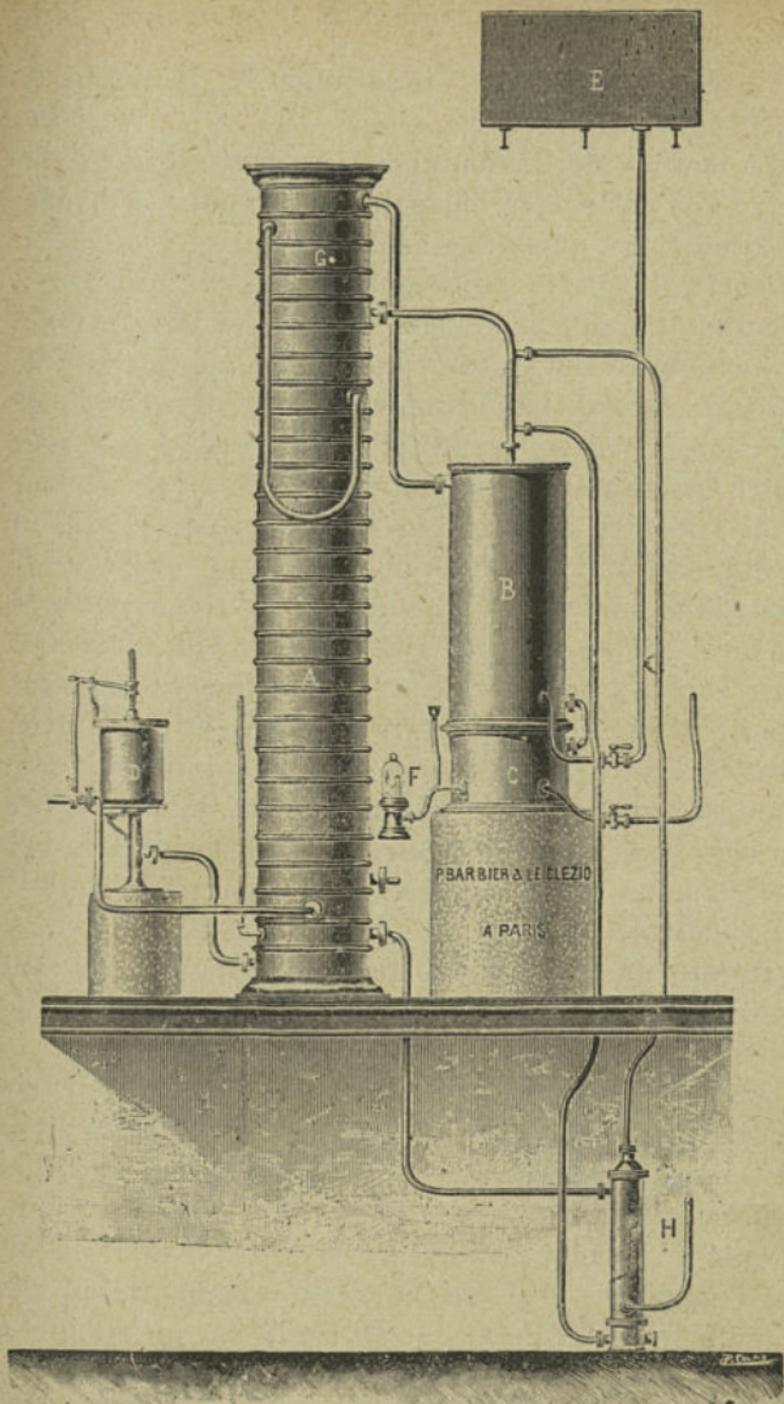


Fig. 32. — Colonne Champonnois
IRIS - LILLIAD, Université Lille 1

à l'intérieur des tubes, tandis que le vin circule à l'extérieur.

La marche de l'appareil est la suivante : le vin entre à la partie inférieure du réfrigérant, s'échauffe au contact des vapeurs alcooliques qui se condensent et sort à la partie supérieure. Il se rend alors au récupérateur de chaleur des vinasses où il s'échauffe au contact de la vinasse bouillante qui sort de la colonne. Le vin chaud remonte par un tuyau vertical au chauffe-vin supérieur ; il entre par le bas, passe entre les tubes du chauffe-vin et sort par le haut pour s'écouler par un tube en siphon sur le plateau d'alimentation. Le liquide à distiller cascade de plateau en plateau en passant par les tubes de trop-plein, et arrive épuisé d'alcool à la partie inférieure. Les vapeurs produites par l'ébullition des vinasses montent dans la colonne, s'enrichissent de plus en plus en alcool en barbotant dans le liquide qui descend, arrivent au chauffe-vin, passent dans les tubes de cet appareil où elles rétrogradent en partie. Les parties non condensées vont au réfrigérant et coulent à l'éprouvette.

Colonnes Savalle. — Les appareils Savalle sont assez variés ; les uns sont chauffés par barbotage de vapeur, les autres par chauffage tubulaire.

La figure 33 représente une colonne Savalle de distillation continue à vapeur, à simple degré, spécialement étudiée pour la distillation des cidres, et fonctionnant *sans aucun emploi d'eau*. Le moût, monté au préalable dans un réservoir placé au-dessus de l'appareil, sort de ce réservoir et remplit le chauffe-vin. Le débit en est réglé par un robinet à cadran très sensible : c'est le seul robinet de réglage de l'appareil. Le moût, porté dans le chauffe-vin à

une température d'environ 30-45 degrés, vient ali-

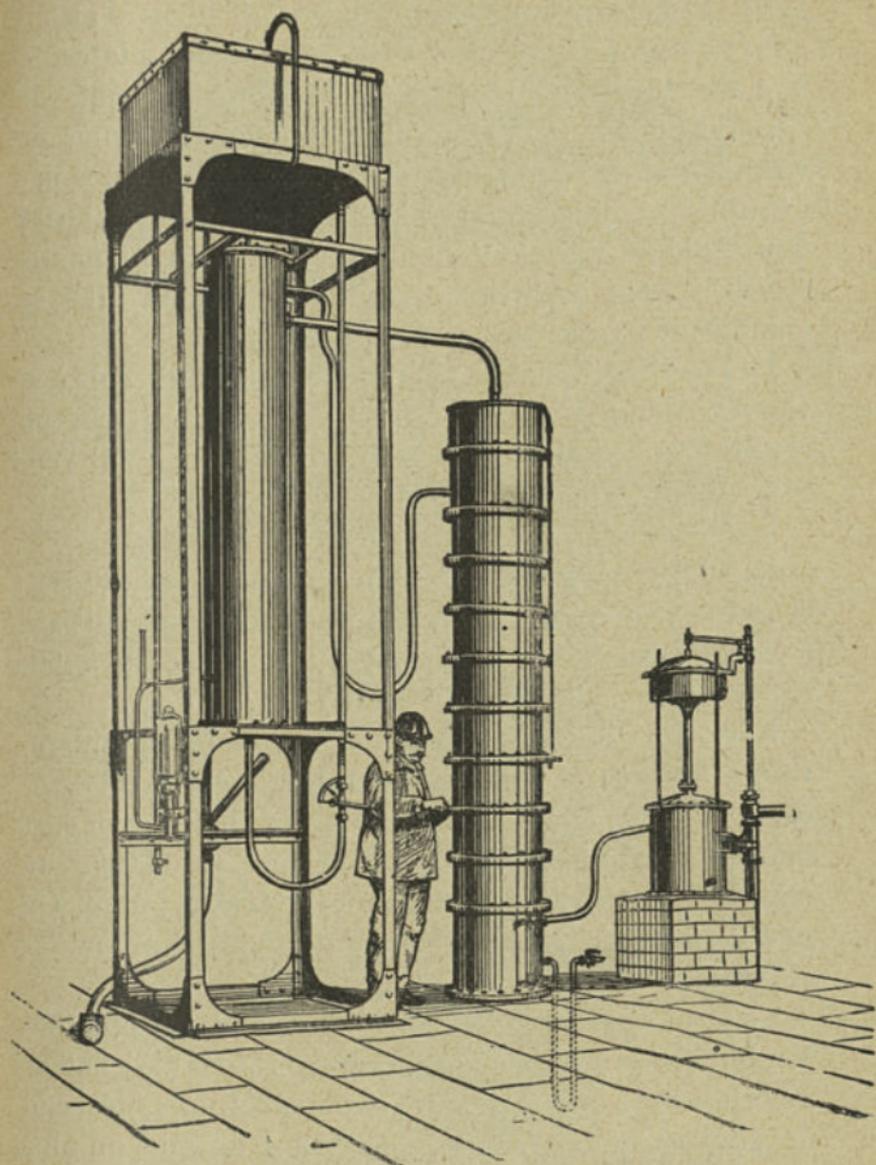


Fig. 33. — Colonne Savalle à bas degré, pour la distillation des cidres. (Lepage Urbain et C^{ie}).

menter le haut de la colonne, descend ensuite de

plateau en plateau par les trop-pleins de décharge, perd progressivement sur chaque plateau l'alcool qu'il contient et parvient enfin au dernier plateau à la base de la colonne, d'où un tuyau en forme de siphon le fait écouler au dehors sous forme de vinasse épuisée. Les vapeurs d'alcool, produites par l'ébullition, montent en barbotant autour des calottes dont chaque plateau est muni et se rendent par le col de cygne supérieur au chauffe-vin, où elles se condensent, pour couler à l'éprouvette.

Le chauffage peut avoir lieu soit à feu nu, soit à la vapeur. Dans ce dernier cas, l'appareil porte un régulateur Savalle qui règle automatiquement l'entrée de la vapeur.

Les alcools produits titrent de 65 à 75 degrés.

La figure 34 représente une colonne Savalle rectangulaire de distillation continue avec emploi d'eau, à simple degré pour la production d'alcools à 60-65 degrés.

Elle est constituée par une colonne en cuivre, rouge, formée de plateaux rectangulaires précédemment décrits; elle porte en outre un chauffe-vin condenseur tubulaire, un réfrigérant tubulaire, un régulateur de vapeur et une éprouvette jauge. On peut y adjoindre un récupérateur de chaleur des vinasses.

Le vin à distiller s'échauffe d'abord dans le chauffe-vin ou, s'il y a lieu, dans le récupérateur de chaleur des vinasses; puis il pénètre dans la colonne, descend de plateau en plateau en s'épuisant de plus en plus en alcool et arrive à la partie inférieure à l'état de vinasse. Les vapeurs alcooliques suivent une marche inverse. Arrivées à la partie supérieure de la colonne, elles passent dans un brise-mousse qui renvoie à la

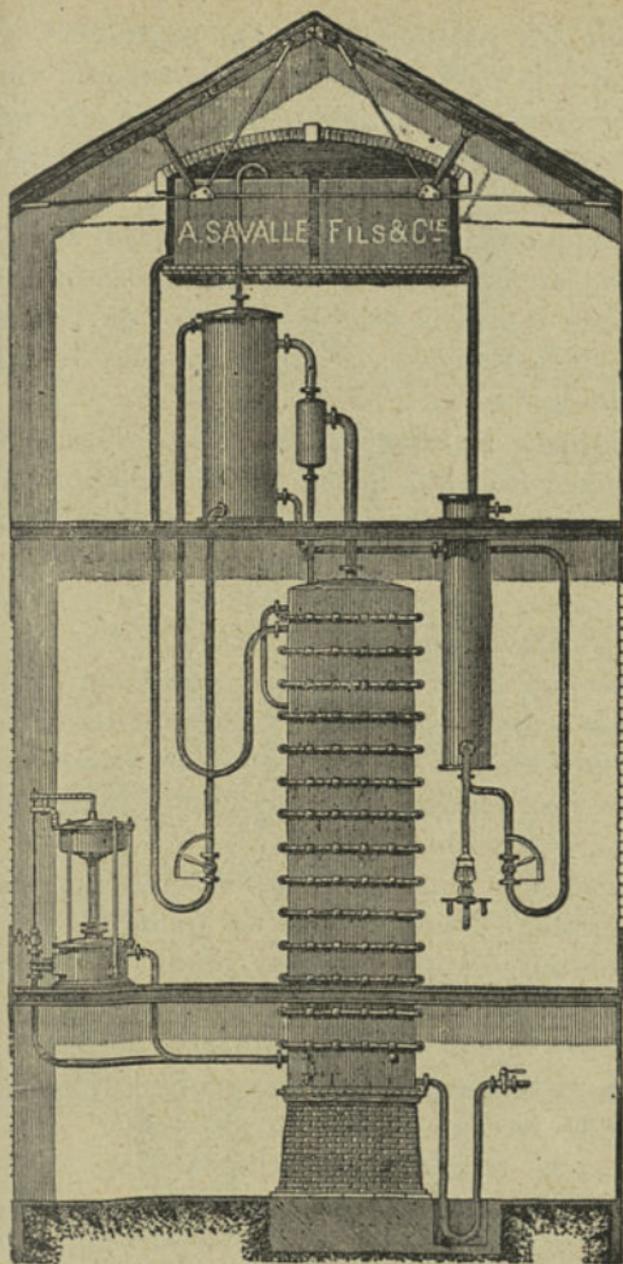


Fig. 34. — Colonne Savalle rectangulaire à bas degré.
(Lepage Urbain et C^{ie}).

colonne les particules de vin entraînées et elles entrent à la partie supérieure du chauffe-vin. Elles s'y condensent partiellement et la réfrigération s'achève dans le réfrigérant, d'où le flegme se rend à l'éprouvette.

Ces appareils sont d'un usage courant aux colonies et à l'étranger, pour la distillation des moûts clairs ou épais de mélasses, de grains, de pommes de terre, de betteraves, de topinambours, etc. Ils produisent de l'alcool à 60-65 degrés.

Colonnes Barbet. — Dans la colonne Barbet à bas degré (fig. 35), le vin traverse d'abord un récupérateur de chaleur des vinasses, puis un chauffe-vin de petite dimension où il achève de se réchauffer pour entrer enfin dans la colonne à plateaux. Les vapeurs alcooliques qui s'en dégagent se rendent au chauffe-vin où elles se condensent en partie. La portion condensée, peu volumineuse, rétrograde dans la colonne, tandis que les vapeurs non condensées se rendent au réfrigérant, placé au même niveau que le chauffe-vin.

On obtient ainsi un flegme à 60 degrés environ, qui coule à l'éprouvette en quantité exactement déterminée, l'appareil étant muni du réglage invariable des coulages précédemment décrits. Un régulateur de vapeur à régime variable assure la marche régulière de l'appareil; l'épuisement des vinasses est contrôlé par une éprouvette spéciale.

Pour la distillation des rhums, MM. Barbet et C^{ie} construisent une colonne représentée par la figure 36. Elle peut être chauffée, soit à feu nu, comme l'indique la figure 36, soit à la vapeur.

L'appareil commence par purifier le mout fermenté de ses mauvais gaz de fermentation et notamment

des gaz sulfureux et sulfhydrique. Les vapeurs alcooliques se concentrent ensuite dans la colonne à

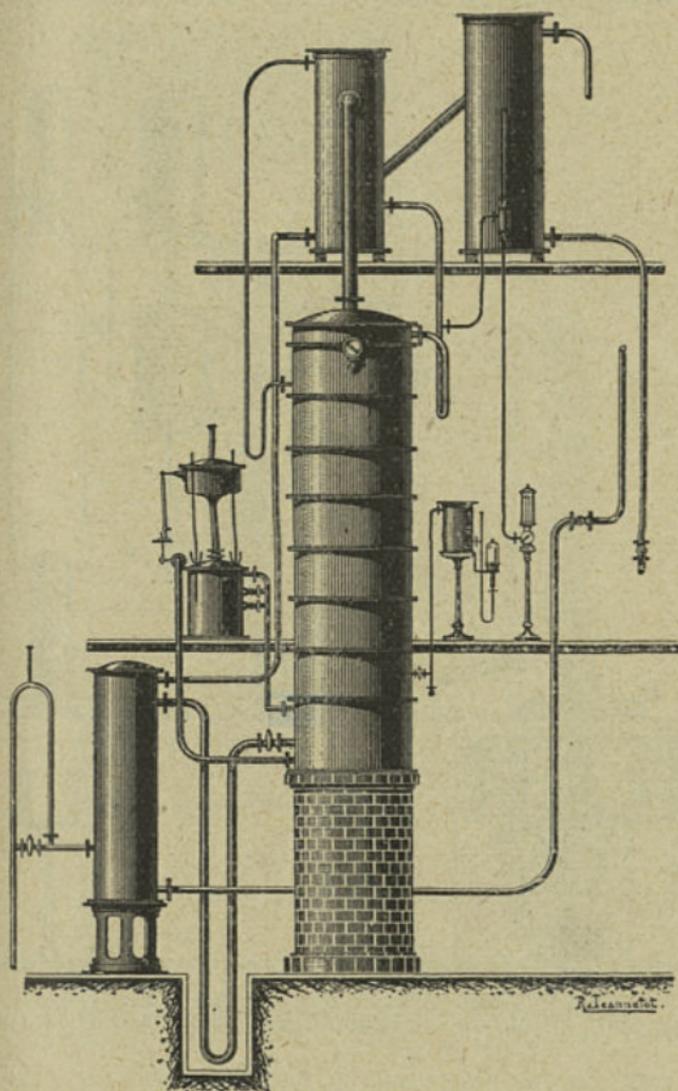


Fig. 35. — Colonne à bas degré. (Bârbet et C^{ie}).

plateaux F, et du fait du haut degré, les acides gras se combinent à l'alcool pour former des éthers très

parfumés. Mais on se garde bien de récolter le rhum à très haut degré, tel qu'il sortirait du réfrigérant H. On fait au contraire une rétrogradation totale et c'est

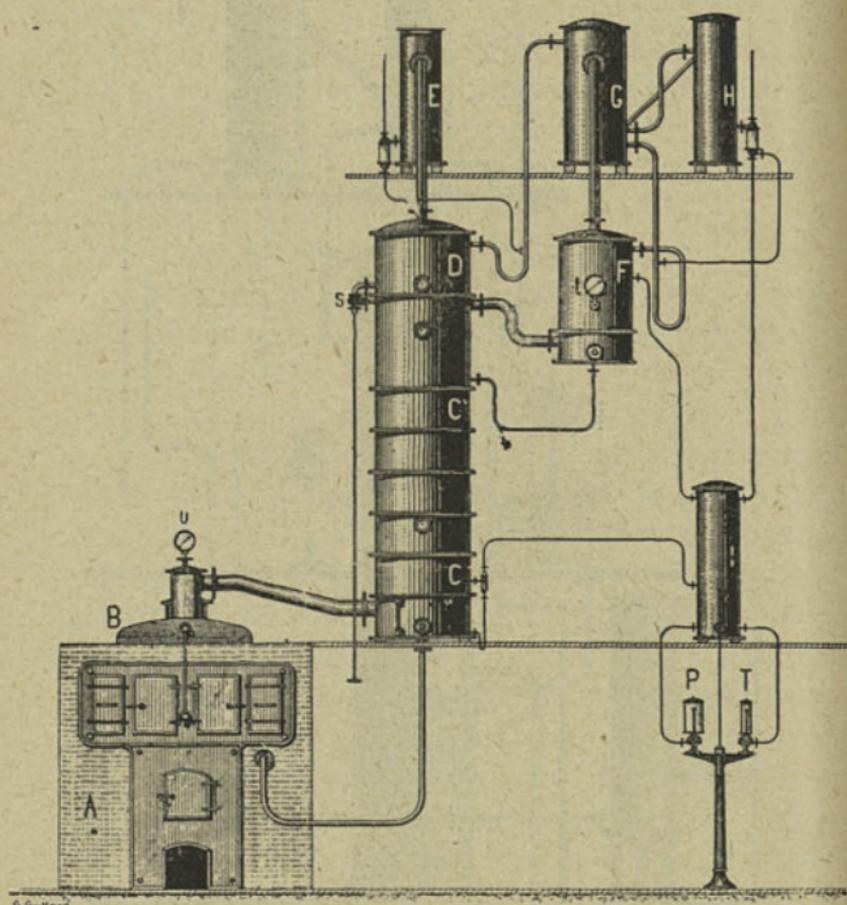


Fig. 36. — Colonne à distiller les rhums. (Barbet et C^o.)

sur l'un des plateaux moyens de la colonne qu'on prélève le rhum à un degré alcoolique ne dépassant pas 70 à 75 degrés, degré auquel les arômes d'origine manifestent toute leur intensité.

Les plateaux de cette colonne sont constitués de calottes fenestrées en bronze spécial, très facilement

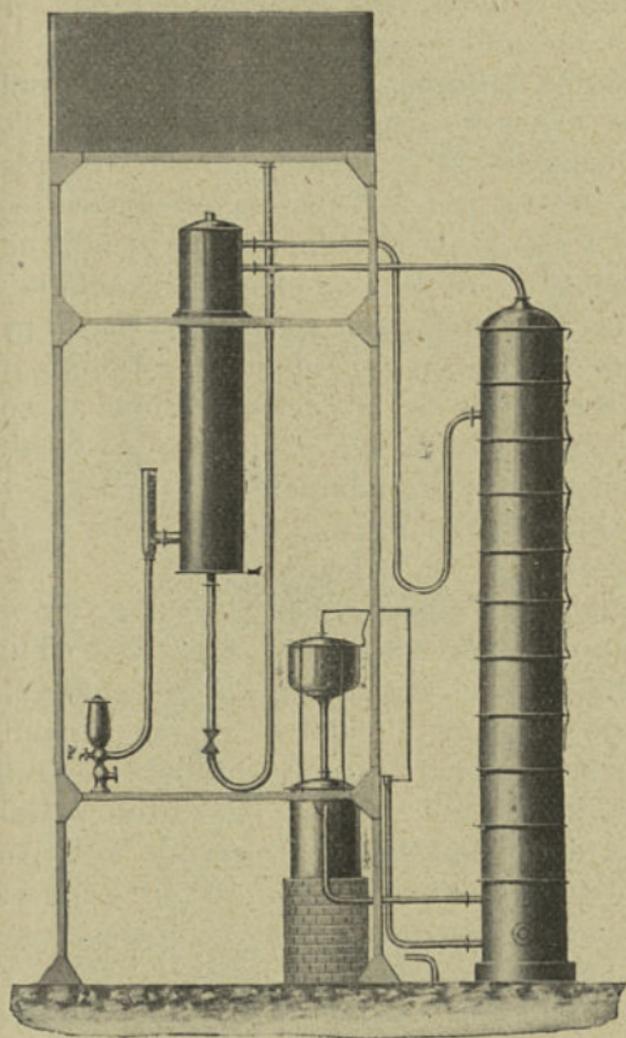


Fig. 37. — Colonne à distiller pour la production des eaux-de-vie de cidres. (Pingris).

démontables (voir fig. 24). Ce fait est important, car les mûts fermentés destinés à la fabrication des rhums sont très chargés de levures mortes en raison

de la dilution des mélasses au moyen des vinasses, et il est nécessaire de faire de temps en temps des nettoyages soignés sans lesquels le rhum pourrait prendre des goûts désagréables.

Colonnes Pingris. — La figure 37 représente une colonne à distiller continue, spéciale pour l'obtention d'eaux-de-vie de cidres à 60-65 degrés, aux dépens de cidres à 5-6 degrés, et construite par la maison Pingris. Cette colonne comprend une série de plateaux à calottes, un chauffe-vin tubulaire qui tient lieu de condenseur réfrigérant par le passage du cidre à distiller, qui est employé comme liquide refroidisseur. De ce fait, comme dans la colonne Savalle déjà décrite (fig. 33), l'eau est totalement supprimée du cycle habituel. Suivant leurs dimensions, ces colonnes peuvent traiter de 60 à 400 hectolitres de cidre par 24 heures.

La colonne Pingris à bas degré (fig. 38) pour la distillation des jus fermentés, se compose d'un souassement, d'un tronçon de sortie des vinasses, d'une série de plateaux à calottes, d'une chambre de vapeur et d'un chapiteau. Cet ensemble est relié par quatre tirants qui assurent la liaison parfaite de chacun des éléments. Le chauffage à la vapeur, muni d'un régulateur spécial, se trouve à la base de la colonne. Le fonctionnement est le même que celui des colonnes précédemment décrites : le vin, venant du bac à vin, entre dans la colonne à la partie supérieure après s'être échauffé dans le chauffe-vin; il descend de plateau en plateau, s'épuise et s'échappe épuisé à la base. Les vapeurs s'enrichissent en alcool au fur et à mesure qu'elles gagnent la partie supérieure de la colonne; elles passent au chauffe-vin où elles se condensent en partie au contact du vin

froid et coulent à l'éprouvette pour les parties con-

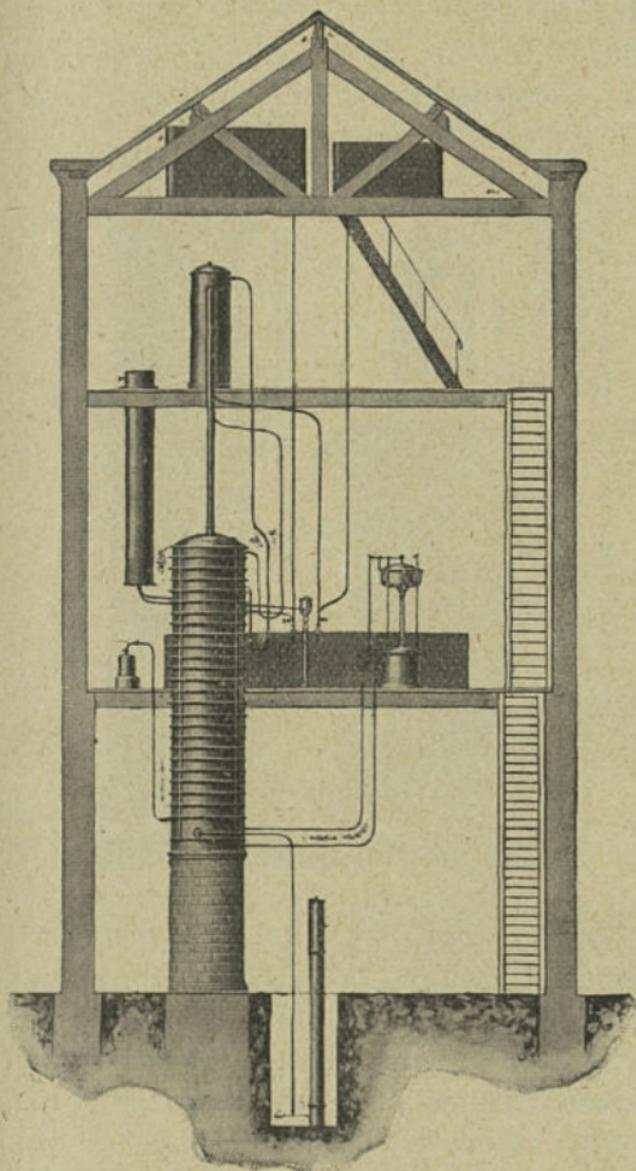


Fig. 38. — Colonne à bas degré. (Pingris).

densées. Celles qui ne le sont pas passent au réfrigérant, s'y condensent et arrivent enfin à l'éprou-

vette. Les flegmes obtenus marquent en moyenne 45 à 50 degrés.

Colonnes Deroy. — La figure 39 représente un appareil à distillation continue, système Deroy, qui

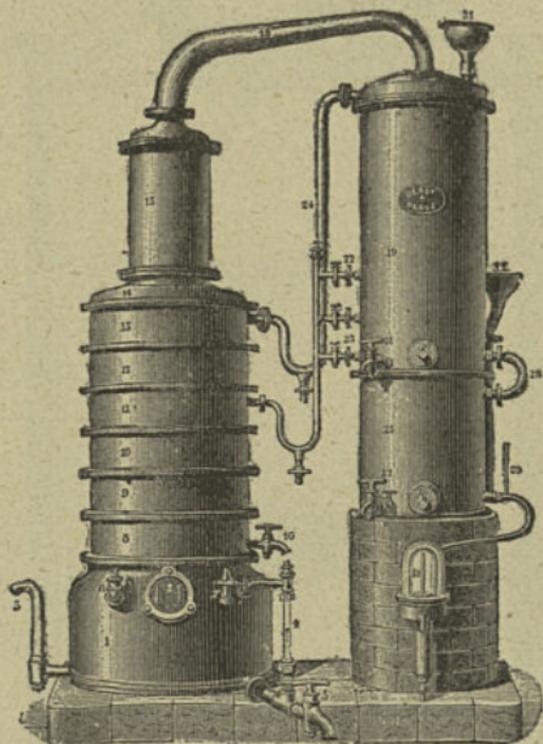


Fig. 39. — Appareil à distillation continue. (Deroy).

est surtout utilisé pour la distillation industrielle des rhums. Cette colonne peut être chauffée soit à la vapeur, soit à feu nu. La chaudière 1, garnie de tous ses accessoires, sert de base à la colonne de distillation, composée de quatre plateaux qui suffisent pour épurer des vins à 8 degrés. On peut ajouter autant de plateaux que le degré du vin le nécessite, à raison d'un plateau supplémentaire par 2 degrés.

Le dôme 14 de la colonne à distiller supporte la colonne à rectifier 15, sur le chapiteau de laquelle repose le col de cygne 18 qui conduit les vapeurs dans la partie tubulaire

du chauffe-vin 19, puis de là, par le coude 28, au serpentin du réfrigérant 25, d'où le produit de la condensation sort par l'éprouvette 30. Le chauffe-vin peut se relier ultérieurement au réfrigérant, ce qui présente un grand avantage pour les contrées où l'eau est rare; dans ce cas, la réfrigération s'opère à l'aide du liquide fermenté qu'on a à distiller. Le vin est introduit à la base du chauffe-vin par le tuyau de l'entonnoir 31 et se déverse, par le tuyau 24, sur le premier plateau de la colonne à distiller. Une cuvette régulatrice avec robinet flotteur destiné à y maintenir un niveau constant et portant à la base un robinet d'alimentation à cadran est placée au-dessus de l'appareil et alimente l'entonnoir 31.

La figure 40 représente une colonne Deroy qui permet d'obtenir des eaux-de-vie aux différents

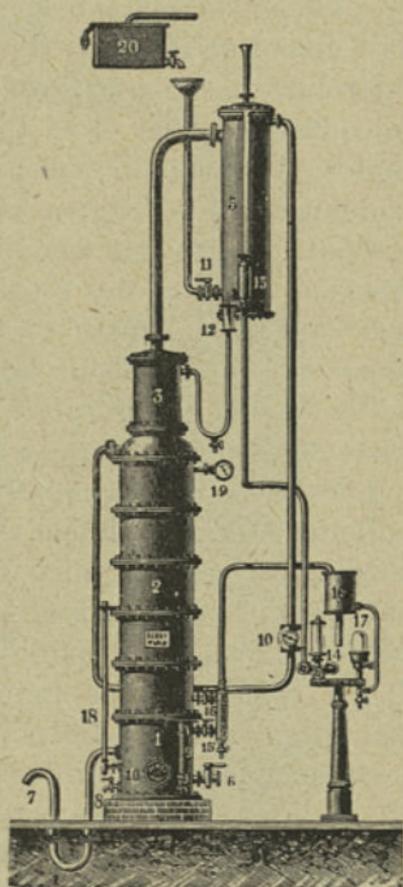


Fig. 40. — Colonne à distiller (Deroy).

degrés que l'on peut désirer. Le vin, provenant d'un réservoir supérieur, arrive par une cuvette à flotteur, d'où il est conduit à la colonne à distiller. Il s'écoule de plateau en plateau en s'épuisant graduellement de l'alcool qu'il contient, et arrive à la chaudière inférieure; il en sort à l'état de vinasse. La vapeur est introduite au bas de la colonne; les vapeurs alcooliques s'élèvent en s'enrichissant, pour venir se condenser dans l'organe de réfrigération d'où elles sortent condensées à l'éprouvette au degré qu'on désire, par suite des rétrogradations, à la colonne, des vapeurs aqueuses condensées en proportion du degré à obtenir. Pour les eaux-de-vie, le vin seul suffit pour la réfrigération. Il est très utile de munir cette colonne d'un régulateur de pression de vapeur.

L'appareil représenté figure 41 se compose d'une colonne à douze plateaux, chauffée à la vapeur ou à feu nu : il est muni d'un chauffe-vin (10) et d'un réfrigérant (12). Son fonctionnement est identique à celui de tous les appareils opérant en continuité. Il est surtout utilisé aux Antilles pour la distillation des rhums et tafias. Les plus répandus sont ceux qui sont susceptibles de traiter 300 à 400 hectolitres de jus fermentés par 24 heures.

La figure 42 représente un nouvel appareil à distillation continue et fractionnée, spécialement applicable à la grande production des rhums. Il est formé par un groupe de quatre chaudières 1, 2, 3, 4, disposées en gradins. Le vin ou le jus fermenté arrive dans le chauffe-vin 29 par le tuyau 44 de la cuvette 43. Là, au contact de la chaleur abandonnée par les quatre serpentins, il s'échauffe, puis, passant par le tuyau 16, il gagne la chaudière 1 et circule dans la spirale inférieure. Par le tube 13, il se rend alors dans la

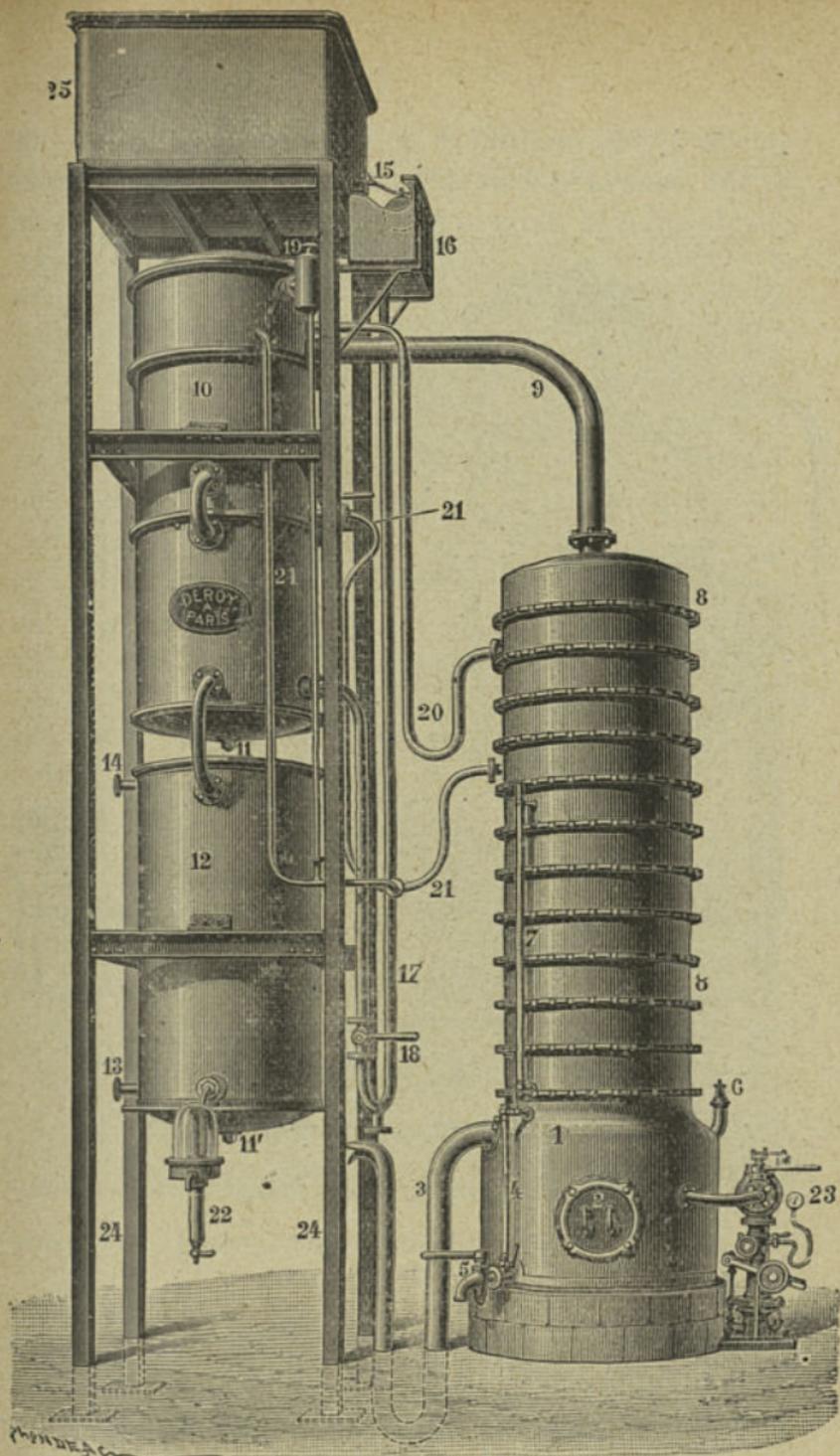


Fig. 41. — IRIS LILLIAD Université Lille 1 des rhums. (Deroy).

spirale de la chaudière 2; il en sort par le tube 14, arrive dans la spirale de la chaudière 3 et passe enfin par le tube 15 dans la spirale de la chaudière 4 pour

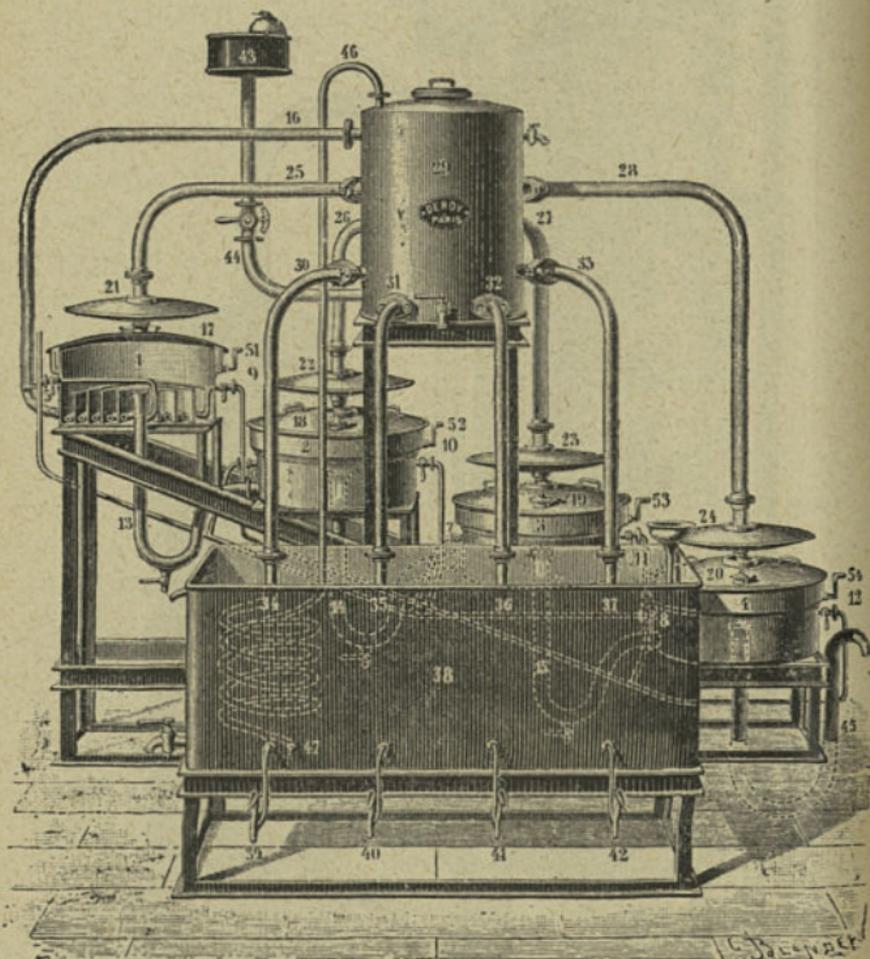


Fig. 42. — Nouvel appareil à distillation continue et fractionnée. (Deroy).

s'échapper définitivement par le tube 45. Pendant ce long parcours, les vapeurs alcooliques du vin en distillation se sont dégagées : celles qui emportent les mauvais goûts de tête s'échappent de la chaudière 1,

par le col de cygne 25, pour être recueillies, condensées à l'éprouvette 39; celles qui constituent l'alcool

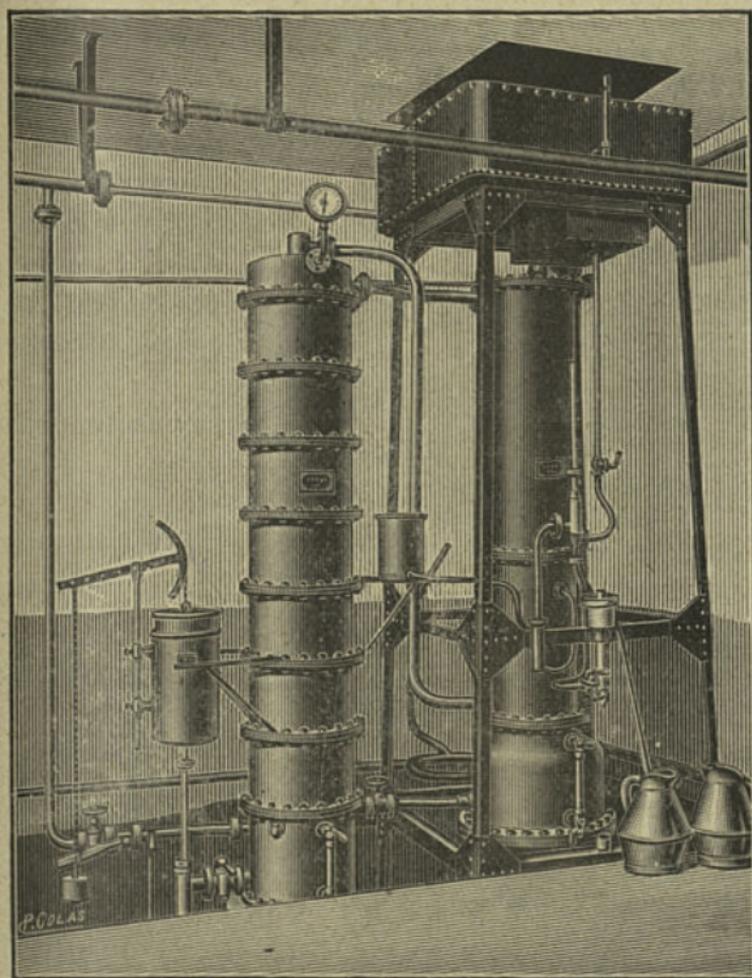


Fig. 43. — Appareil continu, type A H R, pour la fabrication des eaux-de-vie (Gazagne).

bon goût s'échappent des deux chaudières centrales 2 et 3, pour être recueillies condensées aux éprouvettes 40 et 41; enfin celles qui sont imprégnées de mauvais goûts de queue s'échappent de la chaudière

inférieure 4, pour être recueillies condensées à l'éprouvette 42. Lorsque la proportion de mauvais goûts de tête est relativement faible, on peut placer un serpentin de chauffe dans le haut du chauffe-vin, de façon à extraire directement de cet organe les parties étherées. En agissant ainsi, le produit de la chaudière 1 peut être classé aux bons goûts.

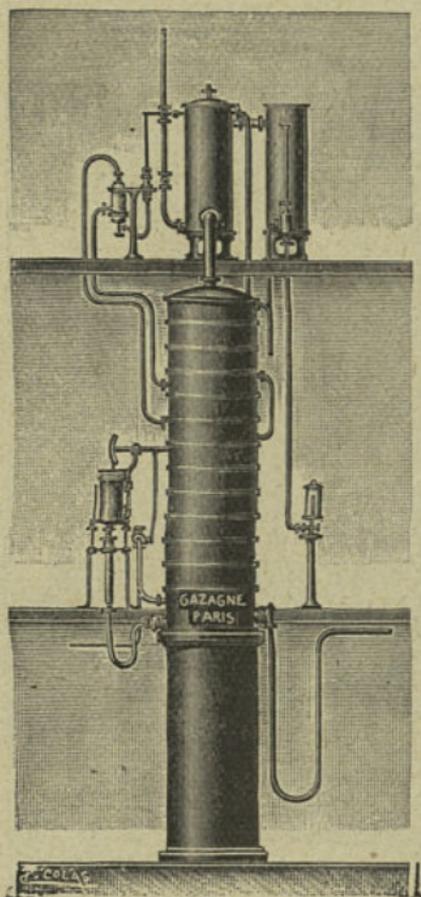


Fig. 44. — Colonne de distillation automatique (Gazagne).

Des chapiteaux rectificateurs 17, 18, 19, 20 et des lentilles de rectification 21, 22, 23, 24, permettent d'élever ou d'abaisser à volonté le degré des produits.

Des chapiteaux rectificateurs 17, 18, 19, 20 et des lentilles de rectification 21, 22, 23, 24, permettent d'élever ou d'abaisser à volonté le degré des produits.

Colonnes Gazagne à bas degré. — M. Gazagne construit pour la fabrication des eaux-de-vie à 70 degrés de premier jet divers types de colonnes, fonction-

nant sans eau, avec chauffage automatique et degré de l'alcool réglable à volonté. La figure 43 représente une de ces colonnes, de hauteur réduite, ne nécessitant pour son installation aucun travail d'aménagement.

La figure 44 représente une colonne de distillation automatique, système Gazagne, établie pour la distillation de tous liquides fermentés. Agencée en colonne à bas degré, elle peut être utilisée pour la production

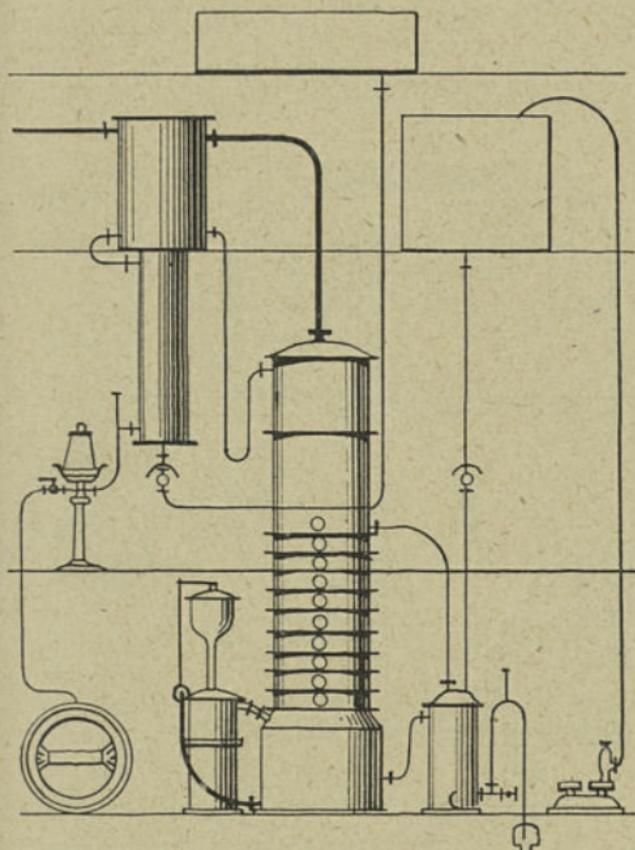


Fig. 45. — Colonne à distiller les rhums (Crépelle-Fontaine).

des flegmes à bas degré, des rhums, etc. Grâce à l'emploi du régulateur d'alimentation, système Gazagne, que nous avons décrit précédemment et d'un régulateur de vapeur très sensible, la marche de cette colonne est absolument régulière et automatique.

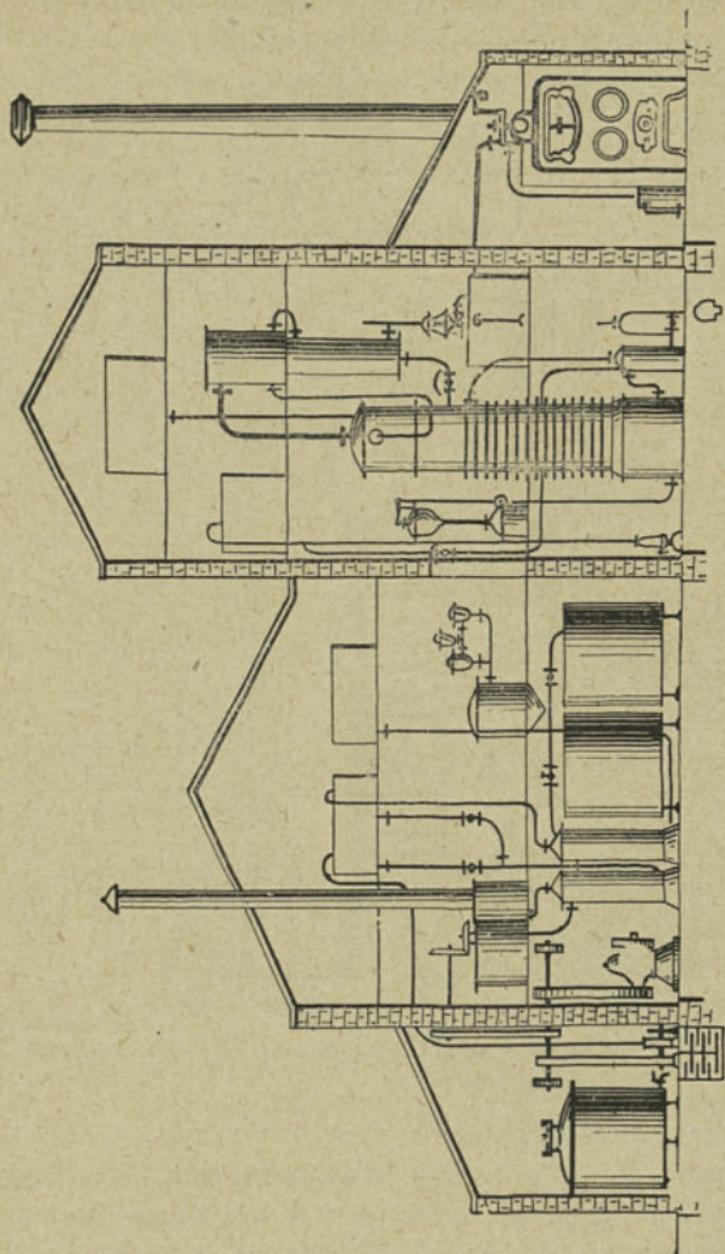


Fig. 40. — Installation d'une distillerie de rhums. (Crépelle-Fontaine).

Colonnes à bas degré Crépelle-Fontaine. — La maison Crépelle-Fontaine construit de nombreuses colonnes à distiller à bas degré.

L'appareil représenté par la figure 45 est surtout utilisé pour la distillation des rhums. Elle comprend

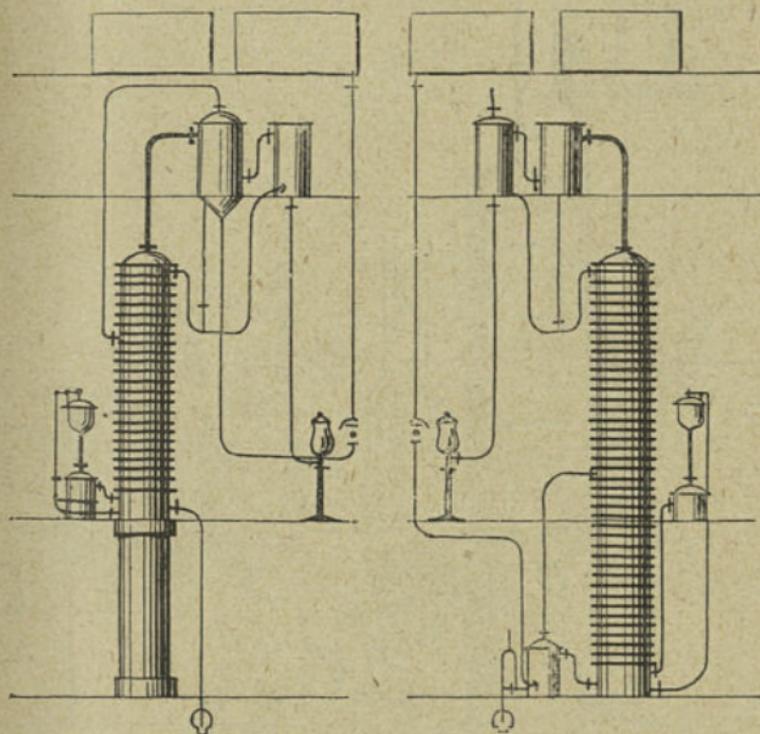


Fig. 47 et 48. — Colonnes à bas degré et à haut degré.
(Crépelle-Fontaine).

ordinairement un soubassement recevant le serpentín pour le chauffage à la vapeur, mais elle peut se construire également pour le chauffage à feu nu. Elle se compose d'une colonne d'épuisement surmontée d'un tronçon de concentration, d'un condenseur et d'un réfrigérant. On peut séparer ainsi les produits de tête et obtenir des rhums bien dépouillés de ces produits et des produits de queue.

Si on veut obtenir la totalité des parfums, on emploie l'appareil muni d'un condenseur placé directement au-dessus du réfrigérant et on recueille à

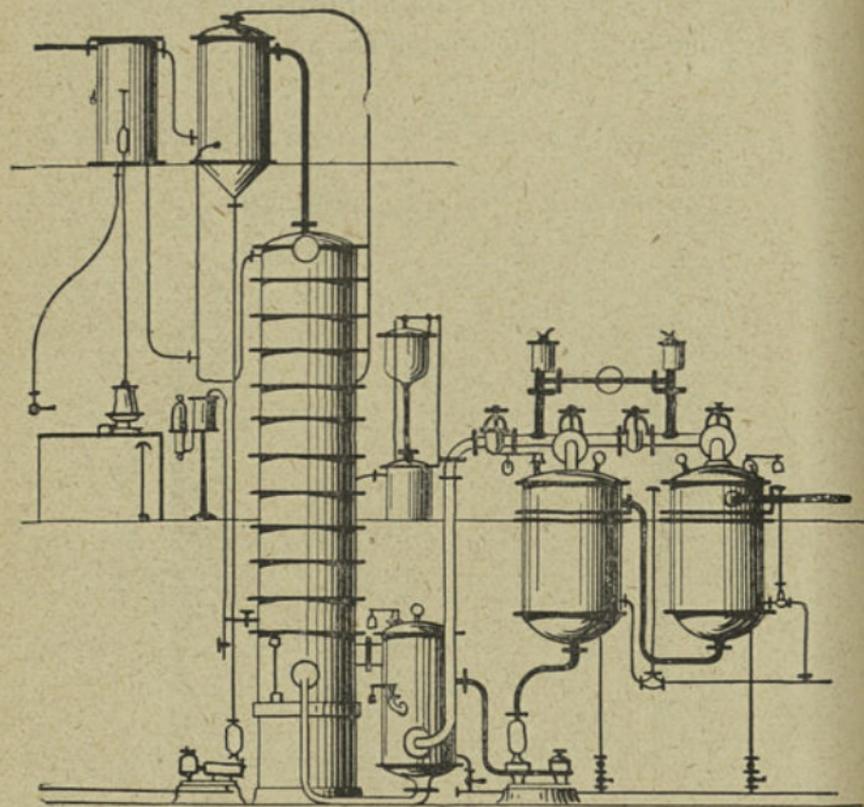


Fig. 49. — Colonne en cuivre pour les vins de mélasses, avec chauffage tubulaire et appareil à double effet (Crépelle-Fontaine).

l'éprouvette la totalité des produits distillés sans fractionnements.

La figure 46 représente une installation complète d'une distillerie de rhums, faite par la maison Crépelle-Fontaine.

Enfin, les figures 47 et 48 représentent deux colonnes Crépelle-Fontaine, l'une à bas degré,

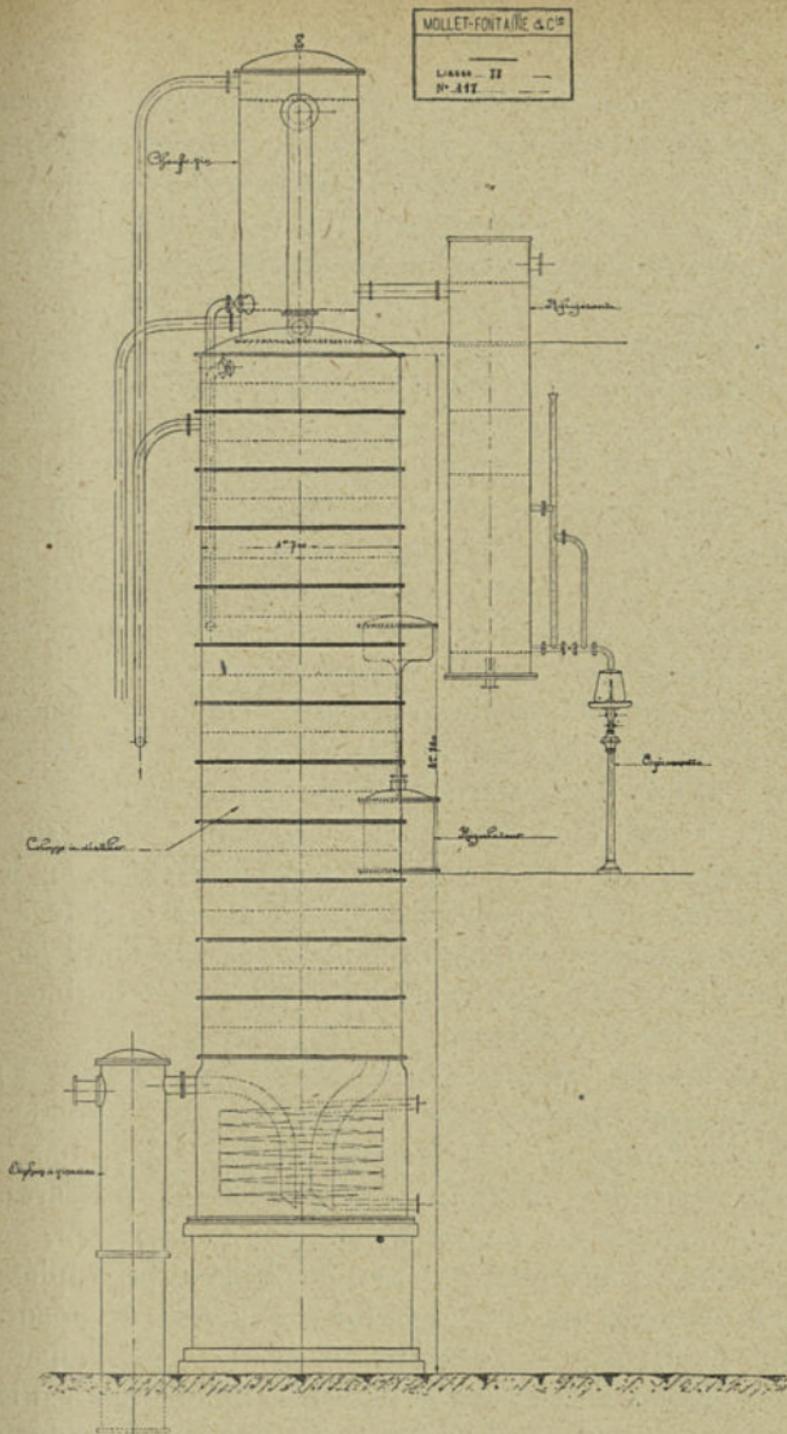


Fig. 50. IRIS LILLIAD Université Lille 1 (Mollet-Fontaine).

l'autre à haut degré. La colonne à bas degré se compose de plateaux en fonte dont le nombre varie entre 18 et 22. Ces plateaux sont disposés sur un soubassement en fonte recevant le chauffage qui se fait le plus souvent par la vapeur d'échappement. La colonne comprend en outre un réfrigérant, une éprouvette de coulage et un régulateur de vapeur à régime variable. Nous reviendrons plus loin sur la colonne à haut degré.

La figure 49 représente une colonne Crépelle-Fontaine, pour les vins de mélasses, avec chauffage tubulaire et appareil à double effet. Cette disposition permet d'obtenir les vinasses plus concentrées à la sortie de l'appareil et de réduire ainsi la dépense en combustible pour l'évaporation de ces vinasses. Le vin, introduit d'abord dans le chauffe-vin, passe ensuite dans la colonne distillatoire. Les vinasses qui sortent du faisceau tubulaire sont refoulées par une pompe dans un appareil à double effet sous pression, dont les vapeurs sont utilisées pour le chauffage du tubulaire; l'excédent est rejeté au dehors par des soupapes bien réglées. Les eaux condensées dans le faisceau tubulaire servent à l'alimentation des générateurs.

Colonnes Mollet-Fontaine. — La figure 50 représente une colonne à plateaux, construction Mollet-Fontaine, susceptible de produire 100 à 120 hectolitres de rhum à 65 degrés par 24 heures. Elle comprend une série de douze plateaux, un chauffe-vin tubulaire, un réfrigérant, un siphon d'évacuation des vinasses et un régulateur de vapeur. Le chauffage se fait par serpentín de vapeur à la base de la colonne. Le fonctionnement est le même que celui des colonnes à distiller précédem-

ment décrites. Le vin s'échauffe d'abord dans le chauffe-vin, puis se rend dans la colonne, dont il

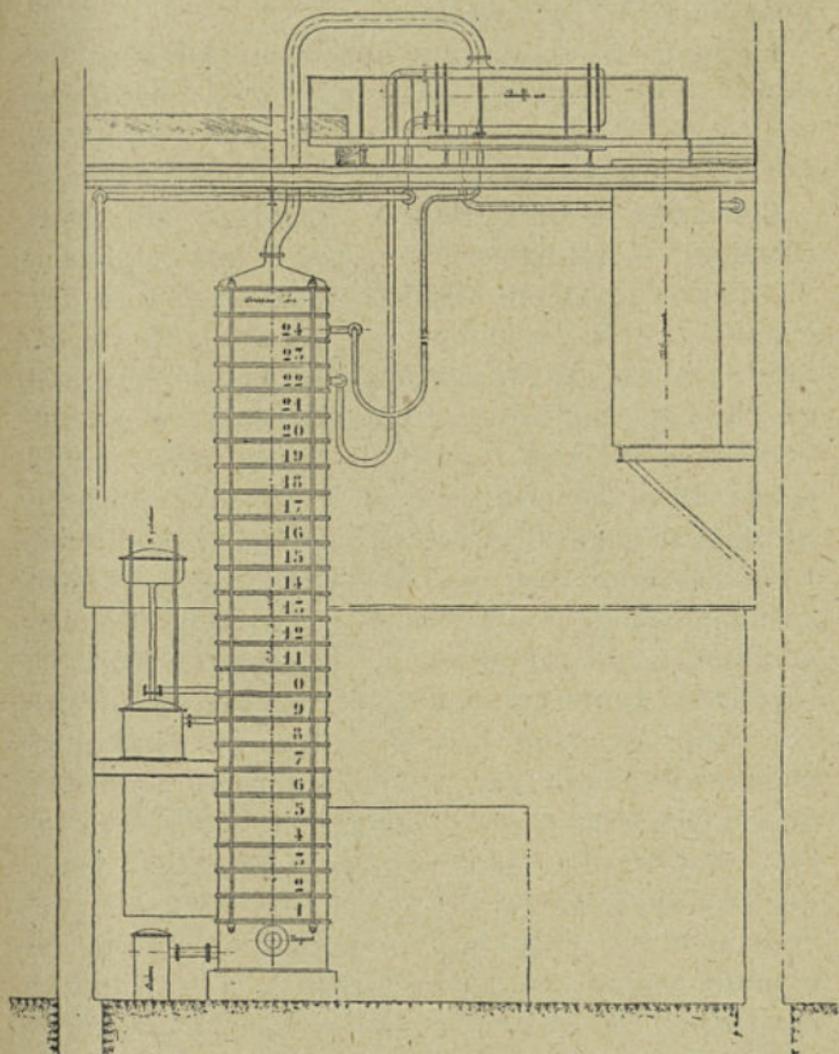


Fig. 51. — Colonne à distiller de 24 plateaux (Mollet-Fontaine).

descend les plateaux en s'épuisant en alcool; il est extrait à la partie inférieure à l'état de vinasse par le siphon. Les vapeurs alcooliques montent dans la

colonne, rétrogradent partiellement dans le chauffe-vin; l'excédent va au réfrigérant où il se condense pour couler à l'éprouvette.

La figure 51 représente une colonne Mollet-Fontaine à vingt-quatre plateaux, avec chauffe-vin analogue à celui que nous avons décrit figure 27, réfrigérant et chauffage à la vapeur par barbotage.

Colonnes à bas degré, système Mariller-Granger. — La figure 52 représente une colonne de distillation, système Mariller-Granger, munie d'un chauffe-vin, du régulateur de vapeur et du régulateur de température précédemment décrits, qui assurent une marche automatique et parfaitement régulière de la colonne. Le régulateur de vapeur agit à la fois sur la vapeur directe sur la vapeur d'échappement, et sa disposition est telle que la vapeur directement n'est admise qu'en cas d'insuffisance de la vapeur d'échappement. D'autre part, le régulateur de température maintient le régime le plus favorable de l'appareil : toute augmentation de richesse entraîne une chute immédiate de température qui, par l'intermédiaire du régulateur, amène la fermeture partielle du robinet alimentaire et par suite le rétablissement de l'équilibre. Le chauffe-vin ou condenseur mixte est d'un type spécial : les vapeurs y circulent de bas en haut et non de haut en bas, et il s'y établit une réaction violente entre les vapeurs et les liquides condensés, en vue de contribuer à l'enrichissement des flegmes et de parfaire le travail des plateaux.

Colonne Guillaume. — La colonne à distiller inclinée de Guillaume diffère complètement de toutes les colonnes que nous avons décrites jusqu'ici.

Elle se compose (fig. 53 et 54) d'un fond incliné formant caniveau continu dans lequel les vins à dis-

tiller circulent librement suivant une section et une

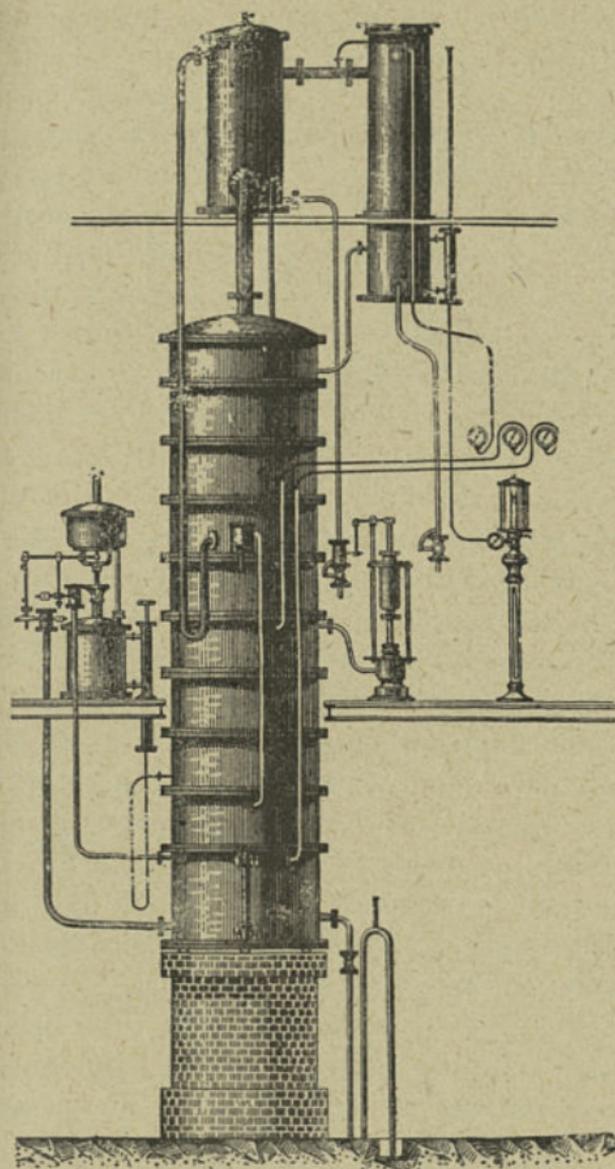


Fig. 52. — Colonne à distiller système Mariller-Granger.
(Granger).

pente continue, alternativement de droite à gauche

et de gauche à droite, en descendant, la pression hydrostatique s'exerçant de haut en bas sans aucune perte de charge ni interruption, pour forcer cette circulation. Le vin arrive à la partie haute de ce caniveau et la sortie des vinasses se fait dans le bas au moyen du régulateur d'extraction B. La partie supérieure de la colonne est divisée en compartiments qui correspondent aux diverses branches du caniveau, et qui forment ainsi des chambres de détente et des calottes de barbotage.

L'appareil représenté par la figure 55 se compose de la colonne A qui vient d'être décrite, d'un chauffe-vin B, d'un extracteur des vinasses D, d'une éprouvette de sortie de l'alcool G, d'une éprouvette de vérification de l'épuisement G'', d'une cuvette régulatrice K, d'un régulateur de vapeur O et d'un réfrigérant R. Cet appareil est destiné à la production des eaux-de-vie ou flegmes bruts à 60-70 d.

Le fonctionnement de la colonne est le suivant : le vin, qui provient d'un bac placé au-dessus de l'appareil, est introduit par un robinet à flotteur dans la cuvette régulatrice K, d'où un tuyau le conduit au robinet *m* qui règle le débit de l'appareil. Le vin remonte pour entrer dans le chauffe-vin où il s'élève en s'échauffant ; un tuyau le conduit ensuite dans le haut de la colonne inclinée ; il y circule en s'épuisant, et il est rejeté au dehors par le tube siphon C, après avoir traversé l'extracteur D. L'épuisement de la vinasse est vérifié constamment au moyen de l'éprouvette G'', par laquelle on voit couler le liquide provenant de la condensation de la vapeur des vinasses, vapeur prélevée par le robinet *b*.

La vapeur de chauffe pénètre au bas de la colonne inclinée par 2 (fig. 53), passe par dessous les cloi-

sons 3, 3', etc., de chambre en chambre, pour bar-

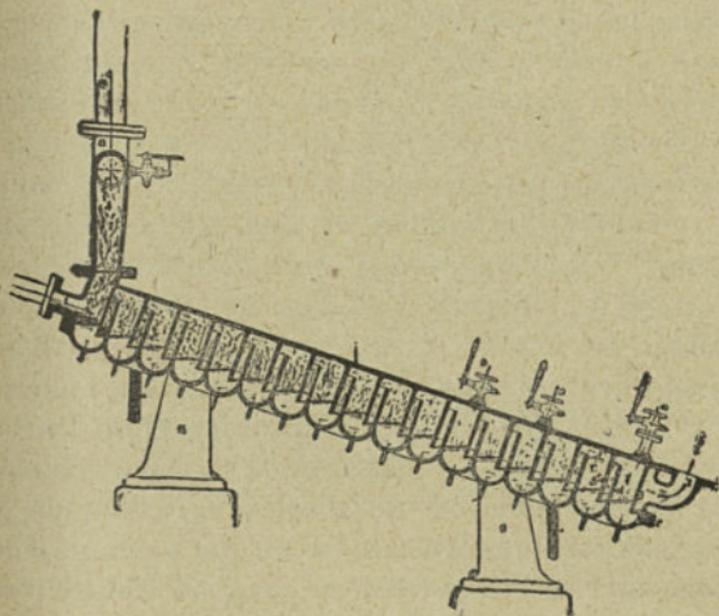
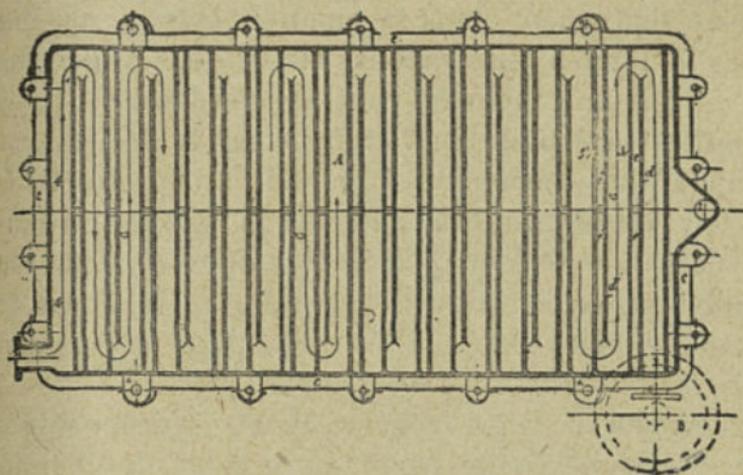


Fig. 53 et 54. — Plan et coupe d'une colonne inclinée de Guillaume (Egrot et Grangé).

boter méthodiquement dans le vin à distiller; elle se détend, après chaque barbotage, dans une chambre

qui retient les parties liquides entraînées, et elle arrive finalement dans la chambre supérieure 4 et dans le dôme 5. Les vapeurs alcooliques qui sortent de la colonne inclinée vont se condenser dans le chauffe-vin B, puis dans le réfrigérant R placé au-dessous. L'alcool terminé est recueilli à l'éprouvette G.

Pour visiter tout l'intérieur de la colonne, il suffit de desserrer le joint principal unique *c* et de descendre, pour l'y laisser suspendu, le fond sur les tiges verticales filetées *a*. Le démontage et le remontage se font ainsi très rapidement.

L'emploi de cette colonne, dite « inobstruable », est particulièrement avantageux pour distiller les moûts épais de pommes de terre, de grains, etc. Cette colonne présente aussi des avantages pour le travail des moûts clairs tels que vins de mélasses, de betteraves, piquettes, cidres, etc., à cause de sa grande simplicité et de la facilité de son démontage.

Colonnes à haut degré. — Quand les distilleries rectifient elles-mêmes les flegmes sur place, les colonnes à bas degré qui fournissent des flegmes à 45 d.-60 d., suffisent parfaitement. Cependant, en présence des débouchés qui s'ouvrent aujourd'hui à l'alcool dénaturé pour l'éclairage et la force motrice, il y a intérêt à produire du premier coup l'alcool brut à haut degré. Cet objectif est tout particulièrement indiqué pour les distilleries agricoles qui ne possèdent pas de rectificateurs ou qui vendent leurs flegmes aux raffineurs d'alcool, car on réduit dans ce dernier cas considérablement les frais de transport et de logement.

Pour élever le degré alcoolique du flegme, nous avons vu qu'on place à la partie supérieure de la colonne d'épuisement une colonne de concentration

qui est alimentée par le liquide alcoolique condensé dans le chauffe-vin et que la vapeur alcoolique qui

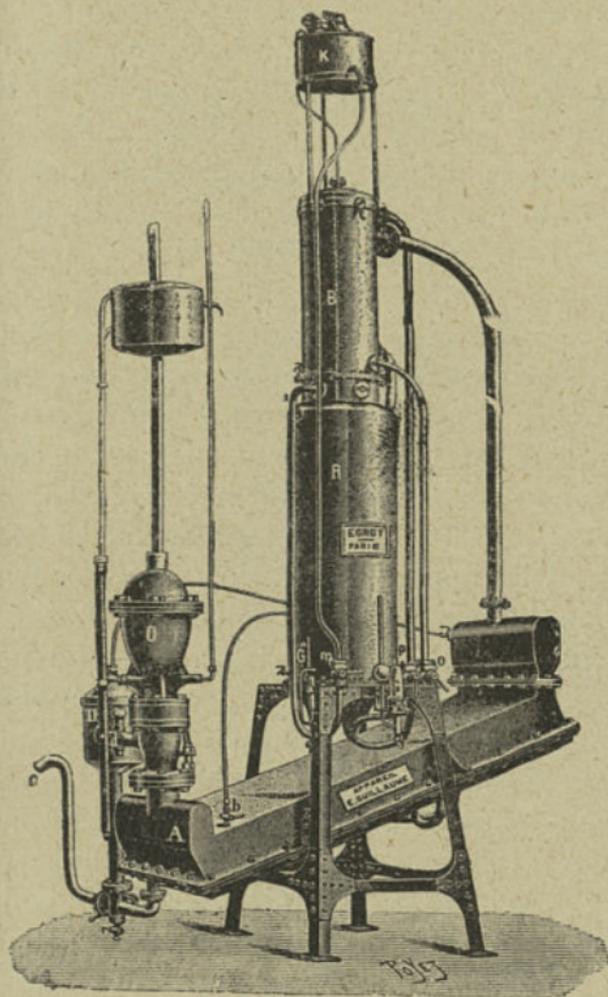


Fig. 55. — Appareil à distillation continue à colonne inclinée système Guillaume; type M^a à bas degré (Egrot et Grangé).

vient de la colonne d'épuisement traverse en s'enrichissant.

Colonne Savalle à haut degré. — La figure 56 représente une colonne Savalle à haut degré; elle ne

diffère de la colonne à bas degré précédemment décrite que par l'adjonction du tronçon de rectification à la partie supérieure de la colonne, tronçon alimenté par la rétrogradation du chauffe-vin placé au-dessus. Le vin, après s'être échauffé dans le chauffe-vin, pénètre dans la colonne d'épuisement où il cascade de plateau en plateau. Les vapeurs alcooliques, arrivées à la partie supérieure de la colonne d'épuisement, entrent dans le tronçon de rectification où elles barbotent dans le liquide alcoolique condensé par le chauffe-vin et s'enrichissent beaucoup en alcool. Elles passent alors dans le chauffe-vin : les vapeurs qui s'y condensent rétrogradent au haut de la colonne de rectification ; les vapeurs non condensées vont au réfrigérant et coulent à l'éprouvette. On obtient ainsi des alcools à 90-93 d. et les appareils peuvent être construits de manière à donner des alcools à 94-95 d.

Colonne Egrot à haut degré. — La colonne Egrot (fig. 57) comprend une colonne d'épuisement constituée par six plateaux du type précédemment décrit, si l'appareil doit fournir des alcools à 85-90 d., et par huit plateaux, s'il doit fournir des alcools à 90-95 d. Au-dessus se trouvent la colonne de rectification D et le chapiteau rectificateur E. Un robinet à cadran *e* amène le filet d'eau nécessaire au fonctionnement de ce chapiteau. L'appareil comprend enfin un chauffe-vin F, un réfrigérant G, une éprouvette S, un régulateur automatique de vapeur P, et une cuvette régulatrice R pour l'arrivée du vin à distiller.

Le vin est introduit dans la cuvette régulatrice, d'où un tuyau le conduit dans le chauffe-vin, puis il se rend sur le premier plateau de la colonne d'épui-

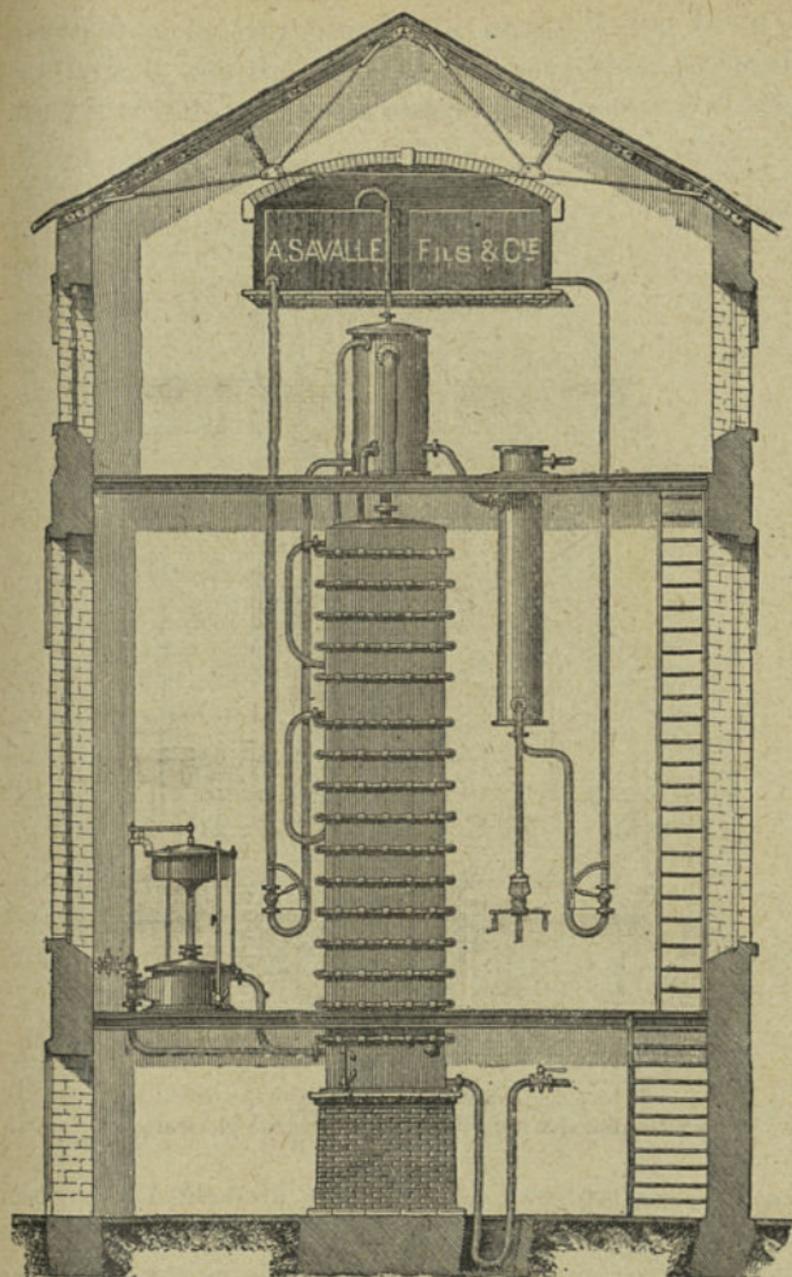


Fig. 56. — Colonne Savalle à haut degré (Lepage, Urbain et C^o).

sement par le tuyau K, circule sur les plateaux et descend ainsi jusqu'à la chaudière où il arrive à l'état de vinasse. Il s'écoule alors au dehors en *b* par

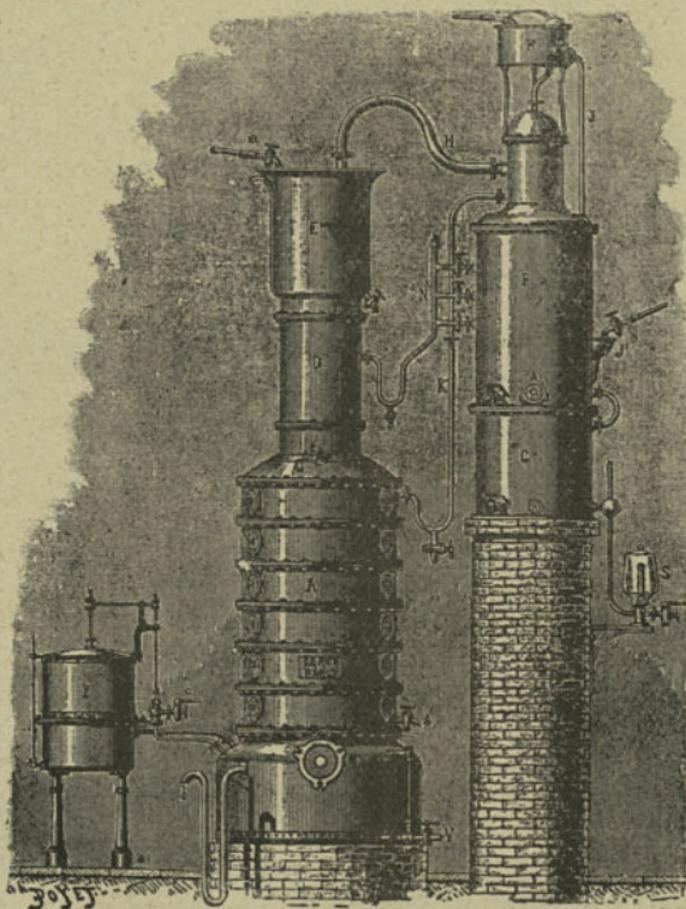


Fig. 57. — Colonne à distiller à chapiteau rectificateur, pour la production des alcools à 85-90° (Egrot et Grangé).

un tube en siphon. Les vapeurs alcooliques traversent la colonne de rectification, puis le chapiteau rectificateur où elles s'enrichissent, passent dans le chauffe-vin où elles se condensent en partie, puis se rendent au réfrigérant et à l'éprouvette. La rétro-

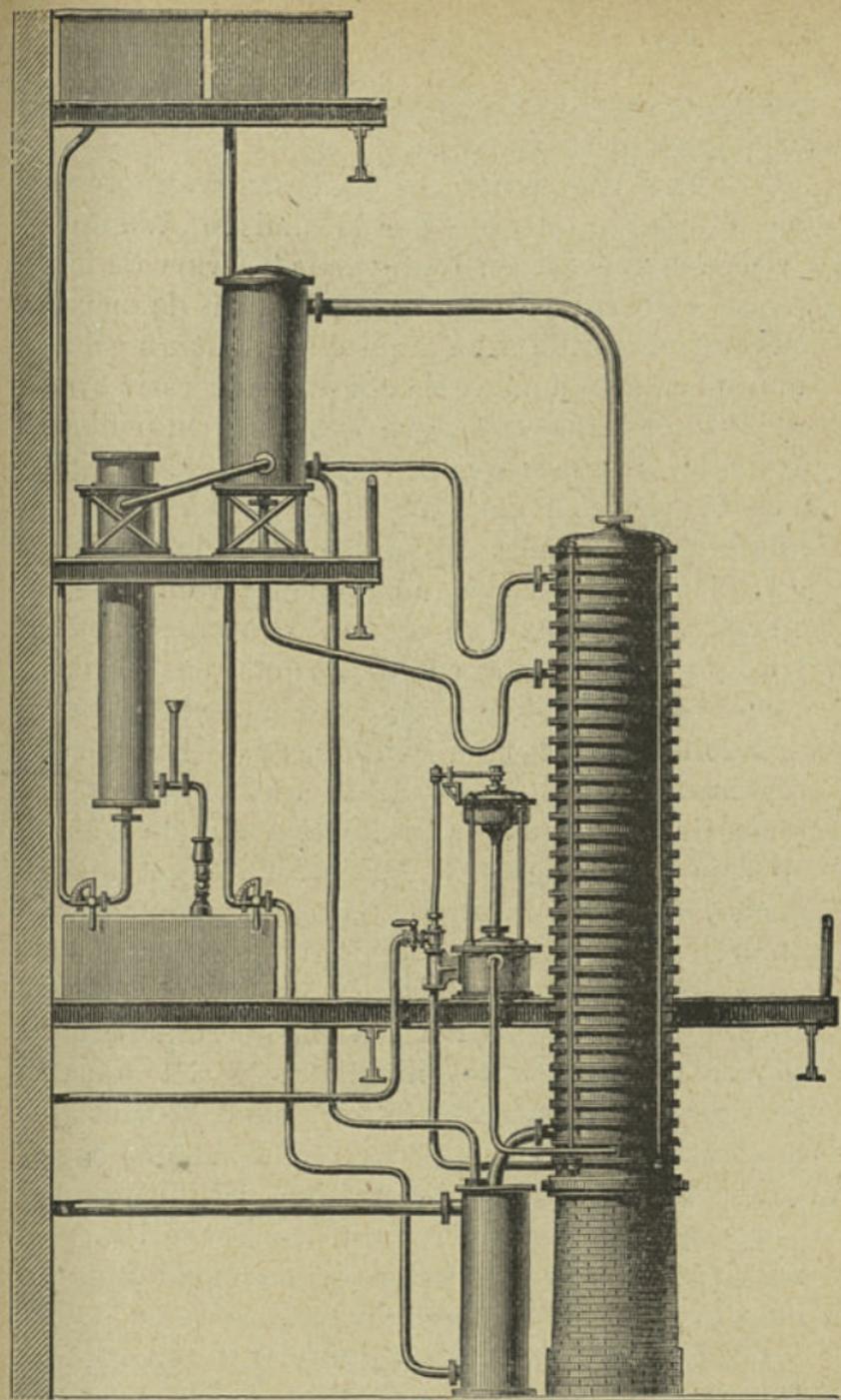


Fig. 58. — Colonne à distiller (Wauquier et Cie).

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

gradation du chauffe-vin alimente par le tuyau N la colonne de rectification D.

Colonne Wauquier. — La figure 58 représente une colonne construite par la maison Wauquier. Cette colonne est en fonte pour les vins de betteraves et en cuivre rouge pour les vins de mélasses ou les grains. Elle est munie de plateaux à calottes multiples, et le nombre de ces plateaux varie avec la richesse des vins et le degré à obtenir. On peut ainsi avoir des colonnes qui produisent soit des flegmes à 45 d., soit des flegmes à 90 d. propres à la dénaturation. La colonne comprend, comme les colonnes précédemment décrites, un condenseur chauffe-vin, un réfrigérant à eau, un régulateur à vapeur, et, s'il y a lieu, un récupérateur de chaleur des vinasses, comme dans la colonne représentée par la figure 58.

Colonnes Gazagne à haut degré. — La figure 59 représente une colonne épuratrice automatique, système Gazagne, pour la production directe d'alcool épuré à 95-96 degrés GL. Elle est surtout utilisée quand, sans vouloir faire de la rectification parfaite, on désire obtenir un alcool épuré de ses huiles amyliques et des produits de tête, tout en laissant subsister (cas de distillation des vins) certains arômes souvent appréciés des distillateurs. Cet appareil peut être agencé soit pour le traitement des vins avec production d'alcool industriel épuré à 95-96 degrés GL, soit pour faire de l'épuration rectification des eaux-de-vie de vin ou de marc. Il possède les appareils spéciaux de régulation de l'alimentation que nous avons précédemment décrits.

Colonnes Pingris à haut degré. — La colonne Pingris, précédemment décrite (fig. 38), peut être agencée en colonne à haut degré, soit par addition

de plateaux supplémentaires qu'on place au-dessus des plateaux d'épuisement, soit par l'adjonction à la

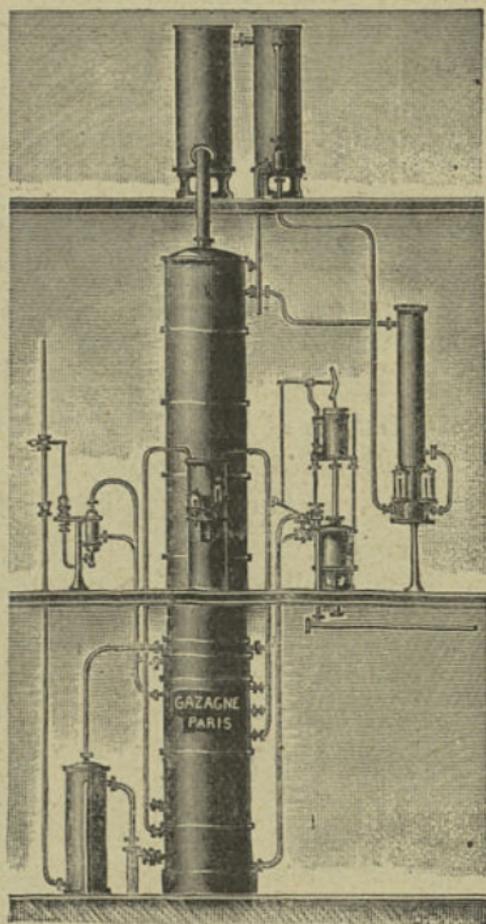


Fig. 59. — Colonne épuratrice automatique, système Gazagne. (Gazagne).

colonne d'une petite colonne de concentration. On obtient ainsi des flegmes à 90-93 degrés.

Colonnes Crépelle-Fontaine à haut degré. — La colonne Crépelle-Fontaine à haut degré ne diffère de la colonne à bas degré précédemment décrite

que par l'adjonction de plateaux de concentration, au nombre de 18 environ, alimentés par la rétrogradation du condenseur (voir fig. 48). Cette colonne est munie d'un récupérateur de chaleur des vinasses, d'un réfrigérant et d'un régulateur de vapeur à régime variable. Son fonctionnement est identique à celui des colonnes à distiller précédemment décrites.

Colonnes Le Clézio, Erhard et C^{ie}. — Les colonnes construites par MM. Le Clézio, Erhard et C^{ie} sont de deux types, représentés par les figures 60 et 61.

Dans le type réfrigérant tubulaire (fig. 60) avec colonne de distillation et de concentration séparées, le vin, venant du bac à vin K, passe dans le réfrigérant D, le chauffe-vin C et se rend dans la colonne de distillation A.

Cette colonne est reliée à la colonne de concentration B, alimentée à la partie supérieure par la rétrogradation du chauffe-vin. Les vapeurs d'alcool, après avoir parcouru les deux colonnes, se rendent au chauffe-vin, puis au réfrigérant D et enfin au réfrigérant horizontal à eau E, où leur condensation s'achève. L'éprouvette C est du type à pression; elle refoule l'alcool dans le bac I.

Dans le type réfrigérant à tambour (fig. 61), les deux colonnes de distillation et de concentration sont superposées. L'appareil comprend en outre un chauffe-vin tubulaire et un réfrigérant à tambour : ce dernier type est préférable, parce que le volume d'alcool amassé dans le réfrigérant sert en quelque sorte de volant dans la marche de la colonne et assure une régularité parfaite. Le fonctionnement est le même que celui de la colonne précédente.

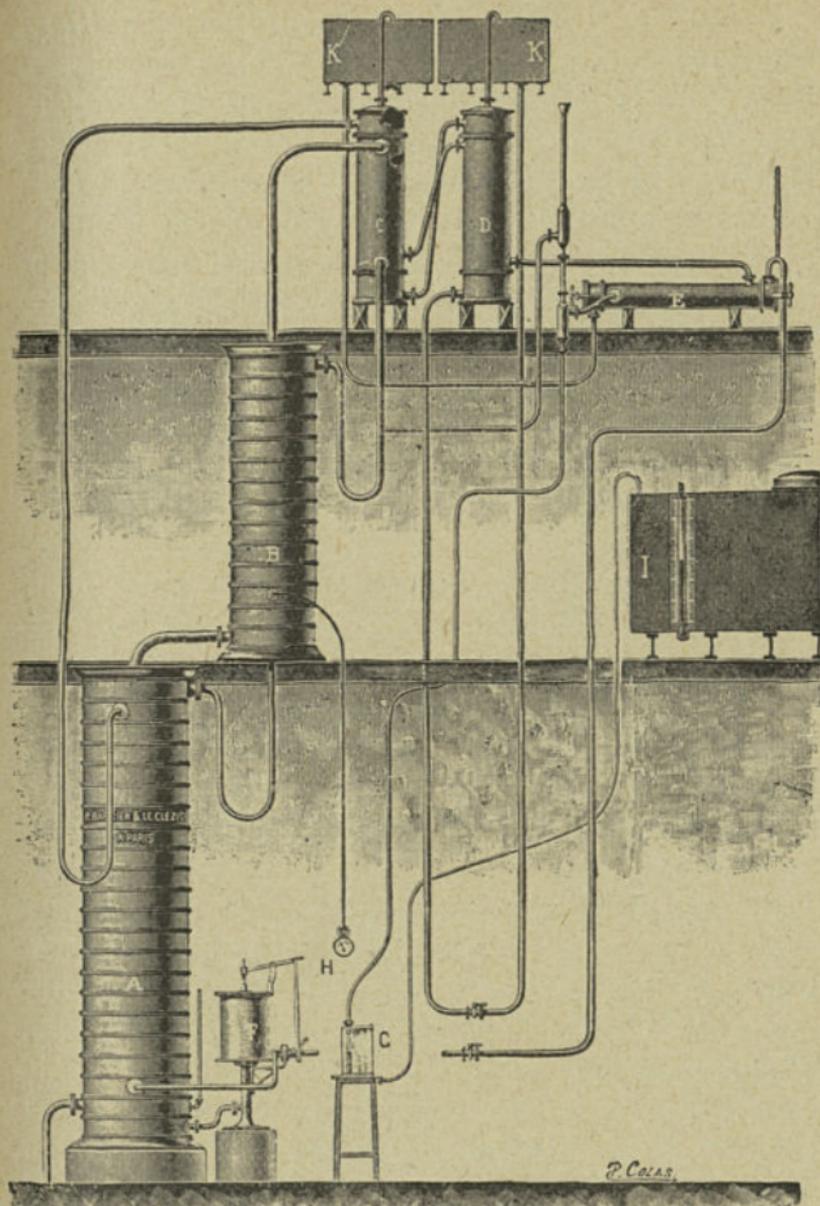


Fig. 60. — Colonne à haut degré, type réfrigérant tubulaire.
(Le Clézio, Erhard et Cie).

Colonnes à haut degré, système Mariller-Granger. -- La colonne à distiller à bas degré, système Mariller-Granger, précédemment décrite, peut être agencée en colonne à haut degré, en augmentant le nombre des plateaux. Les vapeurs alcooliques subissent en effet un enrichissement d'autant plus important qu'il y a davantage de plateaux et que la proportion de la rétrogradation du chauffe-vin est plus grande. Les colonnes à bas degré qui ne produisent que des flegmes à 30-40-60 degrés, n'ont à la partie supérieure que 5 à 6 plateaux de concentration. Avec 15 plateaux, on obtient de l'alcool à 92 degrés et avec 25 ou 30 de l'alcool à 95 degrés. On peut aussi agencer ces colonnes de manière à effectuer à la sortie du réfrigérant une extraction d'un pourcentage déterminé de l'alcool, 5 p. 100 par exemple, qui sépare la plus grande partie des têtes; l'excédent d'alcool, soit 95 p. 100, est extrait sur l'un des plateaux supérieurs de la colonne, à l'état liquide, sous forme d'alcool pasteurisé; enfin on extrait par des prises sur les plateaux du bas les huiles amyliques.

Pour la distillation des moûts épais, les colonnes sont agencées d'une façon spéciale. La matière à traiter est agitée dans une cuve, de manière à éviter tout dépôt. Elle est prise par une pompe à piston plongeur inobstruable qui la refoule à travers le chauffe-vin d'où elle déborde par un tuyau sur la colonne de distillation. Les calottes de barbotage, d'un type spécial, ainsi que les trop-pleins sont fixés aux plateaux par des écrous et sont par suite très facilement démontables. Chaque plateau est muni d'ouvertures extérieures de visite, fermées par des étriers permettant un démontage rapide. Pour les

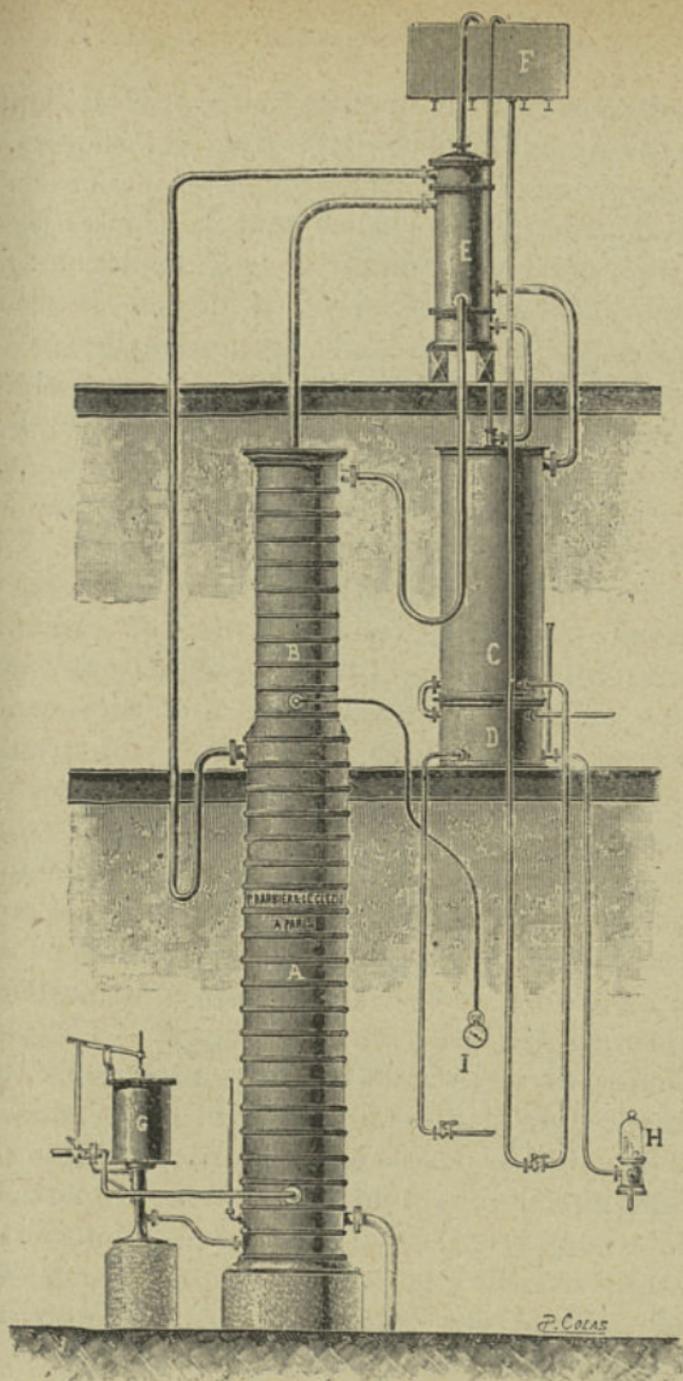


Fig. 61. — Colonne à haut degré, type réfrigérant à tambour.
(Le Clézio, Erhard et Cie).

matières très épaisses ou chargées de produits lourds qui se décantent facilement, les trop-pleins intérieurs sont supprimés et remplacés par des trop-pleins extérieurs dont toutes les parties sont facilement accessibles. La colonne est munie de trois coulages : l'un donne l'alcool souillé de produits de tête, le second l'alcool pur et le troisième les huiles amyliques. Les vinasses ne peuvent être extraites par un siphon dans lequel elles se décanteraient trop vite. Pour éviter cet inconvénient, il est fait emploi, pour l'extraction, d'un bac à flotteur qui fonctionne à la façon des purgeurs automatiques.

Enfin, quand il s'agit de travailler des matières qui obstruent les calottes par formation de précipités gluants, MM. Mariller et Granger disposent dans la colonne un agitateur formé par un arbre central actionnant par des bras des palettes qui circulent entre les calottes. Ces dernières sont alors disposées suivant des cercles concentriques. L'arbre central traverse tous les plateaux sans aucune complication. Chaque plateau est muni simplement d'une cheminée centrale et l'arbre porte une calotte qui tourne avec lui et contribue ainsi au traitement de la matière.

Colonnes Guillaume à haut degré. — L'appareil Guillaume, décrit avec les colonnes à bas degré, peut être disposé de manière à produire soit des alcools à 90-92 d., soit des alcools à 95 d., avec une épuration partielle qui sépare à volonté une certaine proportion de produits de queue et, selon les cas, de produits de tête, qui sont recueillis à part. Ces colonnes à haut degré se différencient des colonnes à bas degré par l'adjonction d'une colonne de concentration placée au-dessous du chauffe-vin, à la place occupée par le réfrigérant dans la figure 55, et d'un condenseur

placé au-dessus du réfrigérant et formant avec lui une deuxième colonne placée à côté de celle qui est

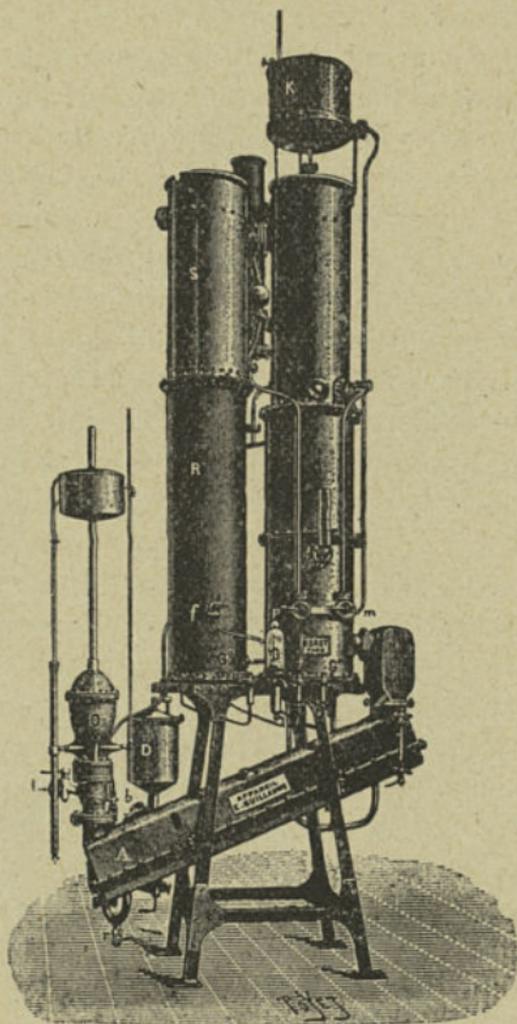


Fig. 62. — Appareil de distillation continue à haut degré, système Guillaume (Egrot et Grangé).

formée par le chauffe-vin et la colonne de concentration. Cet appareil est représenté par la figure 62. Il comprend la colonne inclinée A, son régulateur de vapeur O, la colonne de concentration C, le

chauffe-vin B, le condenseur S, le réfrigérant R, l'éprouvette G. L'ensemble est monté sur un pied-support en fer.

Le vin est amené dans la cuvette régulatrice K d'où il est conduit, en passant par le robinet *m*, au bas du chauffe-vin B où il s'échauffe avant de se rendre dans la colonne inclinée A, d'où il sort épuisé par l'extracteur des vinasses D. Les vapeurs alcooliques, avant d'entrer dans le chauffe-vin, traversent la colonne de concentration Coù une série de puissants plateaux classe méthodiquement l'alcool en élevant son degré. Du chauffe-vin, les vapeurs se rendent au condenseur à eau S, puis au réfrigérant des gaz T. L'alcool épuré, pris à l'état liquide, va au réfrigérant R, puis à l'éprouvette G dont le débit est réglé par le robinet *f*. Deux éprouvettes spéciales G' G'' permettent d'extraire en proportions voulues les produits de têtes et les produits amyliques. L'alcool obtenu a donc subi une épuration partielle suffisamment efficace pour que sa qualité soit bonne avec certaines matières premières. L'éprouvette G'' indique à chaque instant le bon épuisement des vinasses. La vapeur arrivant au robinet *d* est réglée automatiquement à son entrée dans la colonne par le régulateur de vapeur O. Le réglage de l'eau de réfrigération est fait au moyen du robinet *p*.

Colonne Collette à distiller les moûts épais.

— La colonne Collette n'est plus à proprement parler une colonne à plateaux, car elle fonctionne pleine du vin à distiller. Elle se compose d'une colonne (fig. 63), munie de chicanes constituées par des tôles perforées AA, dont le bord est rabattu de manière à former en dessous une petite chambre de vapeur. L'appareil est muni d'un chauffe-vin à tubes

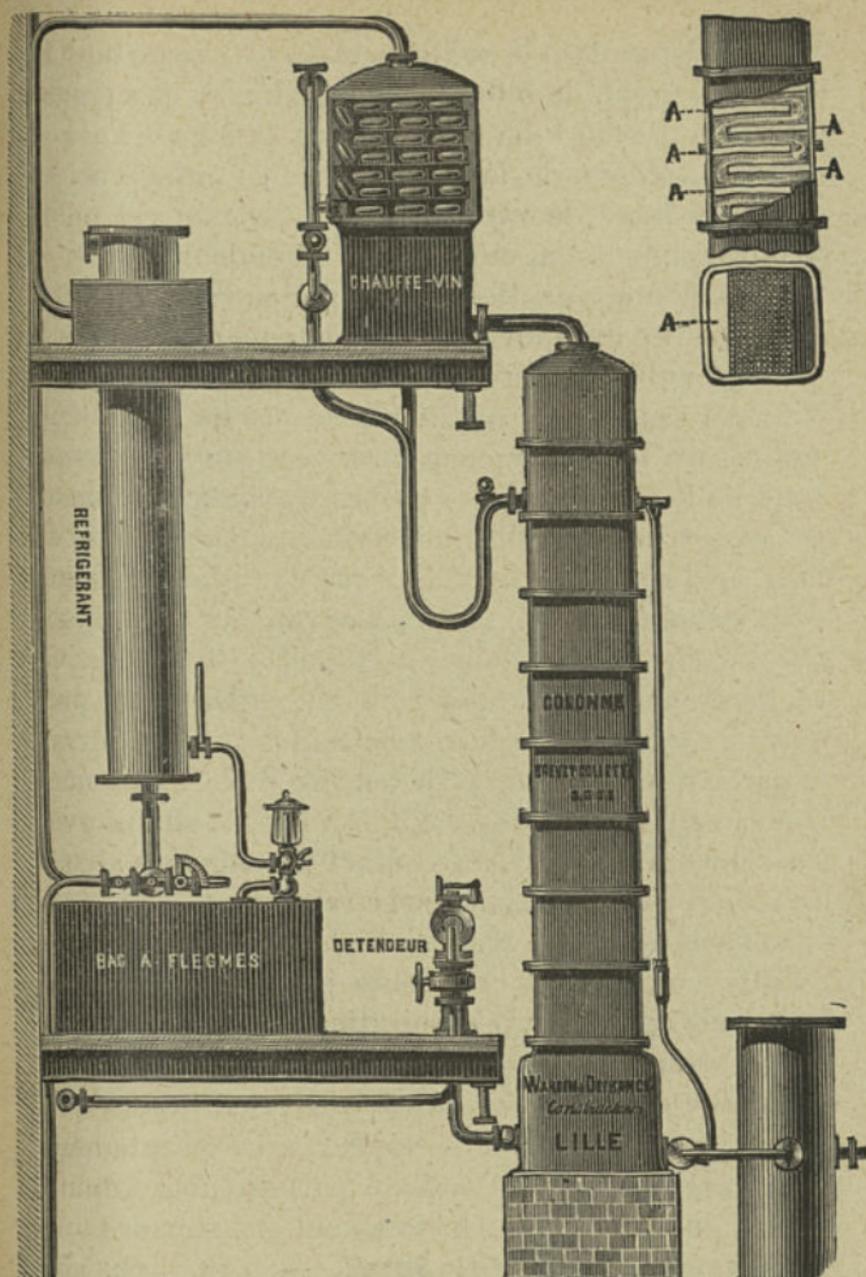


Fig. 63. — Colonne à moûts épais, système Collette.
(Pingris, Constructeur à Lille).

horizontaux, dont le soubassement est formé par une caisse remplie de billes de porcelaine et en communication par un tube de rétrogradation avec l'avant-dernier tronçon de la colonne. Le chauffage se fait par barbotage de vapeur dont la tension est maintenue constante au moyen d'un détendeur.

La colonne fonctionne complètement pleine, le moût presse du haut en bas directement sur toute la masse liquide en circulation et sur la sortie de la vinasse, cette sortie étant réglée par un régulateur qui assure la permanence du niveau du vin dans le haut de la colonne. Les vapeurs traversent la masse de bas en haut, tandis que le vin descend de haut en bas, après s'être échauffé au préalable en circulant dans les tubes du chauffe-vin. Les vapeurs alcooliques qui sortent de la colonne à la partie supérieure se rendent dans le soubassement du chauffe-vin, puis entre les tubes; elles se condensent partiellement, et la partie non condensée se rend au réfrigérant et à l'éprouvette. Le liquide condensé dans le chauffe-vin ruisselle sur les billes au contact des vapeurs alcooliques qui s'enrichissent ainsi en alcool, et rétrograde dans l'avant-dernier tronçon de la colonne.

Cette colonne est excellente pour la distillation des moûts épais, car sa disposition rend les obstructions extrêmement rares; mais elle consomme plus de vapeur que les colonnes à plateaux, parce que l'émulsion produite par la vapeur dans cette masse ne permet pas une méthodicit e parfaite pour l'épuisement du moût et l'enrichissement des vapeurs.

Appareil horizontal Sorel. — Cet appareil (fig. 64) est horizontal, ce qui permet de réduire beaucoup l'élévation des bâtiments de la distillerie. Son fonctionnement est bas e sur ce qu'un liquide

chaud, étalé en couche mince, en contact avec un courant de vapeur alcoolique, se met instantanément en équilibre avec elle et la vapeur du courant prend la composition de celle qui se dégage du liquide.

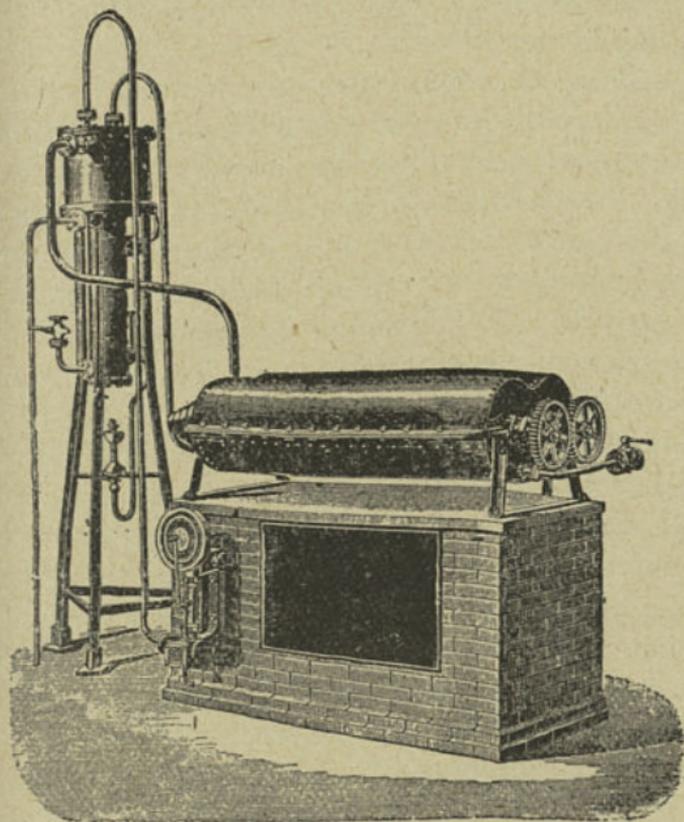


Fig. 64. — Appareil horizontal à distiller, système Sorel.
(Lepage et Cie).

Un cylindre horizontal est divisé en deux parties par un joint horizontal passant par l'axe. Chaque moitié est subdivisée en une vingtaine de compartiments par des cloisons transversales formant, une fois l'appareil monté, autant de chambres. Les cloisons inférieures sont munies alternativement à droite

et à gauche d'échancrures permettant la circulation des liquides, et d'orifices ronds pour le passage des arbres. Un ou plusieurs arbres parallèles à l'axe portent chacun un disque dans chaque chambre ce disque est muni d'une palette qui passe à une distance très faible des cloisons et du cylindre de façon à empêcher tout dépôt. De plus, chaque fois que la palette sort du liquide, elle détermine la formation d'une petite vague qui oblige le liquide à passer par-dessus l'échancrure de la cloison dans le compartiment suivant. Il y a donc circulation d'un bout à l'autre sans que les contenus de deux compartiments successifs puissent se mélanger accidentellement.

La vapeur circule en sens contraire du mouvement des liquides; les obstacles présentés alternativement par les cloisons et par les disques la forcent à lécher leurs surfaces imbibées de liquide, à en vaporiser l'alcool et à en produire par suite l'épuisement. Comme le mouvement de rotation est lent il ne peut se produire d'émulsion et, grâce au mouvement des raclettes, toutes les matières sont maintenues en suspension et finalement expulsées.

On voit que cet appareil évite toute obstruction et toute formation de croûtes adhérentes dans la distillation des moûts épais. Supprimant le barbotage, il ne peut donner lieu à la formation de mousses et aux entraînements mécaniques; présentant un cloisonnement, il permet l'épuisement régulier et continu de l'alcool avec les mêmes quantités de vapeur que l'appareil vertical à plateaux et a l'avantage de ne créer en outre aucune pression dans l'appareil; aussi l'alcool obtenu entraîne-t-il moins de produits de queue.

Colonnes Barbet à haut degré. — Ces colonnes

sont de plusieurs types. Pour les distilleries agricoles qui ne possèdent pas de rectificateurs, M. Barbet construit des colonnes à haut degré basées sur le principe exposé précédemment, c'est-à-dire sur l'emploi d'un tronçon de rectification placé à la partie supérieure de la colonne d'épuisement et alimenté par la rétrogradation du chauffe-vin. Dans les distilleries industrielles, cette colonne est complétée par la pasteurisation dont nous devons donner les principes.

1° Quand une vapeur très volatile barbote dans un liquide moins volatil qu'elle et bouillant, cette vapeur ne peut se condenser dans ce liquide bouillant, car elle ne pourrait le faire qu'en évaporant à sa place un corps moins volatil qu'elle : elle traverse donc le liquide sans s'y arrêter. En particulier, si les plateaux supérieurs d'une colonne sont chargés d'alcool concentré bouillant, les vapeurs d'éthers ou d'aldéhydes qui les traversent par barbotage passent sans s'y arrêter, comme si les plateaux n'existaient pas.

2° Nous verrons plus loin, en étudiant la rectification, que les condenseurs ne font pas l'analyse des vapeurs alcooliques qu'ils reçoivent, quand on opère sur des vapeurs alcooliques à haut degré : la partie liquéfiée dans le condenseur conserve donc une composition presque identique à celle des vapeurs non condensées qui se rendent au réfrigérant.

Ceci posé, il est évident que le liquide de rétrogradation, comme celui qui coule à l'éprouvette, renferme les produits de tête condensés dans le condenseur. La rétrogradation rentre dans la colonne à plateaux et là elle est soumise à une violente ébulli-

tion qui en expulse presque instantanément les produits les plus volatils; puisque les produits de tête partent, le liquide qui reste sur les plateaux n'en possède plus. Le liquide qui reste sur les plateaux au bout de quelques instants n'est plus que de l'alcool beaucoup plus pur que la rétrogradation, c'est-à-dire bien plus pur que l'alcool de l'éprouvette puisque les vapeurs alcooliques ne s'analysent pas d'une façon sensible dans le condenseur. Il est vrai qu'il arrive continuellement, par le fait même de l'alimentation ininterrompue de l'appareil en vin qui contient des produits de tête, une certaine quantité de ces produits de tête qui souillent la vapeur alcoolique ascendante. Mais, d'après le premier principe exposé plus haut, ces impuretés très volatiles ne peuvent être arrêtées et traversent le liquide des plateaux comme si ce liquide n'existait pas. Donc il suffira de faire une extraction continue du liquide des plateaux supérieurs pour avoir de l'alcool particulièrement pur. M. Barbet a donné à cet alcool le nom d'alcool pasteurisé. L'opération de la pasteurisation est représentée sur la figure 31. L'extraction se fait par le robinet H, et l'alcool pasteurisé, après s'être refroidi dans le réfrigérant G, coule à l'éprouvette P. Un robinet M permet de régler à volonté le coulage du liquide pasteurisé.

La colonne à haut degré pour alcools bruts à dénaturer possède ainsi deux coulages continus simultanés : en T (fig. 31), les produits de tête, pour la dénaturation, à 93-95 d.; en P, le flegme pasteurisé complètement dépouillé de ses aldéhydes par la réébullition dans le tronçon de rectification. Ce flegme épuré garantit l'obtention d'alcools de haute finesse par la rectification ultérieure. Suivant les

besoins en alcool à dénaturer, on peut prendre 25, 50, 75 et même 100 p. 100 en tête à l'éprouvette T,

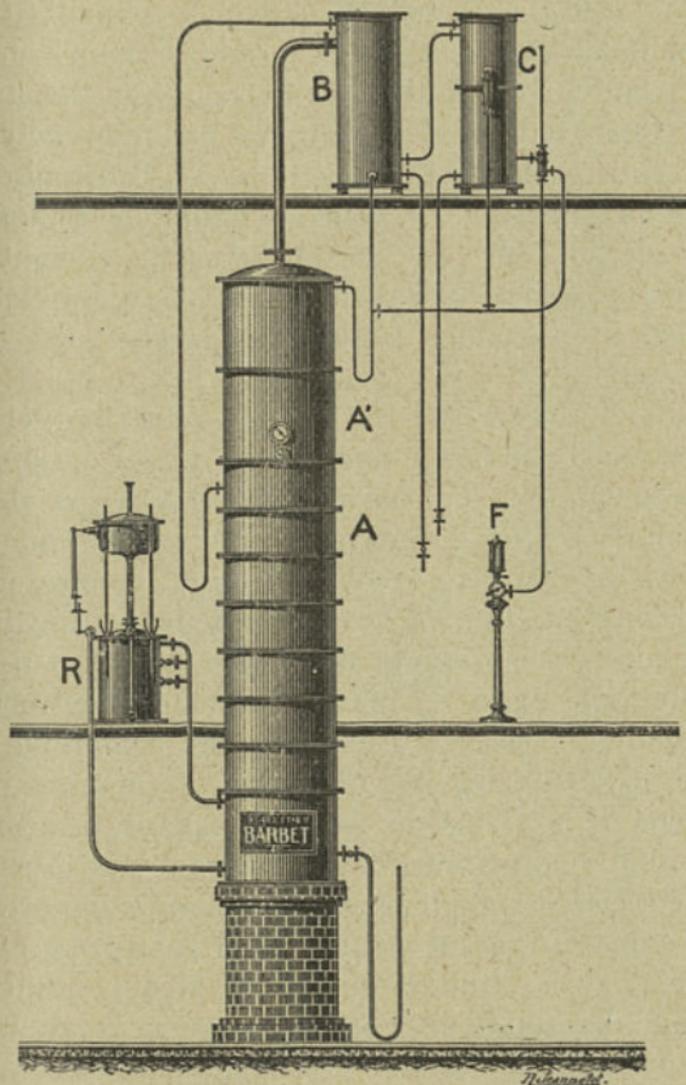


Fig. 65. — Colonne à haut degré (Barbet et Cie).

ou réduire cette proportion à 5 p. 100 seulement. Dans ce dernier cas, on obtient un très bon flegme purifié, pour les 95 p. 100 complémentaires.

La figure 65 représente une colonne Barbet à haut degré, permettant de produire du premier coup des alcools à 92-94 degrés bons pour la dénaturation. Ces colonnes permettent de produire deux catégories simultanées de flegmes, l'un pour la dénaturation (têtes) et l'autre, pasteurisée, pour une rectification subséquente. Elles peuvent se construire en fonte ou en cuivre. On peut les munir de récupérateur de chaleur ou de chauffe-vin, suivant la matière première. Elles sont montées avec régulateur à régime variable, réglage invariable des coulages, etc.

On peut opérer une purification plus complète en extrayant d'une façon continue les huiles amyliques qui s'accumulent sur les plateaux inférieurs de la colonne, car elles ne peuvent traverser les plateaux supérieurs chargés d'alcool concentré, comme nous l'avons vu en étudiant la théorie de la rectification. La figure 66 représente une colonne à haut degré munie ainsi de la pasteurisation et de l'extraction des huiles amyliques. Cette colonne comprend une série de plateaux d'épuisement, surmontée d'un tronçon de rectification. Au-dessus de ce tronçon se trouve le condenseur. Le réfrigérant des têtes est placé à côté du condenseur. L'appareil comporte en outre un réfrigérant pour l'alcool pasteurisé et un autre pour les huiles amyliques; il est muni du réglage invariable des coulages et du régulateur de vapeur à régime variable précédemment décrits. La première éprouvette en partant de la gauche de la figure est l'éprouvette des têtes; la seconde, celle des huiles; la troisième, celle de la vérification de l'épuisement des vinasses; la quatrième, celle du flegme pasteurisé. Ce dernier flegme est presque

neutre et sa rectification ultérieure donne un alcool présentant, d'après M. Barbet, tous les caractères de pureté et de finesse d'un produit de double rectification. Les mauvais goûts de tête et de queue sont extraits à l'état très concentré et par suite le rendement en alcool bon goût est très élevé.

Lorsque la hauteur des bâtiments ne permet pas de placer, dans la distillerie, une colonne comme la précédente, on peut adopter les colonnes jumelles représentées par la figure 67. Cet appareil comprend une colonne d'épuisement B alimentée

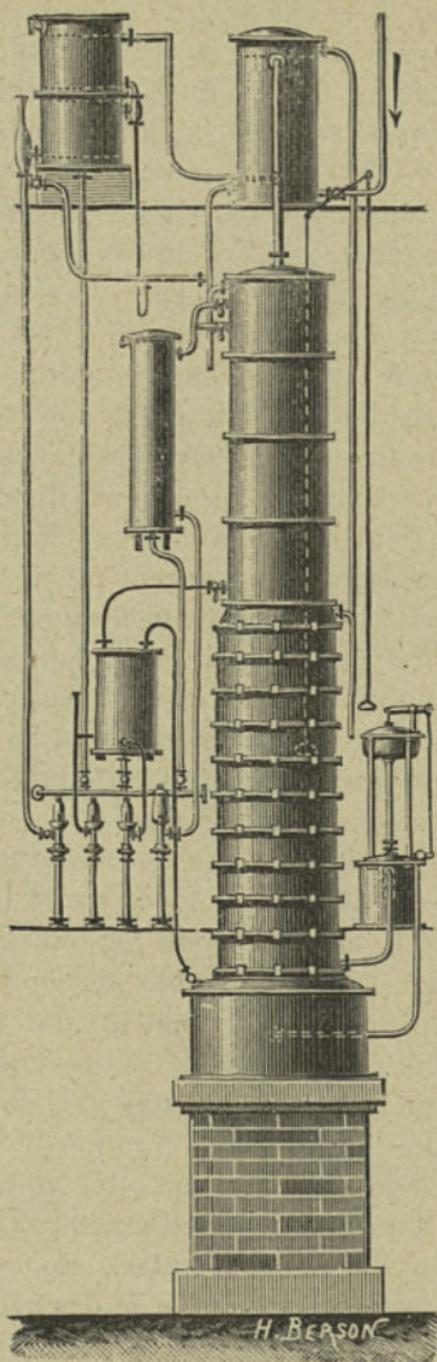


Fig. 66. — Colonne à haut degré, rectificatrice à pasteurisation et extraction des huiles amyliques (Barbet et Cie).

par le vin venant du chauffe-vin. Les vapeurs alcooliques qui sortent de cette colonne se rendent dans la colonne de rectification I : l'extraction du flegme pasteurisé se fait à la partie supérieure de cette colonne.

Ce flegme est refroidi dans le réfrigérant P et coule à l'éprouvette M. Les vapeurs alcooliques passent au condenseur H et aux réfrigérants K et O ; le liquide condensé coule à l'éprouvette des têtes N. L'extraction des huiles amyliques [se fait à la base de la colonne I : ces huiles coulent au réfrigérant. Des robinets d'extraction placés à la base des colonnes A et D conduisent au réfrigérant L et aux éprouvettes *a* et *a'*, les vinasses pour la vérification de l'épuisement.

Dans cet appareil, les reflux des plateaux rectificateurs ne se mélangent plus, comme dans la colonne précédente, au moût fermenté.

De cette façon, les drèches, s'il s'agit de distillation des grains, ne sont pas en contact avec les zones concentrées d'huiles et n'en prennent pas l'odeur spéciale qui les rend désagréables pour la consommation par le bétail.

La distillation des vins de betteraves, de mélasses, de grains, etc., peut avoir lieu aussi par multiple effet, comme nous l'avons déjà vu figure 49. La figure 68 représente un appareil de distillation à multiple effet, construit par MM. E. Barbet et Cie. Dans cet appareil, les diverses colonnes à distiller sont alimentées toutes avec le même vin et elles sont combinées de façon à faire l'épuisement total de la portion de vin qu'elles ont reçue. La première colonne est seule chauffée par de la vapeur de chauffage ; toutes les autres colonnes font la distillation gratuitement grâce à des pressions de régime graduellement décroissantes. La vapeur initiale produit

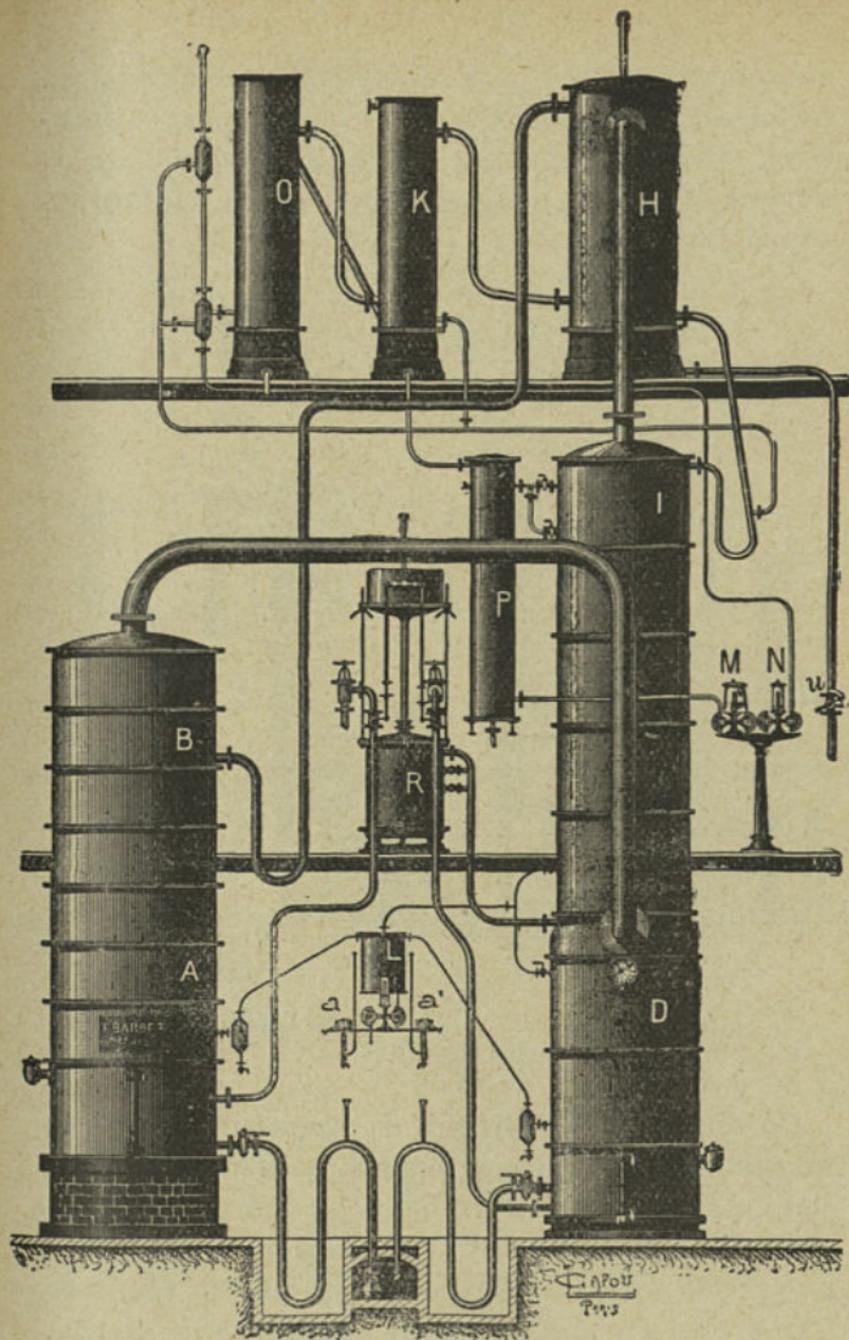


Fig. 67. — Colonnes rectificatrices jumelles à hauteur réduite à pasteurisation et extraction des huiles amyliques (Barbet et Cie).

ainsi autant d'effets qu'il y a de colonnes distillatoires. Ce procédé de travail est particulièrement avantageux quand on traite des moûts à bas degré d'alcool, comme le cas se présente fréquemment en fabrication d'aéroleuvre.

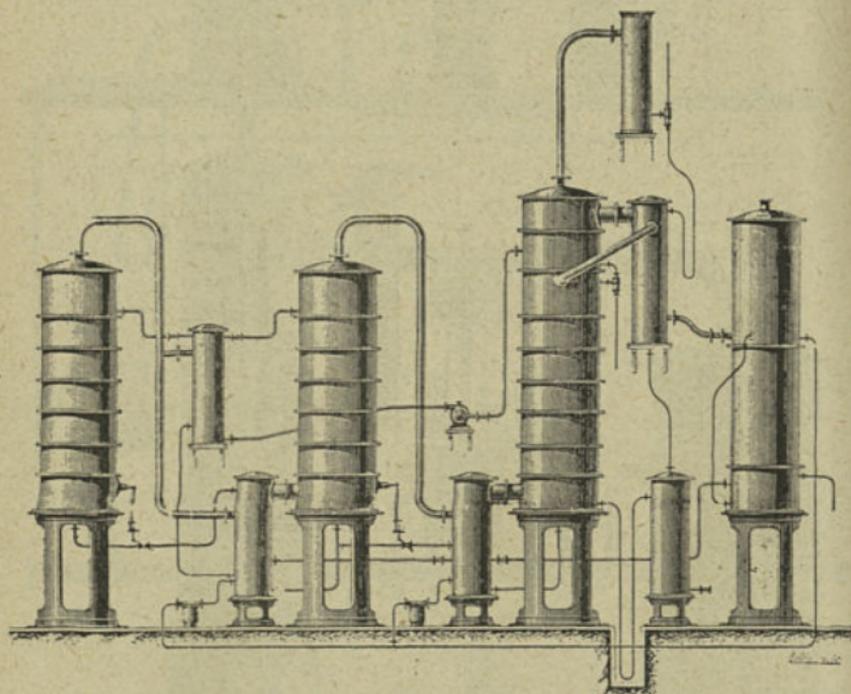


Fig. 68. — Appareil de distillation par multiple effet.
(Barbet et Cie).

Colonnes à distiller à circuit calorifique fermé. — En distillerie, la question de la dépense de combustible présente un intérêt primordial, surtout lorsqu'il s'agit de produire de l'alcool industriel à un prix de revient aussi bas que possible. Pour restreindre la dépense de vapeur des appareils distillatoires, MM. Mariller et Granger ont appliqué à ces appareils le système Prache et Bouillon, déjà utilisé

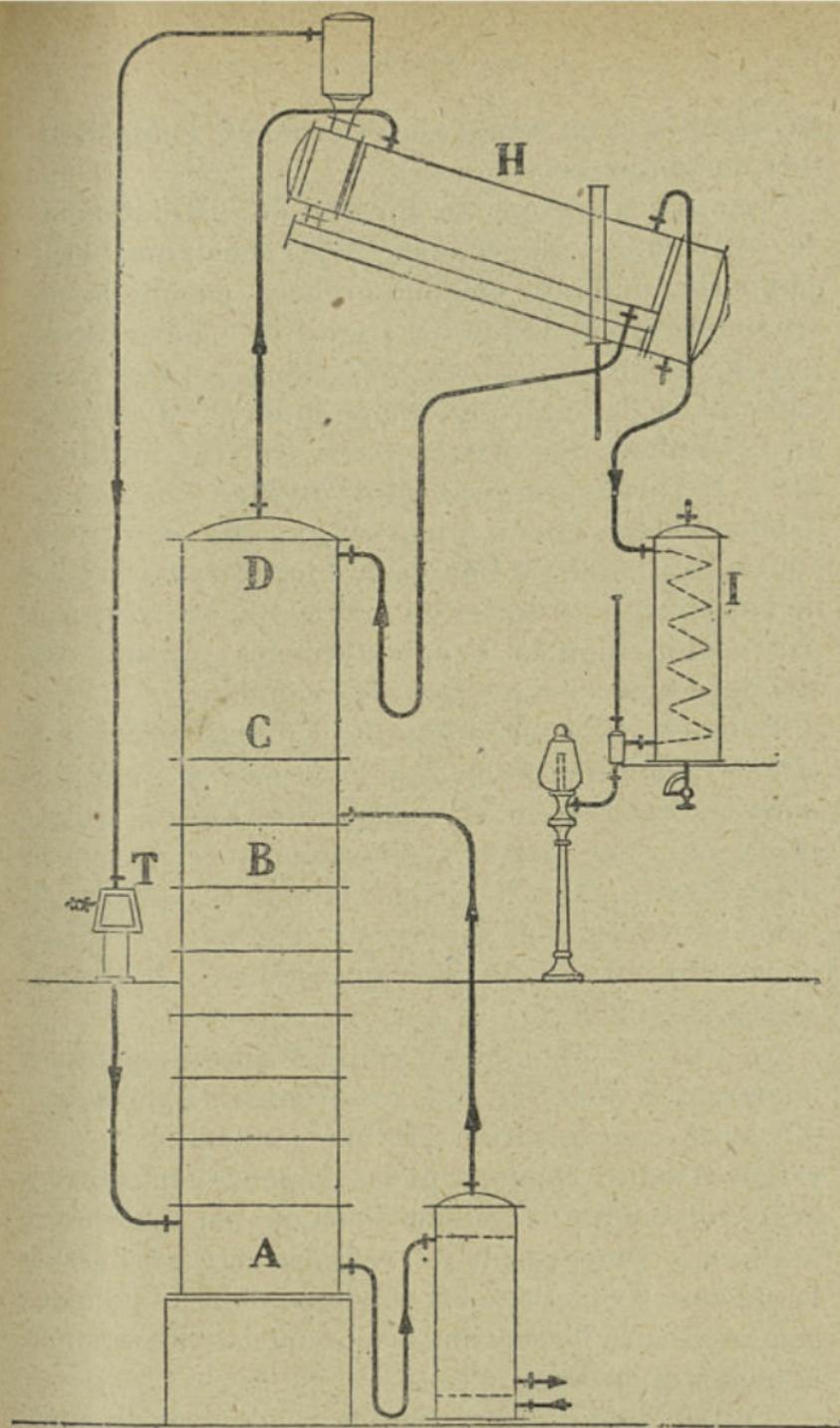


Fig. 69. — Schéma d'un appareil à distiller avec circuit calorifique fermé et thermo-compresseur (Granger).

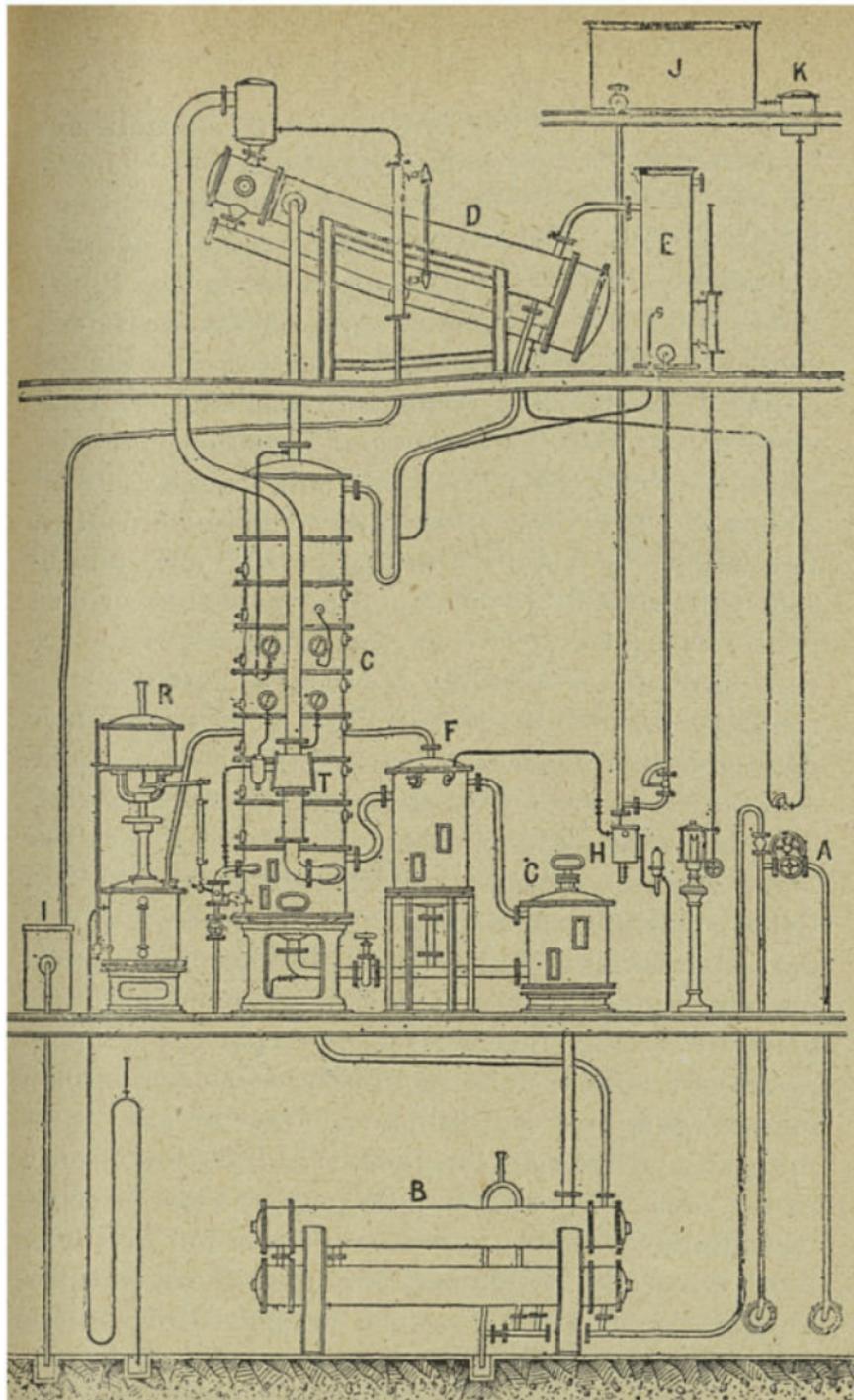
en sucrerie et en brasserie, et basé sur l'emploi du thermo-compresseur.

Si nous considérons un appareil de distillation ou de rectification quelconque, nous constatons qu'il comporte toujours, comme organes essentiels, un organe d'évaporation et un organe de condensation. Les appareils ordinaires effectuent, après avoir vaporisé les flegmes, une condensation de ces vapeurs en échauffant des masses d'eau souvent inutilisables. Il paraît beaucoup plus logique, au lieu de condenser sans aucun profit ces vapeurs, de réaliser l'auto-distillation du liquide en fournissant à la base de l'appareil les calories du sommet et en ramenant par compression la température des vapeurs aux 100 degrés nécessaires pour le chauffage.

Telle est la conception de l'auto-distillation à circuit calorifique fermé. La condensation s'effectue dans un condenseur spécial portant l'eau à l'ébullition sous une pression déterminée, et la vapeur d'eau formée, dont la chaleur latente représente les calories cédées pour vaporiser le flegme, est reprise par un thermo-compresseur qui l'amène à la température voulue.

En principe, un appareil à circuit calorifique fermé comprendra donc (fig. 69) : les organes d'épuisement AB et de concentration CD ; un condenseur évaporateur d'eau H condensant les vapeurs concentrées et fournissant de la vapeur d'eau qui est reprise par le thermo-compresseur T et refoulée en A à la base de la colonne. Le coulage est condensé dans un condenseur auxiliaire I recevant à cet effet les vapeurs non condensées en H.

Il est évident *a priori* que le rendement du compresseur est variable avec la pression de la vapeur



g. 70. — Colonne à bas degré à circuit calorifique fermé, pour la distillation des moûts épais, système Mariller-Granger, Prache et Bouillon (Granger). IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

motrice et les pressions des vapeurs à l'aspiration et au refoulement, c'est-à-dire avec l'écart des températures entre la base et le sommet de l'appareil distillatoire. Dans certains cas, par exemple avec les colonnes à flegmes, l'écart ne dépasse pas 5 à 10 degrés centigrades et chaque kilogramme de vapeur motrice peut reprendre 4 à 1 kilogramme de vapeur, donnant ainsi une économie considérable. Dans d'autres cas, au contraire, par exemple avec les colonnes rectificatrices d'alcool, l'écart atteint 20 degrés (base 100°, sommet 80°) et le rendement est très faible. Il est alors utile d'intercaler un condenseur intermédiaire à un étage pour bénéficier d'un rendement plus élevé. On conçoit que chaque cas nécessite ainsi une étude spéciale. D'autre part, le rendement étant lié étroitement à l'écart minimum de température, il faut éviter l'emploi d'un évaporateur à chute élevée qui, par un décalage important de température entre la vapeur chauffante et la vapeur émise, ferait baisser le rendement du compresseur. Cette condition a été remplie par l'emploi des évaporateurs Prache et Bouillon à circulation intense et qui fonctionnent souvent avec seulement un degré de chute. L'évaporateur est alimenté par de l'eau pure prélevée à la base de la rectificatrice ou des retours ou enfin par de l'eau ordinaire. Dans ce cas, il est indiqué d'utiliser les dispositifs à détartage, pour éviter toute incrustation. La dépense d'eau de condensation devient en outre très réduite. Par exemple, dans le cas du traitement des liquides alcooliques chaque kilogramme d'eau de condensation, en se vaporisant, absorbe environ 600 calories alors que dans le condenseur habituel, cette eau, en passant de 15° à 75° ne gagne que 60 calories. Il faut donc dix

fois moins d'eau dans le condenseur évaporateur que dans le condenseur habituel.

La figure 70 représente une colonne à bas degré, à circuit calorifique fermé, système Mariller-Granger et Prache et Bouillon, pour la distillation des moûts épais. Les vapeurs qui se dégagent de la colonne C, atteignent l'évaporateur incliné D, du système Prache et Bouillon, qu'elles traversent. Cet évaporateur comprend un faisceau tubulaire incliné, muni à sa partie inférieure d'un tuyau de retour qui établit une circulation très active du liquide évaporé. L'eau alimentant cet appareil (eau distillée prélevée sur les purges ou à la base de la rectificatrice) est introduite dans l'appareil par l'intermédiaire d'un bac à flotteur K et d'un robinet de réglage. Dans l'évaporateur, elle entre en ébullition sous un vide relatif, vide provoqué par le thermo-compresseur T qui aspire les vapeurs dégagées de l'évaporateur et les refoule à la base de la colonne. L'excédent d'eau déborde par un dispositif qui maintient un niveau constant dans l'évaporateur et vient se déverser dans un bac I pour aller de là à l'égout. L'évacuation de ce bac se fait par une colonne barométrique qui maintient le vide nécessaire sur l'appareil en évitant les rentrées d'air. Dans l'évaporateur D, les vapeurs sont condensées comme dans un condenseur habituel, et constituent soit le coulage, soit la rétrogradation.

Si l'usine ne peut utiliser de l'eau distillée pour l'alimentation de l'évaporateur, celui-ci risque d'être incrusté à bref délai par précipitation de sels de chaux et tend à devenir inactif. Il faut employer dans ce cas un évaporateur à détartrage automatique (fig. 71). L'eau sortant du réfrigérant se rend dans l'appareil à détartrage automatique système Prache

et Bouillon. Dans cet appareil, un propulseur crée un courant d'eau très rapide qui remonte d'abord les tubes d'un faisceau tubulaire C et rentre en circuit par le haut dans un gros collecteur E, que l'eau redescend. Au passage, les vapeurs sont séparées du liquide dans une chambre D, placée au-dessus du gros collecteur et elles sont alors reprises par le thermo-compresseur T. La vapeur d'alcool parcourt successivement le gros collecteur et le faisceau tubulaire avant de se rendre au réfrigérant R. L'eau chaude s'écoule par un dispositif à niveau constant et vient se déverser dans un bac inférieur F, qui maintient comme précédemment la colonne barométrique nécessaire pour éviter les rentrées d'air. Dans le circuit de l'évaporateur décrit ci-dessus, on introduit une matière, telle que le sable, qui en grattant au passage les tubes prévient totalement le dépôt des incrustations.

L'application du circuit calorifique fermé a aujourd'hui fait ses preuves dans la pratique industrielle et a permis de restreindre considérablement la dépense de vapeur des appareils de distillation. Cette réduction de la dépense de vapeur est variable avec le degré des vins, celui des alcools à produire et divers autres facteurs : la consommation de vapeur peut ainsi être parfois deux, trois ou quatre fois plus faible que dans les appareils ordinaires. La dépense d'eau est, comme nous l'avons vu, considérablement réduite; elle est parfois même totalement supprimée, le condenseur faisant continuellement emploi de la même eau.

Cette méthode est particulièrement intéressante pour le traitement des liquides alcooliques très dilués, par exemple des lessives fermentées de pape-

terie et des petites eaux de levurerie à 0,5-1 p. 100 d'alcool. Dans ce cas, l'écart de température est faible

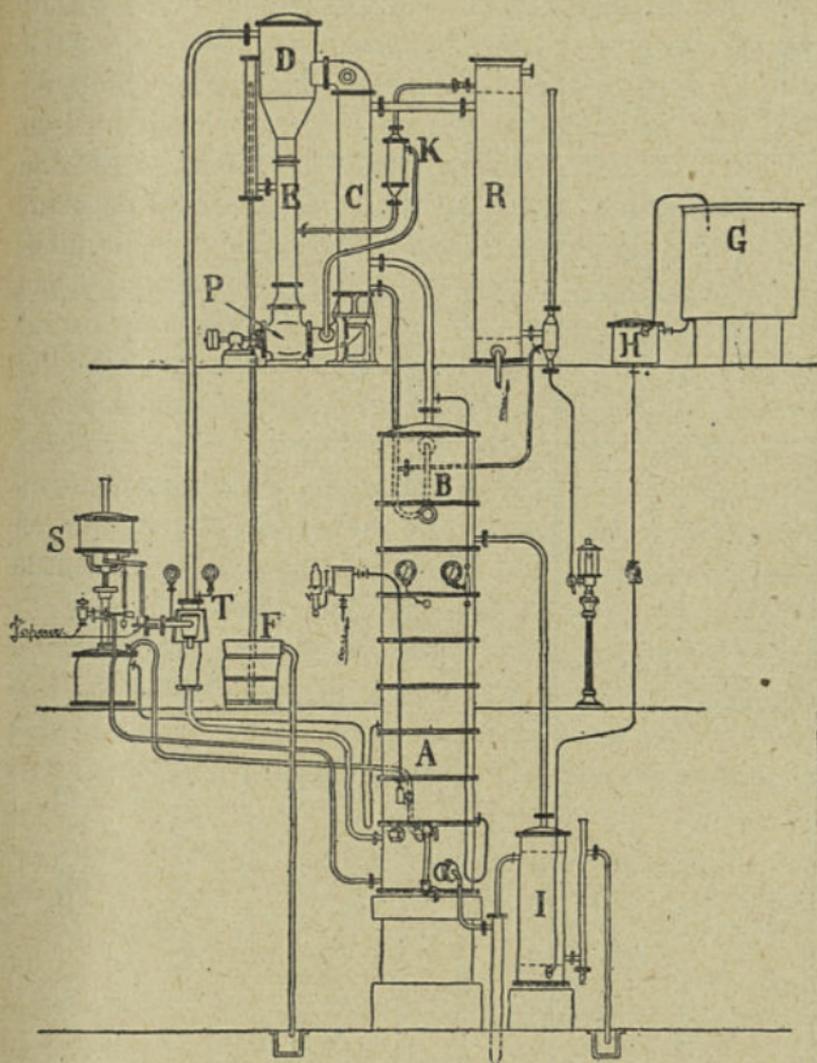


Fig. 71. — Colonne à distiller avec thermo-compresseur et détartrage automatique, système Mariller-Granger, Prache et Bouillon (Granger).

entre la base et le sommet des colonnes et il en résulte une récupération très importante qui permet

DIVERS CAS	DEGRÉ du flegme à 15°	CALORIES récupérées par hectolitre de vin	CALORIES DÉPENSÉES		VAPEUR DÉPENSÉE	
			par hectolitre de vin	par hectolitre d'alcool à 100°	par hectolitre de vin	par hectolitre d'alcool à 100°
<i>Colonnes sans chauffe-vin, mais munies d'un récupérateur de chaleur parfait.</i>						
Flegme { à bas degré. }	53,4	6,750	8.956	105.300	16,17	191,3
— par barboteur.....	53,4	7.700	8.006	94.190	12,7	149,5
Flegme { à haut degré. }	94,0	7.346	4.918	57.800	8,92	105,0
— par barboteur.....	94,0	8.011	4.253	50.030	7,72	90,8
<i>Colonnes sans récupérateur, mais munies d'un chauffe-vin parfait.</i>						
Serpentin { ou barboteur. }	53,4	8,011	7.695	90.530	13,96	161,3
— à haut degré.....	94,0	0	10.242	120.500	18,56	218,6

souvent de ramener la dépense de vapeur au quart et parfois à la moitié du chiffre habituel, tandis que la distillation de ces liquides à bas degré est actuellement souvent abandonnée par suite de la grosse dépense de vapeur qu'elle exige. Ajoutons que le procédé est applicable à tous les appareils actuels, par simple adjonction des organes spéciaux.

Dépenses en vapeur des colonnes à distiller. — Certains auteurs, notamment M. Barbet, ont fait des calculs théoriques pour déterminer la consommation de vapeur des diverses colonnes à distiller, en supposant, ce qui n'est évidemment pas exact dans la pratique, que les chauffe-vin et les récupérateurs de chaleur sont parfaits, et que les vapeurs alcooliques qui se dégagent du plateau d'alimentation ont la richesse indiquée par les tables de Groning.

Le tableau ci-contre résume les résultats des calculs de M. Barbet, pour la distillation de vins à 8^d5.

Ce tableau permet de classer les types de colonnes suivant leur degré d'économie. Si nous prenons pour base par exemple les kilogrammes de vapeur par hectolitre de vin, nous obtenons les résultats suivants (1):

	kg.			
La plus économique.	7,71	haut degré,	récupérateur,	barboteur.
La 2 ^e	8,91	—	—	serpentin.
La 3 ^e	12,70	bas degré,	—	barboteur.
La 4 ^e	13,96	—	chauffe-vin,	—
La 5 ^e	16,27	—	récupérateur,	serpentin.
La moins	18,58	haut degré,	chauffe-vin,	—

On voit qu'il n'est pas indifférent de choisir un type de colonne plutôt qu'un autre, quand on le peut; mais dans beaucoup de cas, l'industriel ne peut pas

(1) BARBET et ARACHEQUESNE, *Manuel des fabricants d'alcools*, p. 361.

choisir son appareil. La colonne à récupérateur ne peut pas être adoptée en distillerie de mélasses ou en distillerie de grains à moûts troubles quand on doit séparer les drèches au filtre-pressé, et on ne peut l'utiliser qu'en distillerie de betteraves par diffusion ou par presses, en distillerie de mélasses de cannes ou de grains à moûts clairs.

La dépense pratique des appareils peut différer très notablement de la dépense théorique indiquée ci-dessus. Pour connaître cette dépense pratique, on peut se livrer à des recherches expérimentales directes. S'il s'agit d'une colonne chauffée par serpent, on recueille l'eau de condensation et on la pèse; on obtient ainsi le poids P de vapeur condensée en un temps donné. Si P' est le poids de vin entré dans la colonne pendant le même temps, la consommation de vapeur par kilogramme de vin est $\frac{P}{P'}$. S'il s'agit d'une colonne chauffée par barbotage, on recueille les vinasses produites pendant un certain temps, on en détermine le poids P ; on détermine également le poids P' du vin entré dans la colonne et le poids P'' du flegme sorti pendant le même temps. Le poids de vapeur condensée est alors égal à la somme $P + P''$ des vinasses et du flegme, diminuée du poids P' de vin.

D'après M. Barbé, les chiffres théoriques du tableau ci-dessus sont inférieurs aux chiffres pratiques ainsi déterminés de moins de 20 p. 100, dans les appareils bien construits et bien conduits. En appliquant, en effet, aux chiffres du tableau cette majoration de 20 p. 100, on obtient ainsi des chiffres pratiques qui peuvent servir de guide pour le réglage des colonnes.

Pratique de la distillation. — Pour mettre en marche une colonne à distiller, on met d'abord de l'eau chaude dans la colonne jusqu'à ce que le serpent de chauffage ou le barboteur de vapeur soient recouverts; puis on porte cette eau à l'ébullition. Quand le liquide distillé coule à l'éprouvette, on commence à alimenter la colonne en évitant d'introduire le vin froid, pour ne pas produire une condensation abondante de vapeur dans le haut de la colonne. Le réglage de l'alimentation du vin se fait d'après le degré du liquide qui coule à l'éprouvette, et le contrôle de l'épuisement des vinasses se fait dans une petite colonne distillatoire spéciale, discontinue, dans laquelle on distille une dizaine de litres de vinasses, plusieurs fois par jour. L'épuisement doit être complet, et l'alcoomètre plongé dans les 100 premiers centimètres cubes provenant de la distillation des dix litres de vinasses doit marquer de 0 d. 5 à 0 d.

La pression de la colonne ne doit pas dépasser 1 m. à 1 m. 25 d'eau. Les expériences de M. Sorel, ont montré que pour les titres inférieurs à 50 d., l'augmentation de la pression diminue la richesse des vapeurs, et que pour les titres supérieurs à 50 d., il y a au contraire augmentation de la richesse des vapeurs quand la pression croît. Il en résulte que, dans les colonnes à bas degré, une pression assez élevée est favorable à l'épuisement; dans les colonnes à haut degré, on augmente la pression dans la partie d'épuisement en interposant un disque perforé sur le passage de la vapeur qui se rend dans la partie de concentration.

La distillation des vins de betteraves et de mélasses ne présente rien de particulier. En distillerie de betteraves par macération à la vinasse, comme on doit

conserver la vinasse chaude, on ne peut employer la colonne à récupérateur. Quand l'extraction du jus a lieu par diffusion ou par presses continues, la colonne à récupérateur peut être parfaitement utilisée. La récupération est évidemment impossible en distillerie de mélasses de betteraves à cause de l'évaporation ultérieure des vinasses pour l'extraction des salins. Elle est au contraire très recommandable pour les distilleries de mélasses de cannes.

Pour la distillation des vins épais de matières amylacées, on doit choisir les appareils spécialement agencés pour éviter les obstructions. Les colonnes Collette, Guillaume, etc., précédemment décrites, sont excellentes pour le traitement de ces vins. Quand on emploie les colonnes ordinaires, la construction des plateaux doit être aussi simple que possible pour diminuer les dangers d'obstruction et faciliter le démontage. On ne peut employer le récupérateur que dans les distilleries qui travaillent à moûts clairs. Quand on veut faire des décantations, séparations, ou filtrations de drèches, il est impossible de récupérer, car la drèche doit rester chaude. D'ailleurs, avec les moûts troubles, les récupérateurs s'encrassent rapidement et leur fonctionnement laisse à désirer.

Contrôle de l'épuisement. — Recherche de petites quantités d'alcool. — Nous avons vu précédemment comment peut s'effectuer à l'usine le contrôle de l'épuisement des vinasses. Quand on dispose d'un grand volume de liquide, le meilleur appareil est un petit rectificateur de laboratoire. MM. Lepage et Cie construisent de petites colonnes distillatoires, continues ou discontinues qui conviennent parfaitement pour cet essai. La figure 72 représente un petit rectificateur de laboratoire construit

par M. Barbet. Cet appareil, dont le fonctionnement est excellent, peut servir à de multiples usages. Il permet d'effectuer la distillation continue de tous les vins, avec sélection des diverses impuretés, d'obtenir en une seule opération de l'alcool à 96 degrés, de faire de l'épuration continue des flegmes bruts, de procéder à la rectification continue ou discontinue. L'appareil est muni du réglage invariable du coulage, d'un régulateur de gaz à régime variable et de quatre thermomètres spéciaux pour le contrôle de la marche et des fractionnements. Il se fait en quatre grandeurs, dont les coulages sont de 100 centimètres cubes, 300 centimètres cubes, 1 litre et 5 litres à l'heure.

Quand on fait un contrôle d'épuisement au moyen de ces appareils, on recueille le centième du volume du liquide mis en expérience, et on prend le degré alcoolique à l'alcoomètre. Mais il est préférable quand le liquide ne contient que de très petites quantités d'alcool, ce qui est généralement le cas, de doser l'alcool sur le liquide distillé, soit au moyen du vaporimètre, soit au moyen du compte-gouttes.

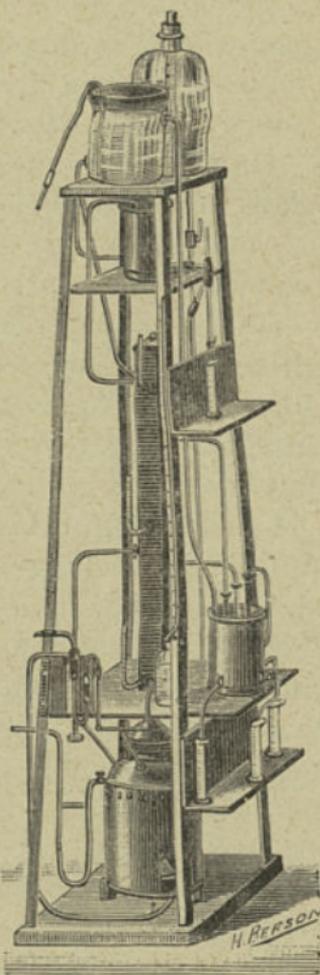


Fig. 72. — Rectificateur de laboratoire (Barbet et Cie).

Le vaporimètre de Geissler est basé sur la différence qui existe entre la tension de la vapeur d'eau et celle de la vapeur d'alcool.

La tension de la vapeur d'alcool étant plus élevée que celle de la vapeur d'eau, un mélange de ces deux vapeurs soulève une colonne de mercure d'autant plus grande que l'alcool est plus abondant.

On place donc une fraction du liquide à analyser dans une petite fiole, de telle sorte qu'en chauffant, la vapeur ne puisse s'échapper et vienne agir sur une colonne de mercure.

Le chauffage se fait au moyen d'une petite chaudière à eau dont les vapeurs viennent échauffer le liquide alcoolique contenu dans la fiole. Une échelle graduée, placée le long de la colonne de mercure, fait connaître la richesse alcoolique du liquide.

Le compte-gouttes de M. Duclaux est basé sur ce fait que les mélanges d'eau et d'alcool ont des tensions superficielles plus faibles que l'eau pure. En faisant couler par gouttes, sous un volume donné, un mélange alcoolique à travers un orifice de dimensions constantes, le nombre des gouttes correspondant à chacun des mélanges est constant d'abord, puis d'autant plus grand que la proportion d'alcool est plus grande (1).

Il suffit, par conséquent, de remplir avec le liquide alcoolique distillé une petite pipette compte-gouttes de 5 centimètres cubes, donnant exactement sous ce volume cent gouttes avec de l'eau distillée à 15°.

On compte le nombre des gouttes qui s'échappent de la pipette avec les 5 centimètres cubes de

(1) E. DUCLAUX, *Traité de microbiologie*, t. III, p. 7.

liquide alcoolique, on note la température et on se reporte à la table suivante, dressée par M. Duclaux, qui donne directement le degré alcoolique du liquide.

Cette méthode, beaucoup plus sensible que la

		TEMPÉRATURES :							
		5°	7°,5	10°	12°,5	15°	17°,5	20°	22°,5
		Nombre de gouttes obtenues :							
Eau distillée.		98	98,5	99	99,5	100	100,5	101	102
0,5 p. 100.		102	102,5	103	103,5	104	104,5	105	106
Alcool en volumes à	1 —	105	105,5	106	106,5	107	107,5	108	109
	2 —	111	111,5	112	112,5	113	113,5	114,5	115,5
	3 —	116	116,5	117	117,5	118	118,5	119,5	120,5
	4 —	120,5	121	121,5	122	122,5	123,5	124,5	125,5
	5 —	124	124,5	125	125,5	126,5	127,5	128,5	130
	6 —	127	127,5	128,5	129,5	130,5	131,5	132,5	134
	7 —	130	131	132	133	134	135,5	136,5	138
	8 —	133	134	135,5	136,5	137,5	139	140	141,5
	9 —	136	137	138,5	139,5	140,5	142	143	144,5
	10 —	139	140,5	141,5	142,5	144	145	146,5	147,5
	11 —	142	143,5	144,5	145,5	147	148	149,5	150,5
	12 —	145	146,5	148	149	150,5	151,5	153	154,5
	13 —	148,5	150	151	152,5	154	155	156	157,5
	14 —	152	153,5	154,5	155,5	157	158	159	160,5
	15 —	155	156,5	157,5	158,5	160	161,5	163	164,5

méthode à l'alcoomètre pour les mélanges alcooliques faibles, est très simple et n'est pas assez répandue dans l'industrie.

IV. — RECTIFICATION DES FLEGMES

Le flegme obtenu par distillation renferme, en dehors de l'alcool, un certain nombre de substances volatiles qu'on doit séparer pour obtenir l'alcool neutre. Ces impuretés contenues dans l'alcool brut sont très nombreuses et très variables; on les classe

ordinairement en deux catégories : les *impuretés de tête* qui passent dans les premières portions du liquide distillé et les *impuretés de queue* qui se rencontrent au contraire surtout à la fin de la distillation.

Les principaux produits qu'il s'agit de séparer de l'alcool par rectification, rangés par ordre d'élévation du point d'ébullition, sont les suivants :

Ammoniaque	volatile.
Ethylamine.	18 ^o ,7
Aldéhyde éthylique	21 ^o ,0
Oxyde d'éthyle ou éther ordinaire.	34 ^o ,9
Aldéhyde propionique	48 ^o ,8
Aldéhyde acrylique ou acroléine.	52 ^o ,4
Formiate d'éthyle.	54 ^o ,4
Acétate de méthyle	57 ^o ,2
Aldéhyde isobutylique.	63 ^o -64 ^o
Acétate d'éthyle.	74 ^o ,3
Alcool butylique tertiaire	82 ^o ,5
— isopropylique ou secondaire.	83 ^o
Acétate d'isopropyle.	91 ^o ,3
Aldéhyde isovalérique.	92 ^o ,5
Acétate de butyle tertiaire.	96 ^o
Alcool allylique.	96 ^o ,6
— propylique primaire	97 ^o
Acétate d'allyle	97 ^o
Alcool butylique secondaire	99 ^o
Acétate de propyle	101 ^o
Acide formique	101 ^o
Alcool isobutylique primaire.	108 ^o
Isobutyrate d'éthyle.	110 ^o
Acétate de butyle secondaire.	111 ^o
Alcool butylique normal.	116 ^o
Acétate d'isobutyle primaire.	116 ^o
Acide acétique	118 ^o
Butyrate d'éthyle	121 ^o
Acétate de butyle normal	125 ^o
Alcool isoamylique actif primaire	128 ^o
— — — — — primaire.	131 ^o
Isovalérate d'éthyle	134 ^o

Acétate d'isoamyle primaire	138°
— — actif	144°
Acide butyrique normal	163°
Butyrate d'isoamyle.	176°
Isovalérate d'isoamyle	196°

Le flegme contient donc des aldéhydes, des éthers, des alcools supérieurs, des acides gras volatils et des bases volatiles. L'aldéhyde éthylique n'est pas un produit de dédoublement du sucre dans la fermentation alcoolique. Kayser et Demolon, Trillat et Sauton ont montré qu'elle provient d'une oxydation ultérieure de l'alcool, sous l'influence de la levure qui joue le rôle d'agent d'oxydation. Cette production d'aldéhyde est intimement liée à la vie aérobie de la levure. Les éthers proviennent de l'éthérification des divers alcools par les acides gras. Les acides gras sont produits soit par la levure (acide acétique), soit par les ferments secondaires (acides acétique, butyrique, formique, etc.). Les alcools supérieurs proviennent, comme nous l'avons vu précédemment en exposant les travaux d'Ehrlich, de la décomposition de certaines matières azotées, telles que la leucine et l'isoleucine, par la levure. Les ferments secondaires donnent également naissance à ces alcools supérieurs, et M. Lindet a constaté que la proportion de ces alcools augmente rapidement lorsque la fermentation est achevée. Donc, plus on laisse les jus fermentés séjourner en cuve avant de les distiller, plus on s'expose à avoir des alcools supérieurs et à augmenter la perte à la rectification. Enfin les bases volatiles proviennent de la décomposition des matières azotées au cours du travail : on les rencontre surtout dans les flegmes de betteraves et de mélasses.

La rectification a pour but la séparation de l'alcool pur des impuretés qui l'accompagnent. Elle peut s'effectuer par deux méthodes: la méthode discontinue dans laquelle on rectifie dans un appareil rectificateur un volume déterminé de flegme, en séparant successivement les produits de tête, l'alcool

et les produits de queue, et la méthode continue dans laquelle on rectifie le flegme dans un appareil continu spécial où on extrait régulièrement et sans arrêt les impuretés qu'amène l'alimentation continue du flegme.

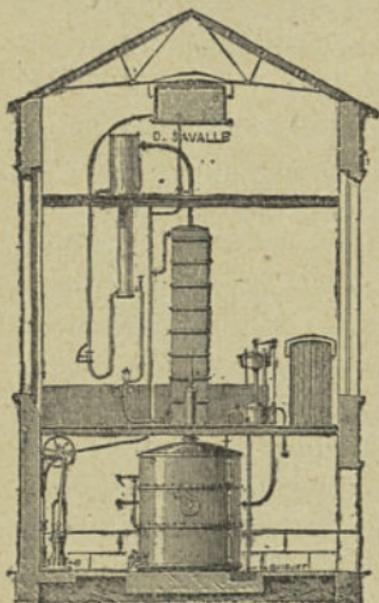


Fig. 73. — Rectificateur Savalle (Lepage, Urbain et Cie).

Rectification discontinue.

Rectificateurs discontinus. — Le rectificateur discontinu Savalle (fig. 73) se compose d'une chaudière

chauffée par un serpentin de vapeur, surmontée d'une colonne de rectification à plateaux en cuivre rouge. Les plateaux sont rectangulaires et munis des longues calottes de barbotage précédemment décrites. A la partie supérieure se trouve un puissant condenseur qui reçoit les vapeurs alcooliques qui sortent de la colonne. Ces vapeurs s'y scindent en deux parties : une partie condensée qui rétrograde dans le haut de la colonne à plateaux, et une partie non condensée qui se rend au réfrigé-

rant où elle se condense pour couler à l'éprouvette.

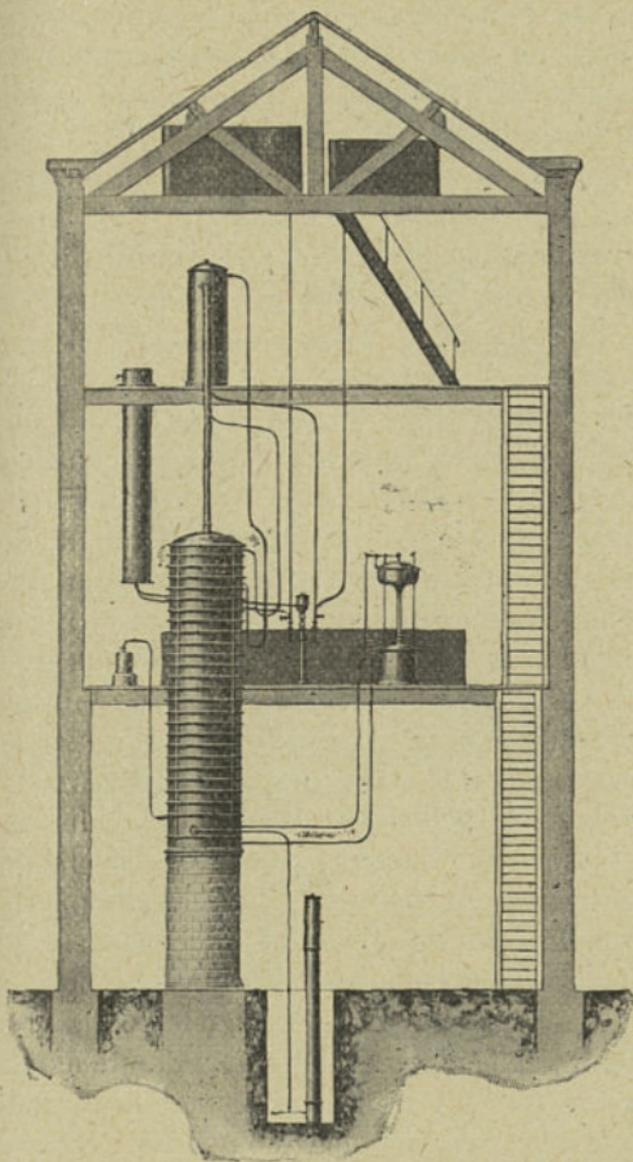


Fig. 74. — Rectificateur discontinu (Pingris).

Le rectificateur discontinu de Pingris est basé sur le même principe (fig. 74). Il se compose d'une

chaudière qui reçoit le flegme à rectifier et d'une colonne de rectification composée d'un très grand nombre de plateaux. L'appareil est complété par un condenseur, un réfrigérant, une éprouvette de coulage et un régulateur de vapeur.

La figure 75 représente un appareil du même type, construit par la maison Wauquier.

Le rectificateur discontinu de Deroy (fig. 76) se compose de quatre parties principales : la chaudière 1, la colonne 12, le condenseur 13 et le réfrigérant 19.

Pendant la marche, toute l'attention du distillateur doit se porter sur la régularité du chauffage et de la réfrigération, car l'élévation du degré alcoolique et la pureté du produit dépendent de ces facteurs; quand ils sont bien en rapport, la pression de la chaudière est insignifiante et l'eau ne monte guère à plus de 30 centimètres au-dessus du récipient en cuivre dans le tube de verre de l'indicateur de pression 9 préalablement rempli d'eau.

Rectificateur discontinu, système Mariller-Granger. — Le rectificateur discontinu, système Mariller-Granger, construit par la maison Granger, comporte, comme les appareils précédemment décrits, une chaudière chauffée par un serpentin de vapeur, une colonne de rectification, un condenseur et un réfrigérant. Le réglage de la pression est obtenu par le régulateur à commande axiale que nous avons décrit plus haut. Le condenseur habituel est remplacé par un analyseur, dans lequel les vapeurs arrivent au bas de l'appareil au lieu d'arriver au sommet comme dans les autres modèles; il est muni intérieurement de dispositifs qui obligent les vapeurs à subir le contact très intime des liquides

qui rétrogradent. Le coulage est réglé par une éprouvette spéciale, à réglage variable, qui permet

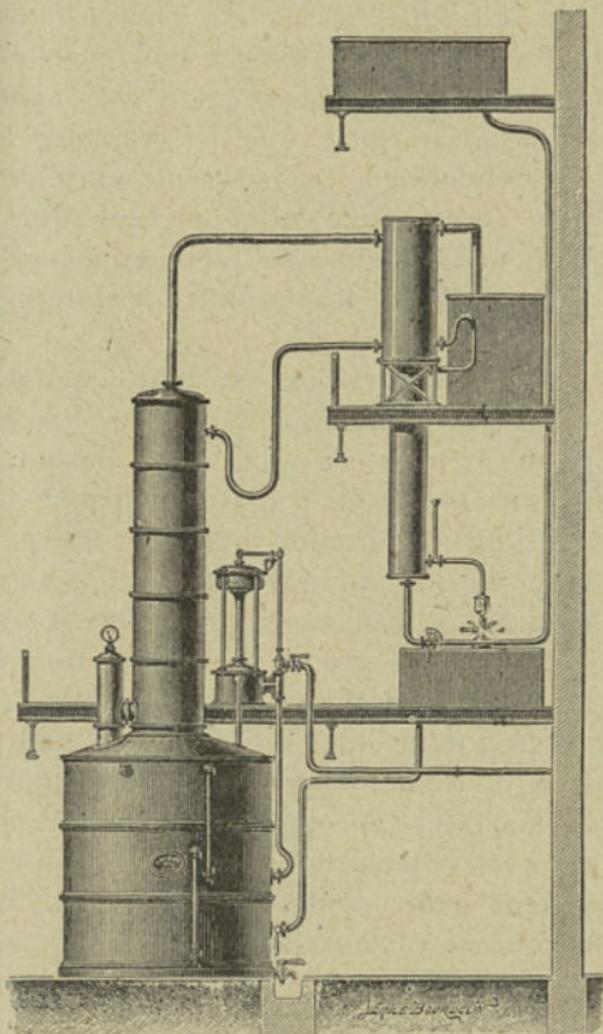


Fig. 75. — Rectificateur discontinu (Wauquier et Cie).

de faire varier à volonté le débit, et de pousser la concentration au maximum, en faisant varier à volonté la rétrogradation.

La distillation s'opère comme dans tous les autres

appareils, suivant la marche que nous indiquerons plus loin.

Rôle du condenseur. — On a considéré pendant longtemps que le rôle du condenseur est de faire rétrograder dans la colonne les vapeurs les plus aqueuses, de sorte que les vapeurs alcooliques non condensées se trouvent enrichies. Le condenseur serait donc un analyseur qui donne naissance à une vapeur plus riche en alcool que la vapeur primitive, et à une rétrogradation moins riche que cette vapeur.

Cette théorie, qui est exacte pour l'alcool à bas degré, n'est pas applicable aux hauts degrés de la rectification, comme l'a montré M. Barbet. Il est facile de s'en assurer en prélevant en même temps un échantillon du liquide qui rétrograde et un échantillon du liquide qui coule à l'éprouvette : les différences ne sont pas appréciables, aussi bien au point de vue du degré alcoolique que de la teneur en impuretés. Le raffinage et la rectification de l'alcool se font donc dans la colonne et non pas au condenseur, ou du moins en très faible proportion et grâce à des artifices spéciaux qui n'existent presque jamais dans les condenseurs ordinaires. Un condenseur ne peut avoir d'effet utile, dit M. Barbet, qu'autant que sa rétrogradation soit analysée dans une série de plateaux ne recevant aucun autre liquide que cette rétrogradation (1).

Le rôle du condenseur consiste donc uniquement, d'après la théorie de M. Barbet, à fournir automatiquement et en abondance un bon liquide laveur, une *clairce* pour raffiner méthodiquement dans la

(1) E. BARBET, *Les appareils de distillation et de rectification*.

colonne à plateaux les vapeurs alcooliques impures qui montent. Le condenseur prélève cette clairce sur l'alcool produit; c'est une dîme nécessaire et on

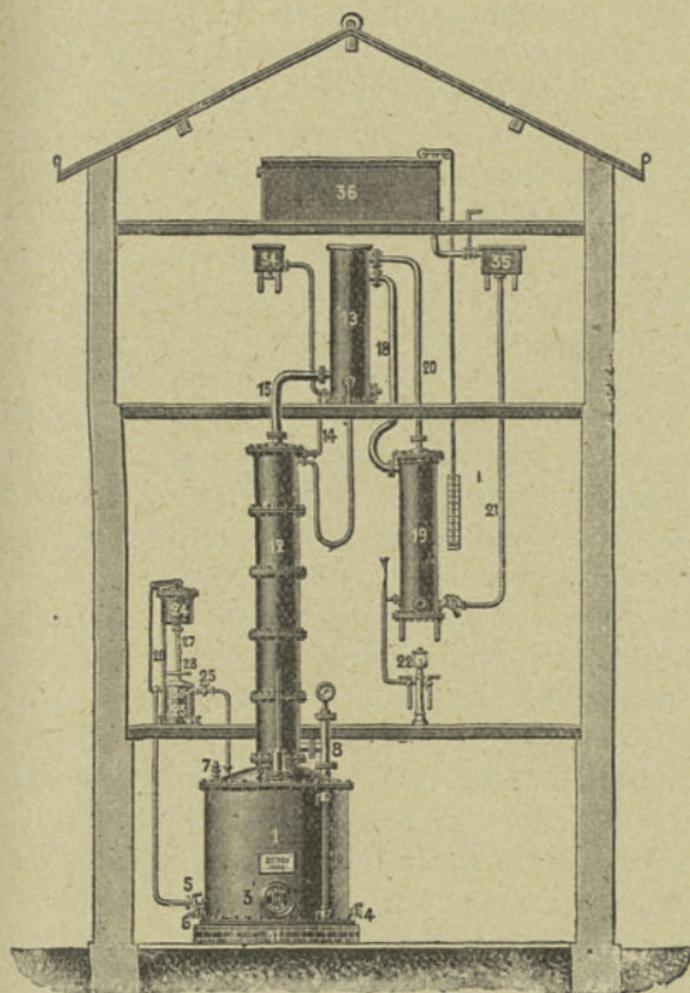


Fig. 76. — Rectificateur discontinu (Deroy).

n'obtient une grande pureté que si la clairce alcoolique est elle-même très pure.

M. Sorel estime également que le condenseur n'est pas un analyseur. En effet, il n'a pas à aider la

colonne directement comme enrichisseur en alcool, puisque l'alcool est déjà dans les plateaux de la colonne au voisinage du maximum de concentration : dès lors, les parties condensées et les parties restant en vapeurs ont une concentration presque identique. Le condenseur ordinaire des appareils à rectifier n'est pas davantage un analyseur si on se place au point de vue de l'élimination des impuretés qui y arrivent avec la vapeur d'alcool, au moins en ce qui concerne les produits de tête. En effet, l'alcool condensé a une concentration presque identique à celle des vapeurs qui échappent au refroidissement; d'autre part, puisqu'il est condensé, il est à une température un peu plus basse dans la colonne; par suite, la solubilité des impuretés est plus grande : le condenseur ne peut donc que ramener à la colonne une quantité de ces impuretés d'autant plus considérable que son action est plus énergique, c'est-à-dire que l'eau qui y entre est plus froide et sa surface utile plus grande (1).

Pour améliorer le rôle du condenseur comme agent d'épuration, M. Sorel a conseillé de procéder à des condensations progressives à température constante, en isolant au fur et à mesure les produits liquéfiés. Les calculs de M. Sorel, concernant l'action de 10 condenseurs successifs à la même température ou *homothermes*, au point de vue soit des produits de tête, soit des produits de queue, montrent en effet que les corps de tête s'échappent plus vite de l'appareil et que les corps de queue sont retenus plus longtemps dans la colonne. En outre, au lieu de renvoyer en bloc toutes les rétrogradations du con-

(1) SOREL, *La Rectification de l'alcool*.

denseur au plateau supérieur de la colonne à rectifier, on peut ajouter à celle-ci quelques plateaux, renvoyer la moitié la plus chargée de corps de tête, au début de l'opération, au plateau le plus élevé, la moitié la moins chargée à l'ancien dernier plateau, et en fin d'opération faire inversement arriver la moitié la moins chargée de queues au plateau le plus élevé, la moitié la plus chargée à l'ancien dernier plateau (1).

Enfin, d'après Pampe, l'enrichissement des vapeurs alcooliques dans le condenseur dépend de la construction et du fonctionnement de cet appareil. Dans les condenseurs ordinaires, les vapeurs alcooliques pénètrent dans le condenseur par le haut, le liquide condensé coule dans le même sens que les vapeurs; en outre, l'eau chaude provenant du réfrigérant pénètre dans le condenseur par le bas, de sorte que les vapeurs qui descendent rencontrent un liquide de moins en moins chaud. Dans ces conditions, le condenseur ne produit aucune augmentation de degré, et son rôle est celui de fournir l'alcool concentré pour alimenter la colonne. Pour obtenir un condenseur qui agisse en même temps comme analyseur, il faut, d'après Pampe :

1° Faire circuler lentement les vapeurs dans le condenseur;

2° Opérer bien progressivement le refroidissement, c'est-à-dire réduire la différence de température qui existe entre la surface refroidissante et la vapeur alcoolique;

3° Faire circuler la vapeur alcoolique et l'eau de réfrigération du condenseur en sens inverse;

(1) E. SOREL, *Loc. cit.*

4° Faire circuler à contre-courant, c'est-à-dire dans deux sens opposés, les vapeurs alcooliques et le liquide condensé, de manière à laisser couler ce liquide sur une paroi de plus en plus chaude.

Dans ces conditions, le liquide condensé, qui circule d'un endroit plus froid à un endroit plus chaud, est constamment maintenu à sa température d'ébullition, ce qui empêche les vapeurs d'éthers et d'aldéhydes de se redissoudre dans le liquide. En outre, il se produit un échange très actif entre la vapeur qui monte et le liquide qui descend, de sorte que la richesse des vapeurs augmente dans le condenseur. Mais cette augmentation de richesse ne provient pas du refroidissement dans le condenseur, mais bien des réévaporations successives qui se produisent dans l'appareil à contre-courant.

D'après M. Chenard, la doctrine qui dénie au condenseur toute fonction comme analyseur est radicalement vicieuse. Les observations sur lesquelles elle s'étaie lui enlèvent toute valeur générale, parce qu'elles sont toutes empruntées à des appareils de même conception, où les vapeurs sont presque instantanément condensées dans leur presque totalité, dans des espaces réduits, au contact de surfaces métalliques violemment refroidies par des masses liquides constamment renouvelées. Il est certain que de tels appareils ne résolvent pas le problème du fractionnement par condensation. Mais, d'après M. Chenard, on n'en peut rien conclure de plus et il n'en résulte nullement que ce problème soit insoluble. Les condenseurs peuvent être, dans une certaine mesure, des analyseurs à condition qu'on les place dans une situation leur permettant d'assurer ce rôle. M. Chenard a d'ailleurs vérifié expérimentale-

ment que si l'on soumet à un refroidissement lent et gradué une masse de vapeurs mixtes d'un titre quelconque, on en tire des condensations fractionnaires de titre croissant. Toutefois, un phénomène parasite très important vient gêner la solution pratique du problème. La vapeur d'eau transporte toujours, à l'état vésiculaire, jusqu'à 30 p. 100 en poids de liquide; les vapeurs d'alcool sont aptes à entraîner une proportion de liquide, sous la forme vésiculaire, très supérieure à 30 p. 100. Dès lors, à défaut d'une filtration énergique, la condensation partielle de ces vapeurs peut ne donner lieu qu'à des séparations sans grande efficacité. En se mettant à l'abri de cette influence perturbatrice des liquides vésiculaires, Chenard a pu observer un fractionnement par condensation, dont les résultats se rapprochent beaucoup de ceux qui ont été donnés par Sorel dans le processus inverse du fractionnement par vaporisation. Le procédé d'enrichissement des vapeurs par voie de condensation partielle est donc loin d'être illusoire, et il est certainement, d'après M. Chenard, susceptible de rendre des services.

Nous avons vu d'ailleurs, que dans certains rectificateurs discontinus, et notamment dans celui de Mariller-Granger, le condenseur est disposé de manière à fonctionner comme analyseur, les vapeurs y circulant de bas en haut en présence de dispositifs spéciaux qui assurent le contact intime des vapeurs et des liquides qui rétrogradent. Nous verrons plus loin, en étudiant les rectificateurs continus, que M. Gazagne est arrivé à un résultat analogue par l'emploi de son auto-condenseur.

Pratique de la rectification discontinue.

— La chaudière est chargée d'abord avec le flegme

ramené à 35 d.-45 d., et neutralisé exactement avec du carbonate de soude, puis on fait arriver la vapeur dans le serpentín de chauffage. Quand l'ébullition commence, on modère le chauffage et on ouvre en plein le robinet d'eau du réfrigérant et du condenseur. Les vapeurs alcooliques s'élèvent dans la colonne en portant successivement à l'ébullition le liquide des divers plateaux et elles arrivent finalement au condenseur qui est énergiquement refroidi. Toutes les vapeurs s'y condensent et rétrogradent dans la colonne; elles y repassent à l'état de vapeurs et fournissent des vapeurs alcooliques plus riches qui viennent se condenser de nouveau dans le condenseur, et les plateaux se chargent ainsi de haut en bas d'alcool concentré.

Quand les plateaux sont faits, la résistance croit dans la colonne, le niveau de l'eau s'élève dans le récipient supérieur du régulateur de vapeur qui entre en action. L'opération commence alors : on diminue l'arrivée de l'eau au réfrigérant, la rétrogradation devient moins forte, le condenseur s'échauffe, et une partie des vapeurs va se condenser au réfrigérant et coule à l'éprouvette. On règle l'arrivée de l'eau de manière à avoir une rétrogradation convenable pour que la colonne soit toujours chargée d'alcool concentré dans sa plus grande partie.

Les impuretés les plus volatiles s'échappent tout d'abord. Elles tendent à gagner le haut de la colonne et l'appauvrissement de la chaudière, puis des plateaux, est rapide. Ces premières parties recueillies sont constituées par les mauvais goûts de tête, d'odeur forte et piquante, et contiennent surtout de l'aldéhyde éthylique et de l'éther acétique. On les

envoie dans un bac spécial. Cette première phase dure en moyenne une heure à une heure et demie.

Cette période est suivie de celle des mauvais goûts de tête à repasser, puis des moyens goûts de tête, constitués par un mélange d'alcool et d'impurités moins entraînaibles. On recueille à part les mauvais goûts à repasser qu'on traite dans un rectificateur à mauvais goûts pour en extraire des mauvais goûts de tête et des moyens goûts de tête qu'on joint aux moyens goûts ordinaires. Les moyens goûts de tête sont recueillis également dans un bac spécial, et redistillés en mélange avec d'autres flegmes. Cette période des moyens goûts de tête dure environ sept heures.

On arrive alors à la période de cœur pendant laquelle passent successivement l'alcool fin de tête, l'alcool extra-fin, le cœur, et l'alcool fin de queue. On recueille ces divers alcools qui sont vendus pour la consommation ; les alcools fins peuvent cependant être soumis à une seconde rectification. Cette période dure environ vingt-quatre heures, et elle se termine généralement quand le thermomètre placé sur la chaudière accuse 99° à 100° ; en même temps le degré alcoolique à l'éprouvette baisse légèrement.

En continuant l'opération, la période de cœur est suivie de celle des moyens goûts de queue, composés d'alcool et de produits de queue les plus entraînaibles, puis des mauvais goûts de queue à repasser. On recueille séparément ces deux lots. Le dernier est traité à part et fournit des mauvais goûts de queue et des moyens goûts de queue qu'on joint au premier lot pour les redistiller.

Enfin les mauvais goûts de queue et les huiles arrivent à l'éprouvette ; le liquide devient laiteux.

On purge alors l'appareil en diminuant la rétrogradation, et les produits recueillis sont envoyés au bac des huiles. La période des goûts de queue est courte et dure environ deux heures.

On vide alors la chaudière, on nettoie l'appareil à l'eau chaude, et on recommence une nouvelle opération.

Les théories que nous avons exposées précédemment au sujet de la rectification permettent de comprendre ce qui se passe dans cette opération de la rectification discontinue. Les impuretés de tête, pour lesquelles les coefficients K ou K' sont supérieurs à l'unité, pour toutes les richesses alcooliques comprises entre 35 d. et 100 d., s'échappent peu à peu de la chaudière et gagnent les plateaux supérieurs, puis l'éprouvette, de sorte que l'expulsion de ces corps est intégrale après une durée suffisante d'ébullition. Au contraire, les corps pour lesquels les coefficients K et K' sont inférieurs à l'unité sont retenus dans les plateaux et retardés par la rétrogradation. Ces corps peuvent bien s'élever dans la colonne tant que leur coefficient est supérieur à l'unité pour les richesses alcooliques plus faibles des plateaux inférieurs, mais quand la richesse alcoolique des plateaux devient plus forte, leur coefficient devient inférieur à l'unité (voir plus haut, alcool amylique, isobutyrate et isovalérate d'éthyle, etc.), et ces corps se trouvent retenus progressivement dans les plateaux chargés d'alcool fort. Donc, tant que la colonne sera chargée d'alcool concentré, ces impuretés se trouveront arrêtées dans une zone déterminée de la colonne, zone qu'elles ne peuvent franchir, et pendant toute cette période on recueillera à l'éprouvette de l'alcool pratiquement pur. Mais

bientôt la chaudière s'épuise peu à peu d'alcool, le degré alcoolique des plateaux inférieurs diminue, la zone dans laquelle se trouvent retenues les impuretés de queue s'élève de plus en plus. Au fur et à mesure que le degré alcoolique s'abaisse par épuisement sur les plateaux, la valeur de K ou K' s'élève et les impuretés gagnent de plus en plus les plateaux supérieurs et bientôt les plus entraînaibles arrivent à l'éprouvette. C'est la période des moyens goûts de queue qui commence, et qui est suivie aussitôt de celle des mauvais goûts de queue, l'augmentation du coefficient K étant très rapide, comme nous l'avons vu, quand l'alcool des plateaux s'appauvrit. Donc, au moment où commence la période des moyens goûts de queue, la chaudière et un grand nombre de plateaux inférieurs sont épuisés d'alcool. Les plateaux situés au-dessus sont chargés d'eau alcoolisée faible sur laquelle surnagent des huiles, puis viennent des alcools mauvais goûts, et à la partie supérieure se trouvent les plateaux chargés des moyens goûts de queue. Aussi, certains rectificateurs sont-ils munis d'appareils de vidange sur chaque plateau, de sorte que quand la période de cœur est terminée, il suffit d'ouvrir les robinets de chaque plateau pour laisser couler le produit dans le bac correspondant.

Si on remplace dans le haut de la colonne à rectifier la pression qui y règne par celle d'une quantité d'air convenable chauffée à la température du haut de cette colonne, on augmente le rapport $K \frac{V}{P}$ ce qui fait dégager plus rapidement les têtes et diminue par suite les repasses.

Voici un exemple, emprunté à M. Sorel, qui

montre comment se répartissent les différentes qualités d'alcool. Un rectificateur Savalle rectangulaire n° 10, dont la colonne a 49 plateaux, fut chargée de 395 hl. 87 d'alcool étendu à 39 d., correspondant à 154 hl. 39 d'alcool absolu. On obtient :

	Hectolitres.		
Mauvais goûts de tête. . .	7,657	Alcool absolu :	4,96 p. 100
Moyens goûts de tête . . .	34,057		22,06 —
Bons goûts	94,820		61,42 —
Moyens goûts de queue.	9,205		5,97 —
Mauvais goûts de queue.	8,198		5,31 —
Perte.	0,453		0,28 —
	<u>154,390</u>		<u>100,00</u> p. 100

La proportion d'alcool pur qu'on retire d'un flegme dans cette première opération est d'ailleurs très variable avec la nature du flegme soumis à la rectification et avec la finesse qu'on veut atteindre. Elle descend à 60 p. 100 dans certains cas et peut dépasser 70 dans d'autres.

La méthode de rectification discontinue présente de nombreux inconvénients. Le principal réside dans la nécessité de repasser une assez grande quantité de produits intermédiaires, ce qui occasionne une forte dépense de combustible. En outre, les pertes pendant cette rectification sont élevées, et la freinte, que nous étudierons plus loin, y atteint parfois 3 à 4 p. 100 de l'alcool introduit. Enfin, les périodes d'attente des alcools bon goût sont trop longues, surtout pour l'élimination des têtes, qui demande souvent huit à dix heures. Pour améliorer le travail, M. Sorel dispose une vanne de réglage M entre la colonne et le condenseur, et au lieu de faire rentrer la rétrogradation du condenseur, qui sort à 65° du condenseur B, dans les plateaux du haut, ce qui occasionne un refroidissement très préjudiciable à

l'expulsion rapide des têtes, il le distribue par des dispositions spéciales dans des serpentins sur quatre

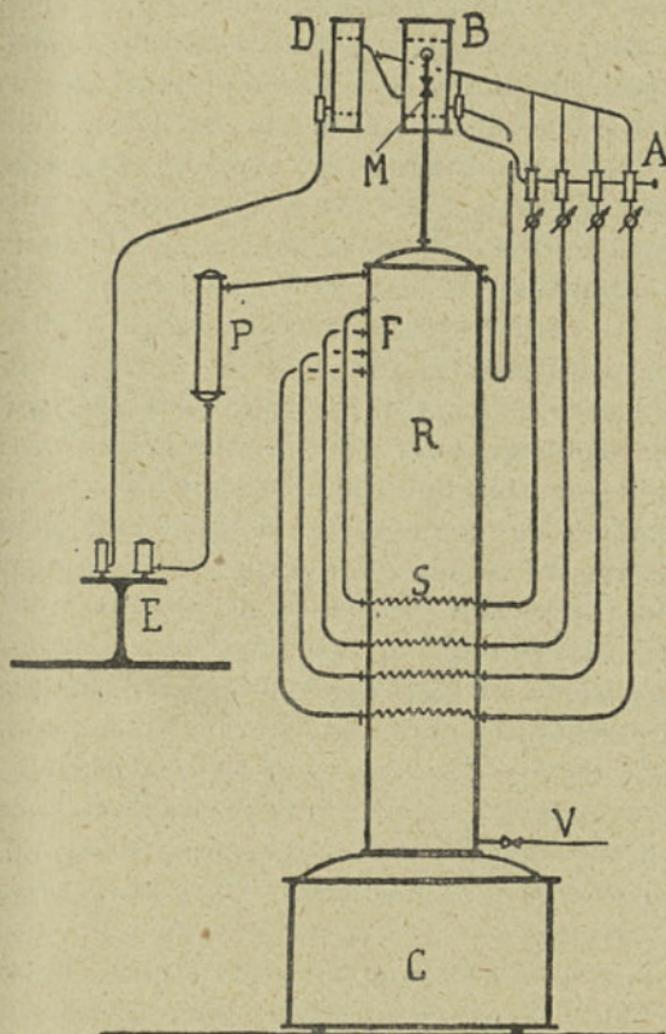


Fig. 77. — Schéma de l'agencement d'un rectificateur discontinu avec réchauffement des reflux, d'après le procédé Sorel.

ou cinq des douze plateaux du bas (fig. 77). Cette répartition A des rétrogradations pour leur réchauffage dans la zone qui refoule les produits de queue

se fait par des éprouvettes dont le débit est réglé une fois pour toutes à la mise en route. Les rétrogradations réchauffées en S se rendent alors en haut de la colonne. Au lieu de refroidir très fortement au début pour diminuer le coulage et avoir des mauvais goûts plus concentrés en tête, mais dont l'élimination est très longue et entraîne de grosses dépenses de vapeur, M. Sorel diminue considérablement l'arrivée d'eau et règle la vanne de communication entre la colonne et le condenseur, de manière à ne couler qu'environ 1 hectolitre à l'heure, avec un rectificateur chargé de 100 hectolitres d'alcool pur en flegme non épuré. Par cette méthode, la concentration obtenue pour les têtes est telle que les trois quarts de ces produits de tête sont enlevés avant cinq heures de coulage, et qu'après huit heures, on peut mettre au bon goût, aussi économiquement qu'avec l'épuration préalable du flegme tout en obtenant des produits de tête bien plus concentrés. A cette période, on met l'eau à son point normal pour couler 3 hectolitres à l'heure environ et on ouvre la vanne de réglage des vapeurs alcooliques, en laissant toutefois un léger étranglement permettant la stabilisation plus grande des plateaux perforés, ce qui équivaut au diaphragme qu'on place fréquemment sur le tuyau de vapeur alcoolique qui relie le condenseur et le réfrigérant. Le réchauffage de la rétrogradation et le refroidissement partiel des douze derniers plateaux entraînent d'une part le maintien de l'ébullition en haut, et d'autre part, le refoulement des produits de queue vers la chaudière, ce qui retarde leur apparition et permet de les extraire plus concentrés et sous un minimum de volume.

D'après M. Sorel, il y a ainsi économie de vapeur

sur la marche ordinaire et production d'au moins 80 p. 100 de bon goût à plus haut degré.

On peut même marcher en rectification continue en alimentant légèrement la chaudière, pendant la période de bon goût, avec du flegme préalablement épuré. On peut ainsi prolonger le coulage du bon goût jusqu'au volume limite de la chaudière. Pour cela, on adopte au début la même marche que précédemment : après trois heures de coulage de 1 hectolitre à l'heure, on arrive au bon goût. On admet alors au condenseur un peu plus d'eau que dans la marche précédente, puisqu'on a un volume (celui du coulage) à rétrograder. On tire alors à l'éprouvette une quantité infime, 5 p. 100, renfermant tout ce qui peut se volatiliser en produits de tête, et le cœur de rectification contient ainsi moins de 4 grammes d'éthers par hectolitre qu'on peut d'ailleurs éliminer. La rétrogradation réchauffée dans les plateaux du bas et retardant ainsi l'arrivée des produits de l'arrière rentre en haut dans un milieu en pleine ébullition, lui empruntant alors quelques calories sur celles qui sont disponibles, ou bien à température presque égale ou bien en surébullition, accentuant encore la concentration en produits de tête et leur expulsion, sans colonnette, sans vapeur complémentaire, et en assurant ainsi l'analyse intégrale dans le rectificateur qui, ainsi régénéré, permet de dépasser 85 p. 100 en alcool extra. La freinte est un peu moindre qu'en procédant par chargements distincts, puisqu'on passe presque le double d'alcool pour la même quantité d'alcool restant dans les eaux résiduelles par opération. Afin de diminuer encore cette freinte, M. Sorel place un plateau à calottes dans le bas avec décharge spéciale à l'extérieur et robinet V.

A l'arrêt, on ouvre ce robinet, et tout le liquide restant sur les plateaux est recueilli; les huiles insolubles sont décantées et lavées, et les eaux de lavage repassent à l'opération suivante.

Par ce nouveau procédé, breveté, de M. Sorel, on peut alimenter le discontinu, pendant une certaine période, en flegme épuré, augmentant ainsi le rendement du rectificateur discontinu et diminuant ses inconvénients, l'élimination des produits volatils étant assurée. Le réglage de l'eau, assez délicat, se fait au moyen d'un premier robinet ouvert au-dessous de la quantité voulue et d'un second robinet, plus petit et très sensible, sur lequel on termine le réglage.

M. Barbet est parti d'un principe tout à fait opposé pour augmenter l'efficacité des plateaux des rectificateurs. On sait que le haut degré alcoolique fourni par une colonne rectificatrice a une importance considérable pour la pureté de l'alcool produit. Lorsqu'on étudie les phénomènes qui se passent au sein d'une de ces colonnes, de plateau en plateau, on remarque que dans le bas de l'appareil, c'est-à-dire sur les plateaux d'épuisement, la température d'ébullition s'élève de près d'un degré et demi d'un plateau au plateau immédiatement inférieur, tandis qu'à la partie tout à fait supérieure de la colonne, il n'y a, d'après Sorel, qu'une différence de température d'ébullition de 0°09 pour vingt plateaux, qui font gagner 1°3 alcooliques. Ce fait démontre qu'il faut une différence de température pour obtenir une différence sensible de degré alcoolique. Réciproquement, on constate que la condensation des vapeurs produit une certaine analyse, lorsque les vapeurs alcooliques sont à un faible degré, tandis que dans

les degrés très élevés, comme la variation de température des vapeurs devient insignifiante, il n'y a plus aucune analyse.

Ces considérations ont été mises à profit par M. Barbet de la façon suivante : il a cherché un moyen pratique permettant de refroidir légèrement le liquide des plateaux supérieurs à haut degré pour créer ainsi, d'une façon artificielle, une chute de température de quelques dixièmes de degré d'un plateau au suivant. Il a donc combiné des plateaux d'une construction telle qu'il fut facile de faire circuler un serpentin dans le liquide alcoolique et de placer ce serpentin aux endroits où l'ébullition est le plus énergique. Dans ce serpentin, il fait passer un liquide refroidisseur qui peut, à volonté, être de l'eau ou bien la rétrogradation froide des tubulaires supérieurs. Dans le premier cas, il faut faire circuler toujours la même eau dans les serpentins, par une combinaison analogue à celle du thermo-siphon. De cette manière, on n'a plus à redouter d'incrustations à l'intérieur des serpentins. Si c'est de l'alcool froid qu'on fait circuler, aucune précaution n'est à prendre. Le liquide alcoolique des plateaux, violemment remué, se refroidit d'un quart ou d'un demi-degré au contact du serpentin de telle sorte que les bulles de vapeur qui viennent y barboter, éprouvent un léger refroidissement direct, c'est-à-dire une légère condensation. Or, cette légère condensation a pour contre-partie une distillation, calorie pour calorie, des produits les plus volatils. C'est la loi générale de distillation par barbotage qui reparaît avec son pouvoir d'affinage très efficace. En un mot, il se produit sur chaque plateau une véritable *condensation distillante*, qui fait un affinage réel des vapeurs,

tandis que dans les plateaux rectificateurs ordinaires, il ne s'agit que d'un simple lavage (E. Barbet). L'efficacité des plateaux est considérablement augmentée par ce nouveau dispositif de M. Barbet, qu'il ne faut pas confondre avec l'emploi des serpentins usités dans les colonnes anglaises. Ces serpentins-là ne plongent pas dans le liquide, mais sont au contraire situés dans la chambre de vapeur. Ils n'agissent donc que comme les condenseurs ordinaires, pour créer des liquides de rétrogradation, mais ils sont sans effet sur la température des liquides des plateaux.

D'après M. Sorel, cette méthode, en augmentant les reflux, ne peut qu'accentuer la dépense de vapeur de chauffage et prolonger encore un peu plus vers le bas, la zone froide que crée le condenseur dans le haut. Ce ne serait, d'après lui, qu'une rectification à froid dans la colonne, qui consomme beaucoup de vapeur par le bas, sans amélioration de la qualité de l'alcool.

Seule, l'expérience pratique permettra de trancher cette délicate question, dans laquelle nous nous sommes bornés à exposer impartialement les théories de chacun des inventeurs.

Dépense de chaleur des rectificateurs discontinus. — La dépense de chaleur des rectificateurs discontinus a été étudiée par M. Sorel au point de vue théorique et pratique. Au point de vue théorique, en envisageant un chargement effectué à 45 degrés, M. Sorel arrive par le calcul à une dépense moyenne de 20 kgr. 39 de charbon, par hectolitre d'alcool à 96 degrés produit. La consommation de charbon, faible tant que le titre est encore élevé dans la chaudière du rectificateur, devient

énorme quand le titre baisse : elle s'élève par exemple à 122 kgr. 89 par hectolitre d'alcool à 96 degrés pendant l'épuisement de 1 degré à 0 degré, tandis qu'elle n'est que de 13 kilogrammes en moyenne pendant l'épuisement de 45 degrés à 10 degrés. Mais ce ne sont là que des chiffres purement théoriques, dans lesquels on n'a envisagé le problème qu'au point de vue de la production de l'alcool à 96 degrés. Or, pour obtenir cet alcool rectifié, il faut qu'un grand nombre de plateaux soient au maximum de concentration, et les chiffres précédents sont modifiés par la dépense supplémentaire venant de la condensation nécessaire pour maintenir la quantité convenable de plateaux à fort degré. Des essais pratiques effectués par M. Sorel sur un rectificateur discontinu du système Savalle ont conduit à une dépense de vapeur, pendant la période des bons goûts, de 207 kilogrammes par hectolitre d'alcool absolu quand on produit de l'alcool à 96°5 et 215 kilogrammes par hectolitre d'alcool absolu quand on produit de l'alcool à 97 degrés. Pendant la fin de l'opération, quand on cherche à obtenir les moyens et mauvais goûts par rectification au lieu de les extraire directement sur les plateaux, il y a forcément un accroissement notable de dépense. M. Sorel, dans un essai, trouve une consommation de vapeur de 278 kilogrammes par hectolitre d'alcool pendant la période des moyens et des mauvais goûts de queue.

Si nous nous basons sur les chiffres de M. Sorel, nous pouvons donc admettre une dépense moyenne pratique de 240 kilogrammes de vapeur par hectolitre d'alcool à 100 d. Il faut naturellement ajouter à ce chiffre la quantité de vapeur nécessaire pour le

chauffage de la masse à l'ébullition jusqu'au moment du coulage. Cette quantité peut être évaluée et s'élève environ, d'après les calculs de M. Barbet, à 50 kilogrammes de vapeur par hectolitre d'alcool absolu. La dépense totale monte donc à 290 kilogrammes. Mais cette dépense ne correspond pas encore à l'alcool vendu. En effet, dans une rectification, on obtient, à côté d'une certaine proportion d'alcool bon goût, des moyens et mauvais goûts à repasser si on n'en a pas le placement direct. Cette proportion est assez variable, comme nous l'avons vu, avec la nature du flegme et le mode de travail de l'usine. Supposons un fractionnement qui donne 70 d'alcool bon goût pour 100; la dépense de 290 kilogrammes ne correspondra donc qu'à 0 hl. 7 d'alcool vendu et la dépense par hectolitre d'alcool vendu sera donc de $\frac{290}{0,7} = 414$ kilogrammes de vapeur.

Telle est la dépense par rapport à l'alcool bon goût, mais il faut encore repasser les moyens goûts. Admettons qu'on obtienne 25 p. 100 de moyens goûts à repasser et qu'on puisse avoir avec eux le même rendement que ci-dessus, c'est-à-dire 70 p. 100; nous aurons comme rendement définitif pour l'alcool bon goût :

$$70 + 70 [0,25 + 0,25^2 + 0,25^3 + \dots]$$

c'est-à-dire :

$$70[1 + 0,25 + 0,25^2 + 0,25^3 + \dots] = 70 \times \frac{1}{1 - 0,25} = \frac{70}{0,75} = 93,33.$$

On dépensera donc pour ces 93 hl. 33 :

$$93,33 \times 414 = 38.638 \text{ kgr. } 62 \text{ de vapeur.}$$

Ce chiffre donne en même temps la dépense pour

les 100 hectolitres d'alcool à 100 d. à l'état de flegmes, avec un fractionnement tel que celui que nous avons supposé. On dépensera donc, par hectolitre d'alcool à 100 d. contenu dans le flegme brut, 386 kgr. 380 de vapeur.

Ces chiffres sont évidemment variables avec la construction des appareils, la puissance du condenseur, le fractionnement effectué, etc. En faisant un calcul analogue avec un fractionnement de 60 p. 100 de bon goût au lieu de 70 p. 100, on arriverait à une dépense de 483 kilogrammes de vapeur par hectolitre d'alcool vendu et de 435 kgr. 800 par hectolitre d'alcool à 100 d. contenu dans le flegme brut.

Rectification continue.

Les inconvénients de la rectification discontinue, que nous avons exposés plus haut, ont amené à chercher à rectifier l'alcool d'une façon continue, en extrayant également d'une façon continue les impuretés qui l'accompagnent.

Rectification continue, système Barbet.

— Dans une opération préliminaire, M. Barbet débarrasse d'abord le flegme des produits de tête, et le flegme ainsi épuré est envoyé au rectificateur continu proprement dit qui l'amène à 96 d.-97 d. et élimine les produits de queue. Voici, d'après M. Barbet, les phénomènes qui se passent dans cette opération (1).

Fonctionnement de l'épurateur. — Les flegmes à 40 d.-45 d., préalablement chauffés par le récupérateur R (fig. 78), entrent dans l'épurateur A au plateau

(1) E. BARBET, *La rectification et les colonnes rectificatrices en distillerie.*

dit d'alimentation et descendent en s'épuisant progressivement en éthers par une distillation partielle et méthodique, tout comme le vin dans une colonne à distiller s'épuise en alcool. Supposons, en effet, une colonne distillatoire quelconque, munie d'un condenseur et de quelques plateaux de déflegmation convenablement aménagés. On peut régler l'appareil pour donner à l'éprouvette 6, 8 ou 10 p. 100 de ce liquide, et ce liquide (flegme) emporte toute la partie la plus volatile du vin, c'est-à-dire l'alcool et ses congénères. De même, à l'épurateur, si on règle l'eau et la vapeur de façon à récolter à l'éprouvette, 2, 3 ou 5 p. 100 de l'alcool qui entre dans l'appareil, on peut être assuré que ce liquide emportera tout ce qu'il y a de plus volatil dans les flegmes soumis à la distillation, c'est-à-dire précisément tous les produits de tête, aldéhydes, éthers, etc. On obtient l'épuisement des flegmes en produits de tête, tout comme on obtient l'épuisement du vin en alcool. L'analogie avec la distillation du vin est complète. L'ancien rectificateur discontinu n'est, en somme, qu'un alambic; le chauffage du flegme dans la chaudière produit progressivement l'épuisement en produits de tête, tout comme le chauffage du vin dans l'alambic amène l'épuisement en alcool. Mais cet épuisement est très lent, parce que les aldéhydes ont pour l'alcool du flegme une affinité bien plus grande que l'alcool pour l'eau, et parce que le rectificateur possède une volumineuse rétrogradation qui est un obstacle sérieux à la sortie définitive des éthers et qui oblige à les réévaporer bien des fois. Aussi l'épurateur continu a-t-il, sur l'ancien rectificateur, pour l'expulsion des éthers, une supériorité considérable, beaucoup plus remarquable encore que la supériorité de la

colonne distillatoire continue sur l'ancien alambic. Si nous continuons la comparaison, nous voyons que l'ancien alambic fournissait un grand volume de produits à bas degré qu'il fallait repasser, tandis que les flegmes des alambics continus sont à degré constant, élevé et d'une pureté relative. De même, le rectificateur discontinu donne un grand volume de produits bâtards, à basse teneur éthérique, qu'il faut repasser, tandis que les éthers continus sont à degré constant (93-94) et d'une grande concentration en éthers. On supprime donc toute la gamme des moyens goûts, inévitable dans un épuisement discontinu.

Rectification continue proprement dite. — Le problème précédent étant résolu, la rectification continue est facile à réaliser, car le flegme ne contient plus désormais, comme partie la plus volatile, que l'alcool éthylique, qu'il s'agit d'obtenir à l'état de pureté.

Supposons un instant que nous fassions une rectification ordinaire discontinue et que l'opération ait déjà duré douze à quinze heures. A ce moment, le flegme de la chaudière ne contient plus que très peu de produits de tête et l'alcool de l'éprouvette est de l'alcool surfin. Admettons que nous possédions un grand approvisionnement du flegme ainsi épuré dans la chaudière, et que ce flegme épuré serve à alimenter un deuxième appareil discontinu qui soit, lui aussi, dans la période de cœur, et dont la chaudière soit assez grande pour recevoir pendant plusieurs heures cette alimentation complémentaire.

Voilà une sorte de rectification continue réalisée, et pendant toute sa durée, elle nous fournira un alcool équivalant à de l'alcool de cœur de rectifica-

tion. Elle ne prendra fin que par l'encombrement de la chaudière, qui nous obligera à faire l'épuisement, afin de pratiquer l'extraction de tout l'excédent d'eau et d'huiles.

Remplaçons maintenant la chaudière unique par une série de chaudières étagées, c'est-à-dire par une colonne à plateaux. Grâce à ce sectionnement, nous pourrons introduire d'une façon continue le flegme épuré sur le plateau du haut, et faire sortir, également d'une façon continue, par le soubassement, les eaux résiduaires épuisées. La partie supérieure de l'appareil n'en continuera pas moins à nous fournir de l'alcool de cœur, tout comme dans l'hypothèse précédente. Si nous produisons le flegme épuré dans un épurateur continu, on voit que la continuité absolue de la rectification se trouve réalisée.

Examinons toutefois ce que deviennent les produits de queue. Dans un rectificateur discontinu, ces produits tendent perpétuellement à monter dans les plateaux. M. Duclaux a montré que ces produits, quoique moins volatils que l'eau, quand ils sont anhydres, distillent avant l'eau elle-même en présence de celle-ci, et un mélange de 5 p. 100 d'alcool amylique avec l'eau est plus vite épuisé à l'alambic que ne le serait un vin à 5 p. 100 d'alcool éthylique.

Donc, l'obligation où nous sommes d'épuiser complètement les eaux résiduaires en alcool éthylique nous conduit nécessairement à produire en même temps l'épuisement total en produits de queue. Par conséquent, la sortie du bas de l'appareil ne donne issue qu'à de l'eau complètement privée d'alcool et de produits de queue.

L'alimentation continue du flegme apportant sans cesse de nouvelles proportions d'huiles amyliques, et

celles-ci ne sortant pas avec les vinasses, il va se former une accumulation de ces impuretés et la qualité de l'alcool s'en ressentira. L'accumulation s'opère, en effet, sur certains plateaux inférieurs d'épuisement. Si on soutire ainsi une quantité d'huiles qui corresponde au volume d'impuretés de queue qu'apporte l'alimentation continue du flegme, on comprend que, la sortie balançant l'entrée, l'accumulation devient impossible et l'appareil fonctionne exactement comme les discontinus, dans lesquels la proportion des huiles est limitée.

C'est le goût de l'alcool obtenu à l'éprouvette qui montre si l'extraction d'huiles est suffisante. La proportion de cette extraction dépend essentiellement de la qualité du flegme, et on voit sans peine qu'on a un moyen facile d'améliorer la qualité de l'alcool en extrayant de fortes proportions d'huiles. Il en est de même pour l'épuration des éthers : plus on pratique une large extraction de produits de tête à l'épurateur, plus l'alcool est fin.

Dans la plupart des usines, on règle l'extraction des éthers à environ 5 p. 100 et l'extraction des huiles amyliques à 2 ou 3 p. 100 de l'alcool à 100 d. qui entre dans l'appareil. Dans ces conditions, on a environ 91 à 92 p. 100 de bon goût.

L'extraction des huiles remplit un second rôle très important : c'est elle qui règle la conduite du rectificateur continu comme alimentation en flegmes. Il faut, en effet, que l'entrée des flegmes apporte exactement autant d'alcool qu'il en sort par les diverses éprouvettes, afin que l'appareil conserve une allure invariable. Si l'alimentation est insuffisante, on s'en aperçoit au degré alcoolique des huiles qui s'affaiblit. S'il augmente, au contraire, on

a la preuve que l'alimentation est exagérée. On règle donc le robinet d'alimentation de manière à avoir un degré alcoolique constant à l'éprouvette des huiles, c'est-à-dire de manière à donner à l'appareil un régime permanent invariable. L'addition d'un thermomètre à cadran, placé à l'étage d'extraction des huiles, donne un deuxième contrôle très pratique de l'alimentation.

Si nous nous reportons maintenant à la figure 78, qui représente un rectificateur continu Barbet type A 1896, ce que nous venons d'exposer permet de comprendre aisément le fonctionnement de l'appareil. La colonne A constitue l'épurateur avec son condenseur B, son réfrigérant C et l'éprouvette des éthers P. La colonne G est la colonne rectificatrice avec plateaux à calottes peignes, surmontée de son condenseur H, et de son réfrigérant K. L'éprouvette R, en communication avec le réfrigérant K est l'éprouvette de l'alcool bon goût. Les huiles, extraites de la colonne en *bb'*, sont refroidies dans le réfrigérant D et coulent à l'éprouvette T. Une autre éprouvette S, alimentée par les vapeurs des vinasses contenues dans le soubassement et qui viennent se condenser dans le petit réfrigérant E, donne toujours, d'une façon certaine, la preuve de l'épuisement, l'alcoomètre devant toujours y marquer zéro. Les eaux résiduaires bouillantes sortant de l'appareil passent au récupérateur R, où elles échauffent le flegme qui va alimenter l'épurateur. Le flegme entre donc d'abord dans le récupérateur R, se rend dans l'épurateur A où il s'épuise en éthers et en produits de tête. Les éthers coulent à l'éprouvette P; le flegme épuré se rend alors dans la colonne de rectification G, les eaux épuisées s'échap-

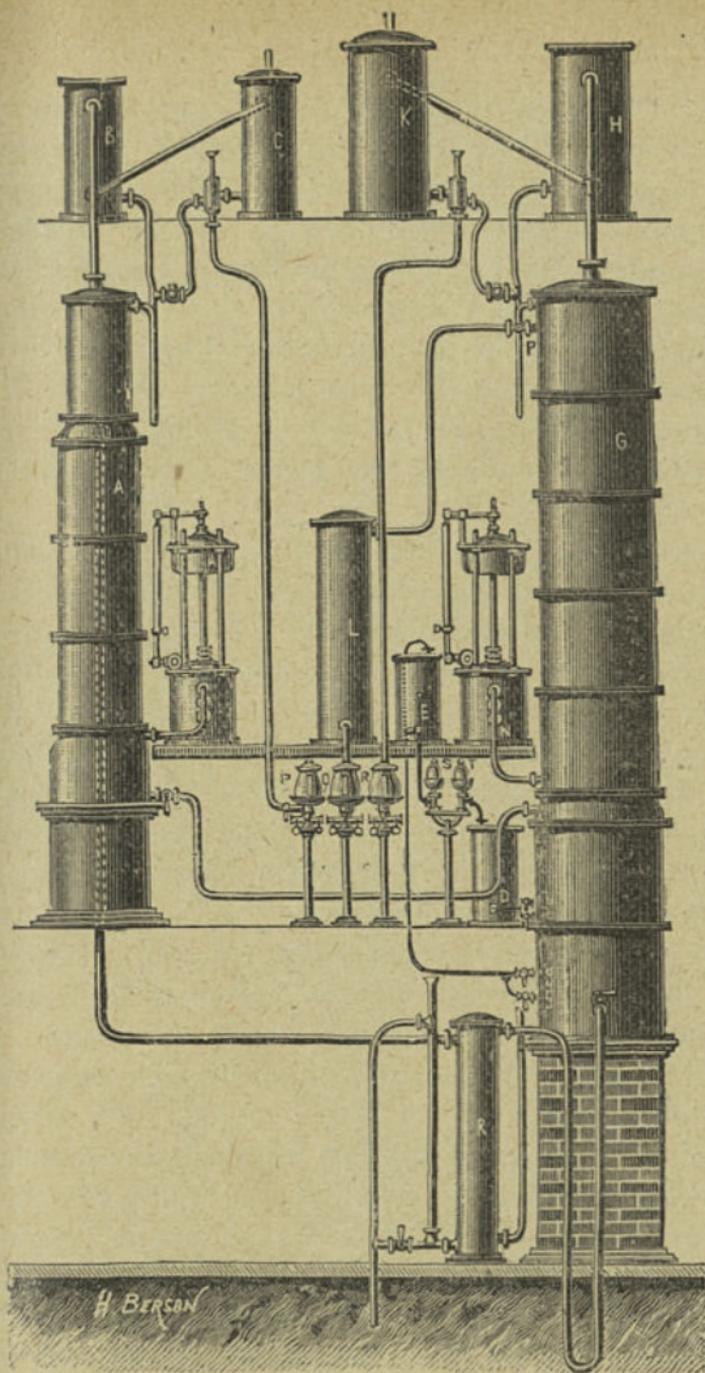


Fig. 78. — Rectificateur continu des flegmes, type A 1896.
(E. Barbet et Cie).

pent à la partie inférieure par le récupérateur. Les produits de queue sont extraits en *bb'*; les vapeurs alcooliques s'enrichissent et se purifient dans les tronçons de rectification, grâce à la rétrogradation du condenseur H. L'excès de vapeur passe au réfrigérant K, puis à l'éprouvette R. L'appareil est enfin muni de la pasteurisation dont nous avons donné précédemment le principe. L'extraction de l'alcool pasteurisé se fait en P, et cet alcool, après s'être refroidi dans le réfrigérant L, vient couler à l'éprouvette Q.

La figure 79 représente un type de rectificateur continu des flegmes plus récent, de M. Barbet. Le flegme brut, emmagasiné dans le bac F, est réglé par un robinet d'alimentation très sensible *r*; il s'échauffe dans le récupérateur *u* et entre à mi-hauteur de la colonne à plateaux EE', dont l'ébullition est douce, car il s'agit seulement d'expulser les têtes et non pas d'épuiser. Les vapeurs qui se dégagent se concentrent dans les plateaux supérieurs E, sous l'influence de la rétrogradation du condenseur N et du réfrigérant O. Par le procédé de réglage qui lui est spécial, M. Barbet ne laisse sortir par l'éprouvette T que la quantité exacte de produits de tête qu'il désire, soit de 3 à 7 p. 100 selon l'impureté des flegmes à traiter. Grâce à un robinet de réglage très sensible à l'entrée de l'éprouvette et au réglage invariable des coulages dont nous avons précédemment exposé le principe, l'extraction reste absolument constante quand le robinet est mis au point.

Le flegme s'épuise de ses aldéhydes et éthers dans les plateaux E' et descend de là vers les plateaux C' de la colonne d'épuisement d'alcool CC' qui fait partie de la rectificatrice proprement dite G.

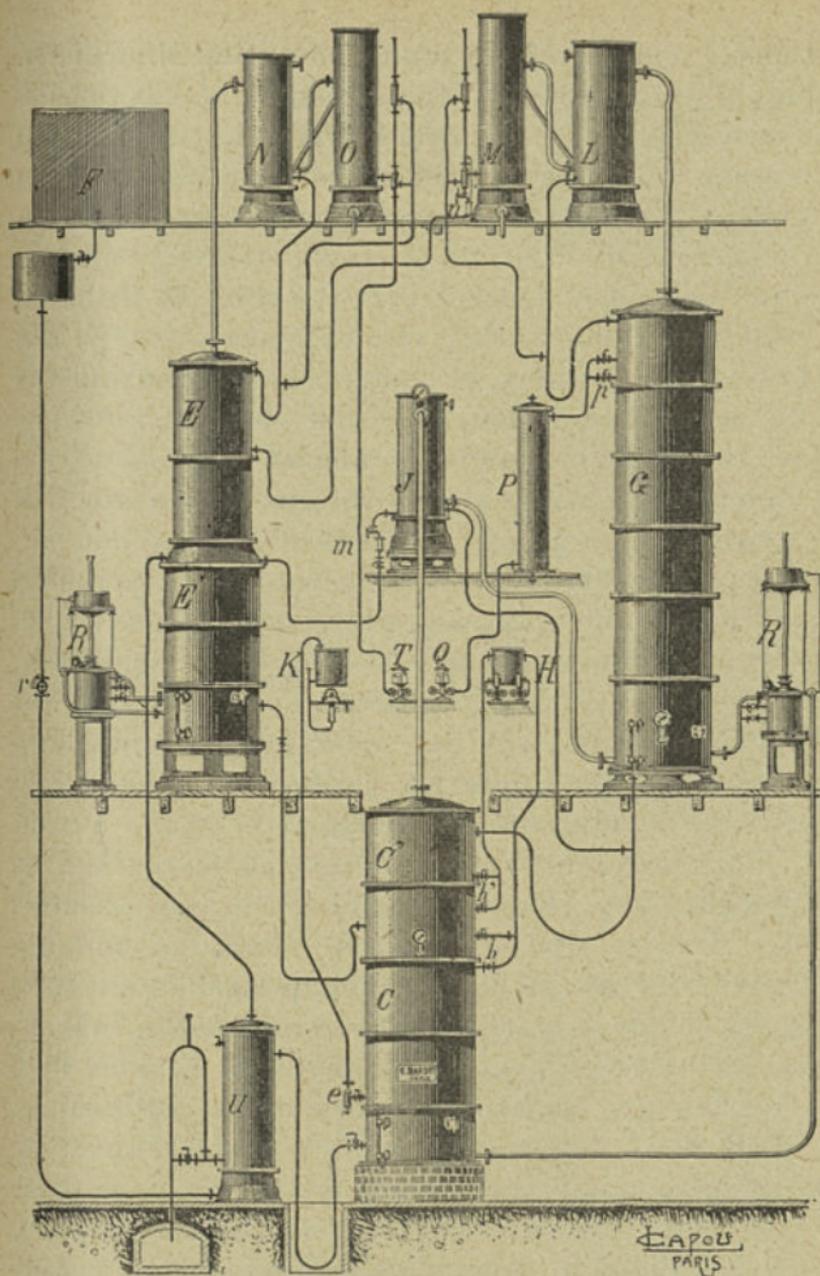


Fig. 79. — Rectificateur continu des flegmes, type A, 1910.
(E. Barbet et Cie).

Dans la colonne C, il y a une ébullition énergique, puisqu'il faut produire l'épuisement total. Les vapeurs alcooliques qui se dégagent se concentrent dans la colonne G par les procédés ordinaires, c'est-à-dire grâce aux rétrogradations du condenseur L et du réfrigérant M. Pour être bien dépouillé de ses produits de queue, l'alcool doit atteindre 96 d. 5; les huiles amyliques sont refoulées dans les parties basses par les reflux, et comme elles sont expulsées du bas par l'ébullition, elles sont obligées, ainsi que M. Barbet l'a montré le premier en 1886, de se cantonner dans certains étages intermédiaires où elles arrivent à une grande concentration. Un peu au-dessus de cette zone de concentration des huiles amyliques, les reflux alcooliques sont soumis à un certain refroidissement, et les vapeurs ascendantes, lorsqu'elles viennent barboter dans les plateaux rafraîchis, subissent une analyse beaucoup plus intense, de sorte que les produits de queue sont retenus d'une façon très énergique.

Pour maintenir l'appareil en état de régime, on procède donc, comme dans le rectificateur continu des flegmes type 1896, à une extraction continue appropriée sur ces étages. Comme les différents produits de queue n'ont pas leur concentration maxima au même étage que l'alcool amylique, comme nous l'avons vu en étudiant la théorie de la rectification, M. Barbet fait deux extractions de queue : l'une, pour les huiles amyliques insolubles dans l'eau, se pratique à un étage où le degré alcoolique moyen est de 50 d. (robinet *h*); la seconde, comprenant un ensemble de produits de queue solubles dans l'eau (alcool isopropylique, isobutylique, éthers divers), se prélève quelques plateaux plus haut, en *h'*, étage où le degré

alcoolique est d'environ 76 d. à 80 d. Ces deux extractions suffisent à la rectificatrice, surtout avec le perfectionnement introduit en 1901 : quelques étages au-dessus des queues solubles dans l'eau, c'est-à-dire quand on atteint 90-92 d. M. Barbet interpose un condenseur spécial qui a pour but d'opposer une certaine barrière à l'ascension des éthers et de purifier les vapeurs avant de les laisser passer à la rectificatrice G. Par l'effet de ce léger refroidissement en J, on obtient en C' des zones à concentration plus forte des impuretés, sans que le goût de l'alcool en soit affecté. M. Barbet a montré en outre en 1888, qu'au haut de la rectificatrice, on trouve encore quelques traces de produits de tête, soit que ces corps aient échappé à l'épurateur, soit qu'ils aient pris

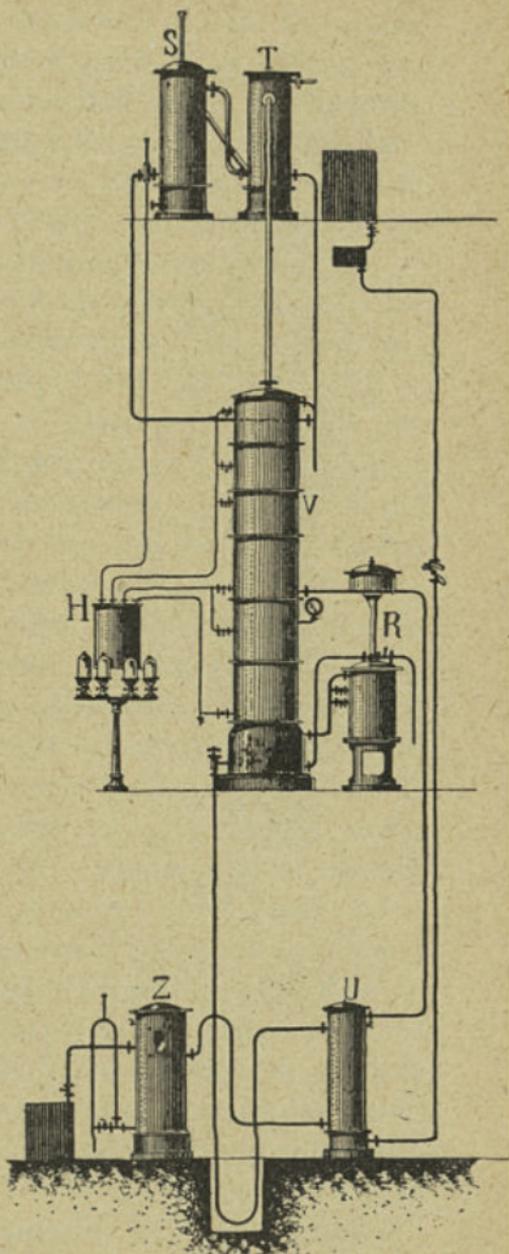


Fig. 80. — Rectificateur continu spécial pour le repassage des mauvais goûts (Barbet et Cie).

naissance dans la rectificatrice même par la réaction des acides gras volatils sur l'alcool à haut degré. Pour débarrasser l'alcool rectifié de ces dernières traces d'impuretés, M. Barbet extrait l'alcool par la pasteurisation dont nous avons donné précédemment le principe. Au haut de la rectificatrice G, les vapeurs alcooliques vont au condenseur L, puis au réfrigérant M. A la sortie de M. se trouve une éprouvette *n* dont on règle le débit par exemple à 6 p. 100 du débit du rectificateur au moyen du réglage invariable des coulages. Cet alcool ainsi extrait, dont la composition est presque identique à celle du reflux en G, est taché d'un peu d'éthers et il est renvoyé à mi-hauteur des plateaux E de l'épurateur. Quant à l'alcool pasteurisé, extrait en *p* et refroidi en P, il sort à l'éprouvette Q où son débit est réglé à 94 p. 100 si le non-pasteurisé fait 6 p. 100. Cet alcool, qui a été soumis à deux purifications successives des têtes (par l'épurateur et par la pasteurisation), et à une épuration des queues (dans les plateaux C'), est extrêmement pur et d'une finesse irréprochable.

La conduite de l'appareil est d'une sûreté et d'une constance absolues, grâce aux régulateurs de vapeur et au réglage invariable des coulages. Un thermomètre à cadran, placé à l'étage des huiles amyliques, permet de vérifier si l'alimentation en flegmes est convenable; si la température tend à monter, il faut alimenter plus fortement; c'est l'inverse si la température baisse.

Dans les pays où les emplois de l'alcool dénaturé sont très limités, il est indispensable de réduire au minimum, par un repassage, le volume des mauvais goûts. M. Barbet construit dans ce but un rectifica-

teur continu spécial pour le repassage des mauvais goûts et représenté par la figure 80. Il est bon de lui adjoindre un décanteur-laveur des huiles amyliques, qui permet de laver et d'amener ces huiles à l'état marchand par un simple passage dans le décanteur-laveur. Les petites eaux de lavage retournent automatiquement dans le rectificateur. Cet appareil est représenté par la figure 81.

Rectificateur continu des flegmes Crépelle-Fontaine. — La maison Crépelle-Fontaine, dans laquelle la rectification continue a été créée grâce aux nombreuses études qui ont été faites autrefois sous l'administration de M. Louis Fontaine, construit également un rectificateur continu des flegmes, représenté par la figure 82.

L'appareil comprend d'abord un premier épurateur de produits de tête composé d'une colonne à plateaux surmontée d'un tronçon de concentration, qui débarrasse les flegmes de la presque totalité des mauvais goûts de tête, puis une colonne rectificatrice proprement dite dans laquelle l'alcool, encore mélangé aux produits de tête qui ont échappé à la première épuration, se sépare des produits de queue et de l'eau; enfin un second épurateur dans lequel l'alcool à haut degré se sépare des produits

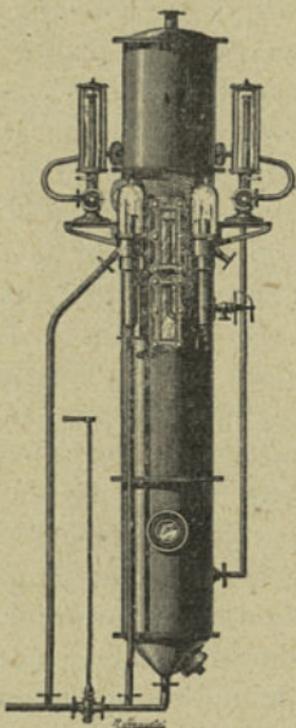


Fig. 81. — Décanteur-laveur des huiles amyliques (Barbet et Cie).

de tête auxquels il était encore mélangé à sa sortie du rectificateur proprement dit.

Les flegmes bruts sont introduits dans le premier épurateur, après avoir été chauffés dans un récupérateur par les eaux chaudes épuisées qui sortent du rectificateur proprement dit; ils descendent de plateau en plateau jusqu'au bas de l'appareil, en rencontrant un courant ascendant de vapeur produit par le chauffage du bas de l'appareil. Ce courant de vapeur volatilise et entraîne les éthers qui, lavés et concentrés par la rétrogradation du condenseur de l'épurateur, passent au réfrigérant et de là à l'éprouvette des éthers. Les flegmes ainsi épurés passent alors dans la colonne de rectification, descendent de plateau en plateau en s'épuisant, et les produits montent dans le haut de l'appareil où ils continuent à se classer par suite de la rétrogradation produite par le condenseur. Dans le haut se trouve l'alcool concentré, mélangé aux éthers qui ont échappé à l'action du premier épurateur. Les vapeurs non condensées par le condenseur passent alors dans le deuxième épurateur pour y abandonner les éthers qu'elles contiennent encore. Ces éthers se concentrent dans la colonne de l'épurateur et coulent à une éprouvette spéciale, tandis que l'alcool dépouillé descend dans le bas de la colonne en rencontrant un courant de vapeur d'alcool produit par un chauffage fait dans le bas de la colonne. Cette épuration à haut degré complète la rectification, et l'alcool pur, condensé dans un réfrigérant, coule à son éprouvette. Les huiles et produits de queue sont extraits dans la colonne de rectification, dans la zone où ils sont concentrés, au moyen de robinets qui en règlent le coulage.

Autres rectificateurs continus. — La figure 83 représente un rectificateur continu basé

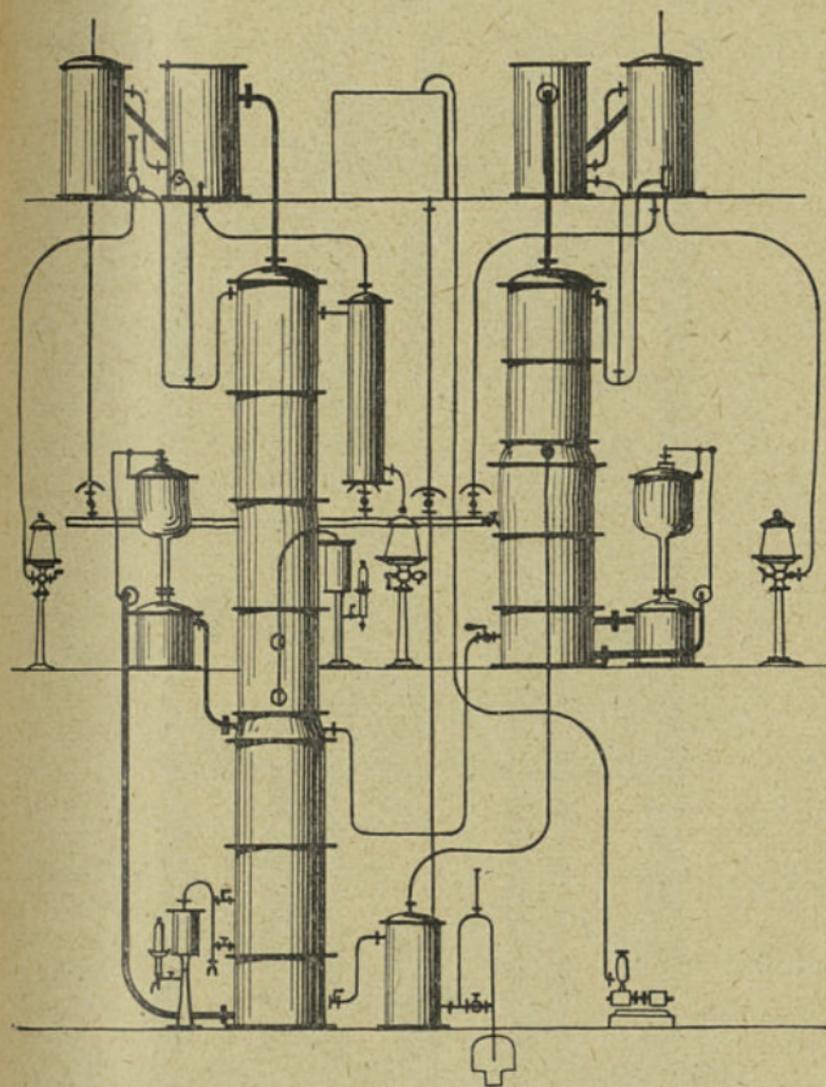


Fig. 82. — Rectificateur continu des flegmes (Crépelle-Fontaine).

sur les mêmes principes et construit par la maison Pingris. Cet appareil comprend, comme les précé-

dents, une colonne d'épuration des têtes et une

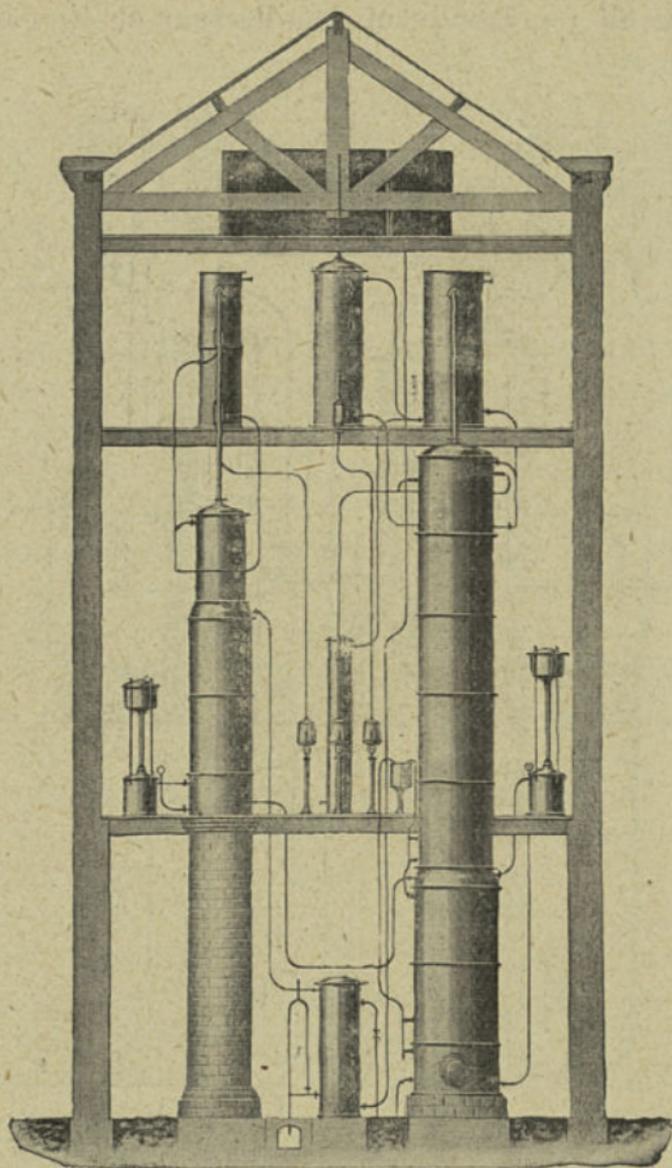


Fig. 83. — Rectificateur continu des flegmes (Pingris).

colonne rectificatrice principale. Suivant ses dimensions, il est susceptible de rectifier en vingt-quatre

heures de 7 à 450 hectolitres d'alcool compté en flegmes à 100 degrés.

La figure 84 représente de même un rectificateur continu de MM. Wauquier et Cie et la figure 85 un

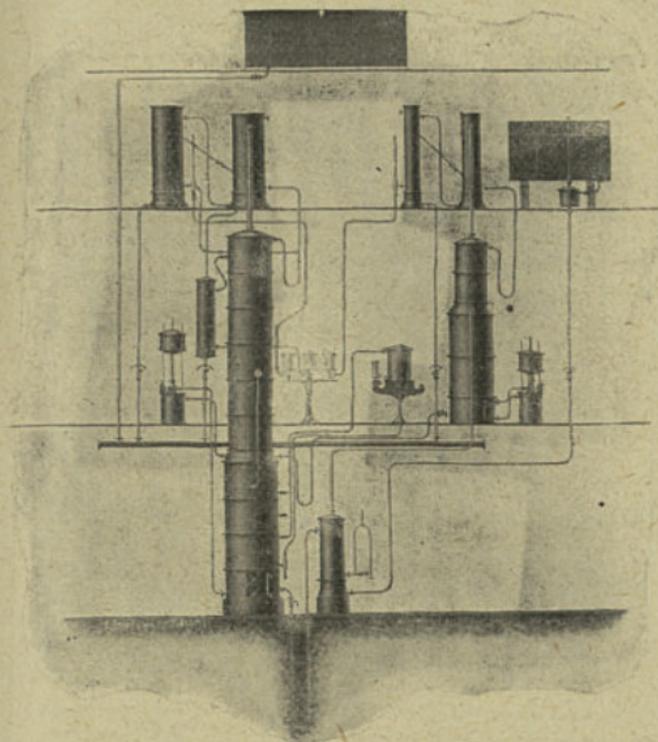


Fig. 84. — Rectificateur continu des flegmes (Wauquier et Cie).

rectificateur continu construit par la maison Mollet-Fontaine. Le fonctionnement de ces appareils se fait, d'après les mêmes principes que les autres rectificateurs continus précédemment décrits.

M. Sorel a appliqué à la rectification continue le principe du réchauffement des reflux que nous avons exposé dans le chapitre consacré à la rectification discontinue. La figure 86 représente l'agencement

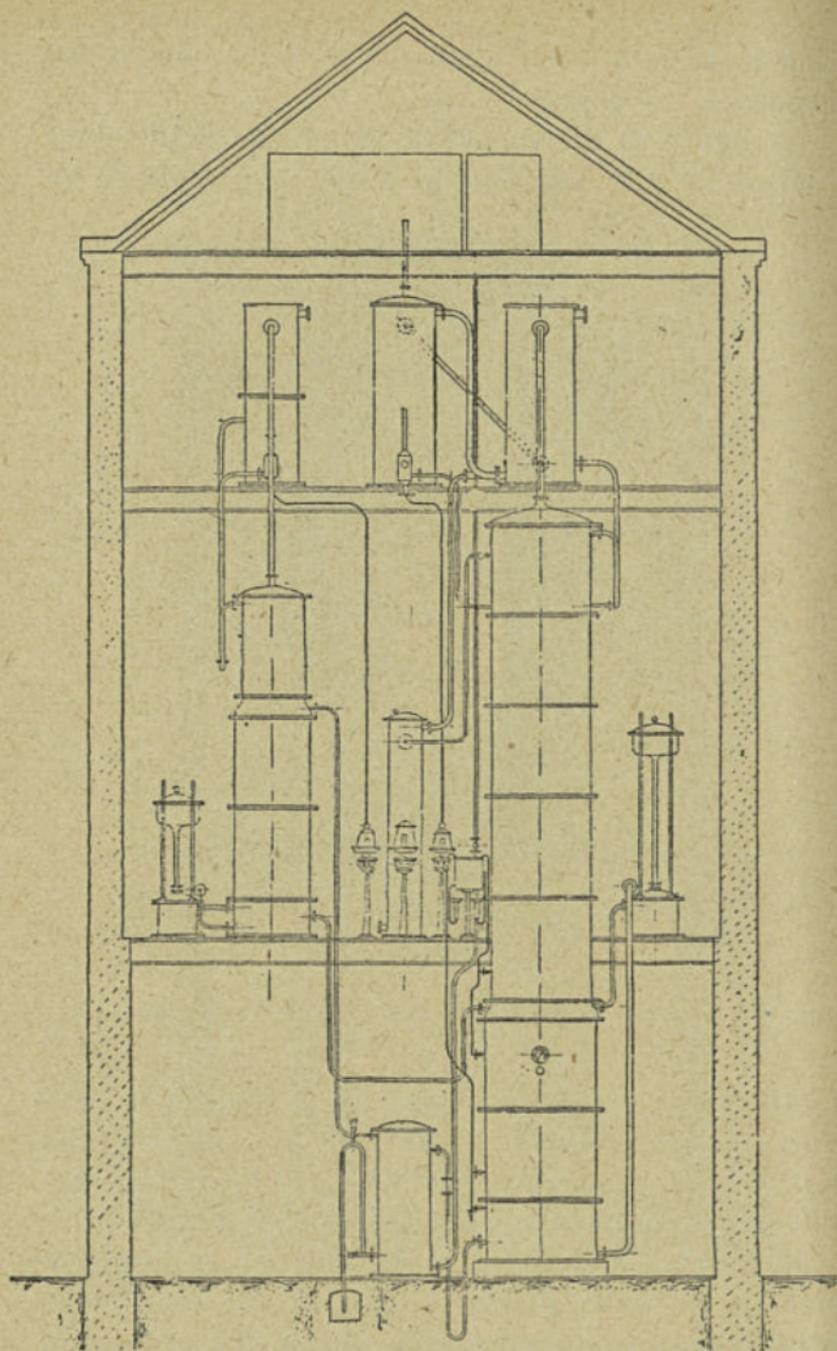


Fig. 85. — Rectificateur continu des flegmes (Mollet-Fontaine et Cie).
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

d'un rectificateur continu avec réchauffement des reflux, par le procédé Sorel.

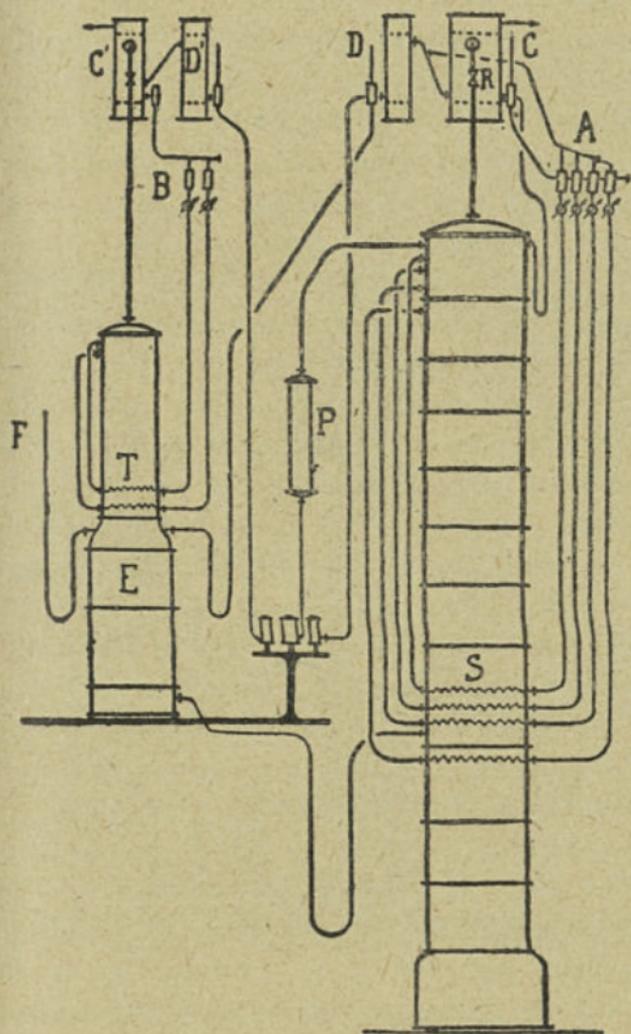


Fig. 86. — Schéma de l'agencement d'un rectificateur continu avec réchauffement des reflux par le procédé Sorel.

L'épurateur est alimenté en flegmes par le tuyau F, la rétrogradation du condenseur C' de l'épurateur vient se réchauffer en T pour remonter ensuite sur les

plateaux du haut de l'épurateur. Sur le tuyau qui se rend de la colonne rectificatrice au condenseur C se trouve une vanne R qui permet de régler l'accès des vapeurs alcooliques au condenseur. Les reflux du condenseur C, répartis en A, vont se réchauffer en S sur les plateaux inférieurs de la colonne rectificatrice et rentrent à l'ébullition dans le haut. Les réfrigérants D et D' condensent les vapeurs qu'on extrait en totalité; le réfrigérant P est celui de l'alcool bon goût. On a ainsi une réelle ébullition dans tous les plateaux; dans l'épurateur, l'absorption partielle de calories pour le réchauffement du reflux permet de refouler l'alcool comme produit de queue, de concentrer les produits volatils dans le haut et de les extraire sous un volume restreint en évitant de les rétrograder dans des reflux considérables. Le flegme épuré contient moins de produits de tête et la rectification fournit un produit encore plus pur.

Rectification continue, système Gazagne. — M. Gazagne construit des rectificateurs continus basés sur les principes précédemment exposés, dans lesquels la régularité de la condensation est obtenue d'une façon tout à fait automatique, grâce à l'emploi du régulateur d'alimentation précédemment décrit et d'un auto-condenseur spécial.

Dans les appareils de rectification, les condenseurs sont soumis en effet à de continuelles variations provenant de l'intensité plus ou moins grande du courant d'eau, de l'entartrage des tubes et de la température de l'eau.

Leur conduite est donc délicate, surtout en rectification continue.

Pour obtenir une plus grande régularité de la condensation, M. Gazagne utilise, dans ses rectificateurs

continus, un auto-condenseur analyseur basé sur le principe du thermo-siphon et utilisant un liquide

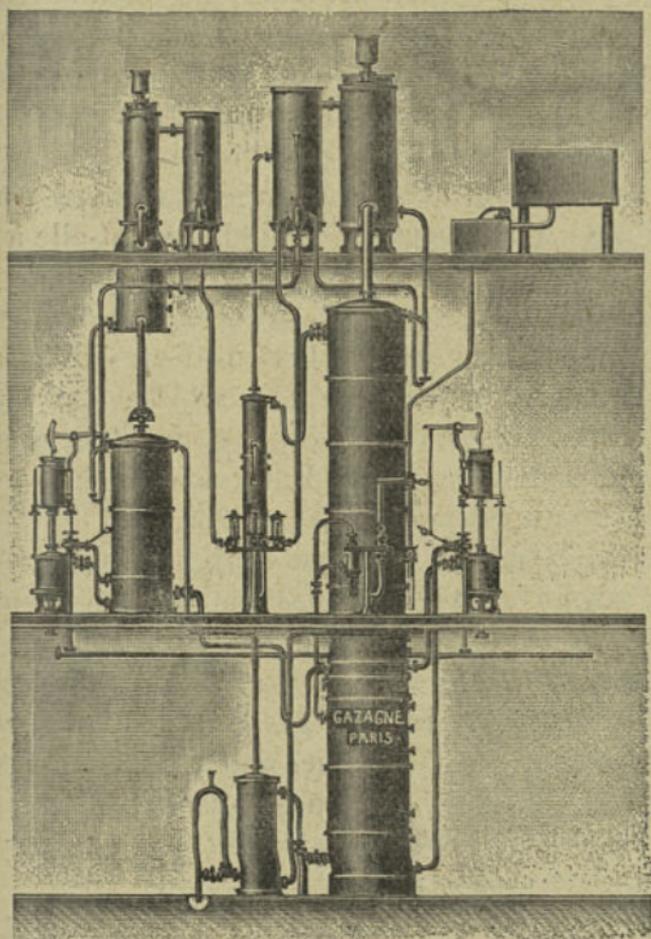


Fig. 87. — Auto-rectificateur continu, type A, système Gazagne. (Gazagne).

condensateur non renouvelé, de l'eau pure dans la plupart des cas.

Il est constitué par deux tubulaires conjugués; l'un formant le condensateur proprement dit, l'autre

le réfrigérant du liquide condensateur qui circule dans la partie intertubulaire.

Contrairement aux condenseurs ordinaires, les vapeurs alcooliques pénètrent à la base et s'élèvent à l'intérieur des tubes. Sous l'influence de la température des vapeurs, un courant circulatoire s'établit dans le liquide condensateur et son intensité se règle avec la vitesse et la température du courant gazeux. La vitesse des vapeurs alcooliques vient-elle à augmenter par suite d'une légère augmentation de pression, aussitôt le courant circulatoire du thermosiphon s'accroît et la condensation devient plus abondante; au contraire, si la vitesse des vapeurs alcooliques vient à diminuer, le courant circulatoire du liquide condensateur diminue d'intensité et la condensation est moindre.

La condensation est ainsi toujours automatiquement proportionnée aux besoins qui résultent des variations de vitesse des vapeurs alcooliques.

D'autre part, le liquide condensateur, circulant autour des tubes, n'étant pas renouvelé et servant indéfiniment, les tubes ne peuvent s'entartrer, le coefficient de transmission des calories reste constant, et la condensation reste parfaitement régulière pour un régime donné.

Par la combinaison du régulateur d'alimentation et du régulateur de pression d'une part et par l'emploi de l'auto-condenseur analyseur d'autre part, toutes causes de perturbation provenant du chauffage, de l'alimentation ou de la condensation, sont évitées, d'après M. Gazagne.

L'auto-condenseur recevant, grâce à l'action combinée du régulateur de pression et du régulateur d'alimentation, une vapeur alcoolique de vitesse et

composition constantes, se trouve dans les meilleures conditions de milieu pour fournir une rétrogradation régulière, et tout l'appareil étant, du chef de ces divers facteurs, maintenu dans un état de stabilité absolue, les diverses impuretés peuvent se concentrer dans les zones immuables et leur classement, ainsi que leur extraction, peuvent s'opérer avec aisance et précision.

D'après M. Gazagne, la proportion de bon goût peut être ainsi augmentée, la dépense de vapeur réduite et l'appareil produit en permanence un alcool excellent, de qualité homogène, pouvant lutter victorieusement, comme pureté et finesse, avec les meilleurs alcools obtenus au rectificateur discontinu.

La figure 87 représente un auto-rectificateur continu, système Gazagne, basé sur ces principes.

En dehors de la combinaison du régulateur d'alimentation, des régulateurs de pression et des auto-condenseurs inentartrables, qui assure la marche automatique et la stabilité rigoureuse, l'emploi d'un épurateur spécial de produits de tête et d'un séparateur continu des huiles permet d'obtenir une épuration excellente, avec production d'alcool extra neutre à 96-97 degrés G. L.

Rectification continue, système Guillaume. — Le rectificateur continu E. Guillaume, type T (fig. 88) comprend : une colonne B pour l'extraction des produits de tête, une colonne B' pour la concentration de ces produits avec son condenseur J ; une colonne de rectification C avec son condenseur K et son réfrigérant des gaz K' ; une colonne d'épuisement E, un récipient accumulateur V intercalé entre la colonne d'épuisement et la colonne de

rectification; un récupérateur de chaleur des eaux résiduaires H; un réfrigérant O des produits condensés; un réfrigérant Q des produits amyliques; un régulateur de vapeur T'; un régulateur d'eau UU'; l'éprouvette X, pour l'alcool bon goût; les éprouvettes *y*, *y'* et *y''* pour les différents alcools mauvais goûts et l'éprouvette *z* pour le contrôle des eaux résiduaires.

Le fonctionnement de cet appareil est le suivant : les flegmes, venant du bac *a*, passent d'abord dans le récupérateur H où ils s'échauffent. Un robinet *f* en règle l'arrivée. La colonne d'épuration B reçoit alors les flegmes qui s'y épuisent en produits de tête; ces produits sont concentrés dans la colonne B' et recueillis à l'éprouvette *y*.

En même temps, en pratiquant dans la colonne d'épuration une dilution du liquide alcoolique à l'endroit convenable, on peut séparer la presque totalité des moyens goûts et une grande partie de produits moins volatils que l'alcool; on reçoit ces moyens goûts, et ces produits de queue à l'éprouvette *y''*. Les flegmes épurés descendent à la partie inférieure de la colonne B et passent de celle-ci dans la colonne d'épuisement E.

Sous l'effet du chauffage par la vapeur provenant du régulateur T', les vapeurs d'alcool passent dans le récipient accumulateur V, puis dans la colonne de rectification C.

Le ballon accumulateur V joue le rôle de régulateur : sa capacité est telle que l'invariabilité de la marche reste assurée quand bien même l'équilibre entre le volume d'alcool introduit dans l'appareil et le volume d'alcool qui en sort serait rompu pendant quelque temps; cet accumulateur emmagasine

donc en quelque sorte les excédents d'alcool qui peuvent se produire dans la colonne et les restitue au

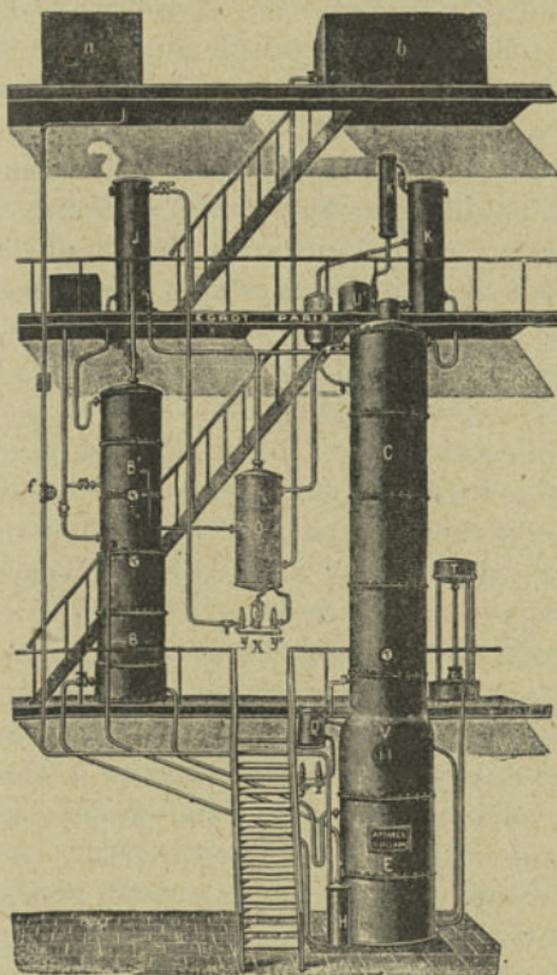


Fig. 88. — Rectificateur continu, système E. Guillaume, type T. (Egrot et Grangé).

moment voulu, ou inversement de façon à assurer la stabilité du régime de l'appareil : en effet, au point où cet accumulateur agit, la richesse alcoolique du liquide peut varier de plusieurs degrés sans qu'il

se produise de perturbations dans la marche de l'appareil.

Les huiles amyliques sont extraites par une prise spéciale aménagée à la partie supérieure du récipient accumulateur; on les reçoit à l'éprouvette *y'*. Le liquide qui a traversé la colonne d'épuisement E est évacué à la partie inférieure à l'état d'eaux résiduelles dépouillées complètement d'alcool.

Les vapeurs alcooliques, complètement débarrassées de tous produits impurs sont concentrées dans la colonne C; on les extrait à la partie supérieure de celle-ci pour les conduire au réfrigérant O et à l'éprouvette des bons goûts X.

Ce rectificateur type T présente certaines simplifications sur le modèle antérieur; en effet, les perfectionnements rapportés à la colonne d'épuration à bas degré ont permis de supprimer certains organes sans nuire à la qualité de l'alcool.

Les produits à point d'ébullition plus élevé que l'alcool étant généralement obtenus, dans les appareils de rectification continue, à un degré inférieur à 90 degrés, il y a intérêt à chercher à obtenir ces produits, d'une façon continue, à ce degré qui permet leur utilisation industrielle. Au rectificateur Guillaume, on peut alors ajouter une colonne spéciale pour la concentration des mauvais goûts; cette colonne reçoit directement les moyens goûts et les produits amyliques sortant de l'appareil principal; elle sépare les huiles de fusel dans un décanteur spécial et concentre l'alcool mauvais goût; une partie de celui-ci rentre dans le rectificateur continu et augmente ainsi la proportion totale obtenue d'alcool bon goût; l'autre partie sort à l'état d'alcool mauvais goût à plus de 90 degrés et peut être

mélangée aux produits de tête qui sont utilisés pour la dénaturation.

L'emploi de cette colonne de concentration spéciale des mauvais goûts augmente de 3 à 4 p. 100 la proportion d'alcool rectifié obtenu dans l'appareil principal.

Rectificateur continu des flegmes système Mariller-Granger. — La figure 89 représente un rectificateur continu simplifié, pour le travail des flegmes, système Mariller-Granger. Les alcools à traiter sont introduits dans un bac A et passent de là dans un bac à flotteur B. Ils traversent ensuite un récupérateur C pour atteindre l'épurateur D dans lequel, par un chauffage réduit, on ne distille que la fraction la plus volatile des produits. Les vapeurs émises traversent les plateaux de concentration E, puis gagnent l'analyseur F et le réfrigérant G. A la sortie de ce réfrigérant on obtient les produits de tête concentrés qu'on recueille à l'une des éprouvettes M. Les flegmes débarrassés des produits de tête passent de la base de l'épurateur D à la colonne H d'épuisement. Cette colonne est une colonne de distillation dont les eaux résiduelles traversent un récupérateur C, pour chauffer les flegmes à travailler et économiser ainsi du combustible. La colonne de rectification IK concentre les vapeurs alcooliques sous l'influence d'une rétrogradation fournie par les condenseurs L et M. On obtient en tête du réfrigérant M un alcool imparfait qui est immédiatement réintégré dans l'épurateur DE. L'alcool pur est prélevé bouillant sur l'un des plateaux supérieurs de la colonne K, puis il est refroidi dans le réfrigérant R et reçu à une des éprouvettes N. Les produits huileux sont extraits par

des prises spéciales sur les plateaux I et sont reçus à deux éprouvettes particulières. Un analyseur J, de

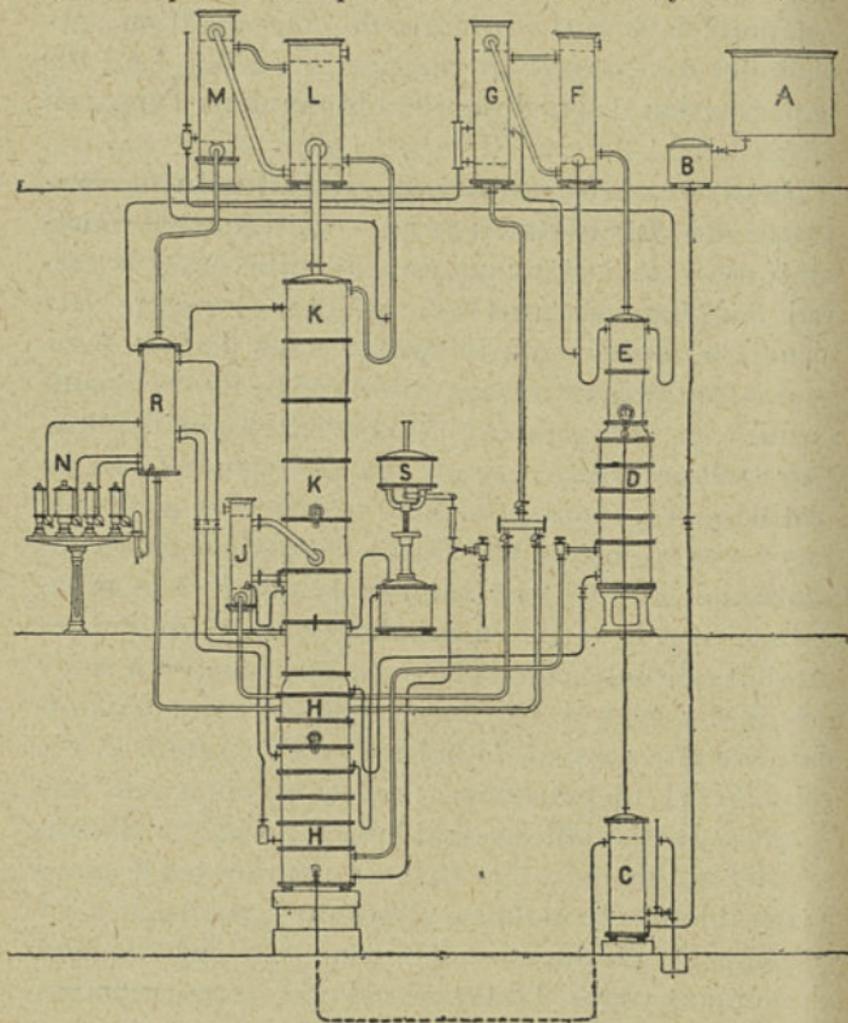


Fig. 89. — Schéma d'un rectificateur continu des flegmes système Marillier-Granger (Granger).

grande puissance, empêche ces produits d'atteindre les plateaux de rectification K.

Un décanteur, du type récipient Florentin, lave les huiles, en sépare des huiles concentrées et fait

rentrer en circuit les eaux alcooliques récupérées.

Dans les appareils système Mariller-Granger, les condenseurs sont remplacés par des analyseurs dans

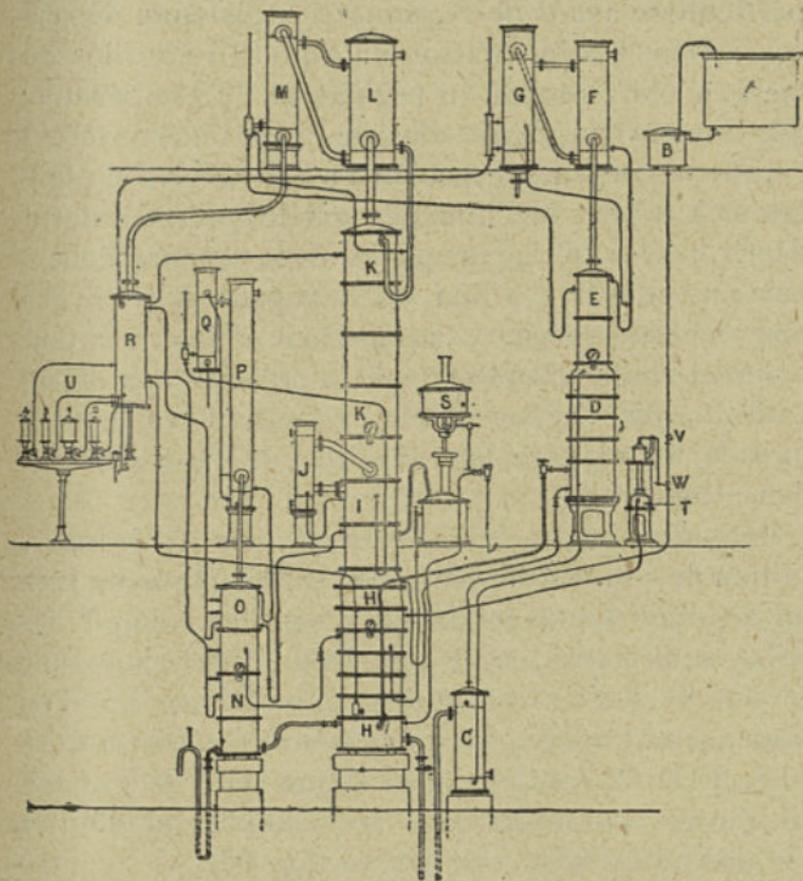


Fig. 90. — Schéma d'un rectificateur continu des flegmes, type G M C (Granger).

lesquels les vapeurs cheminent de bas en haut : elles n'y sont pas condensées brutalement, mais au contraire, grâce à des organes de contact spéciaux, elles sont en réaction méthodique et épurante avec les liquides rétrogradés. Un dispositif spécial est prévu quand il s'agit de produire des alcools extra fins pour

que les produits très souillés des réfrigérants ne viennent pas se mélanger à ceux des condenseurs. Chacun de ces produits est soumis à une épuration particulière avant de regagner les plateaux de concentration. L'alimentation en liquide à rectifier est facilitée par l'emploi du régulateur de température que nous avons décrit dans le chapitre consacré à l'étude des organes des colonnes à distiller. Le régulateur à vapeur à commande axiale, précédemment décrit, assure un réglage parfait de la vapeur d'échappement, et, s'il y a lieu, de la vapeur directe. Des manomètres spéciaux permettent d'avoir à tout moment l'indication exacte de la pression aux divers endroits de l'appareil et permettent en conséquence un réglage très sensible de l'eau de condensation.

Dans certains modèles construits par M. Granger, au lieu de concentrer les huiles sur les plateaux I, ce qui a toujours une tendance à souiller l'alcool, ces huiles sont extraites et rectifiées à part dans une colonne de concentration des huiles ON munie d'un condensateur mixte, dit condenseur de rétention des huiles PQ. On obtient ainsi d'une part de l'alcool qui rentre en circuit dans les plateaux et d'autre part des huiles très concentrées (fig. 90).

MM. Mariller et Granger et MM. Prache et Bouillon ont appliqué aux rectificateurs le système à circuit calorifique fermé, avec condenseur évaporateur et thermo-compresseur, que nous avons étudié à propos des colonnes à distiller. Dans ce cas, un thermo-compresseur prend la vapeur sur le condenseur évaporateur de la colonne de distillation et la refoule dans un ballon d'où elle peut être utilisée pour chauffer l'épurateur et la rectificatrice.

Dépense de vapeur des rectificateurs continus. — Dans des essais pratiques effectués par M. Barbet chez M. Dantu-Dambricourt à Steene, avec la collaboration de M. Barbion, on a trouvé, pour un rectificateur continu système Barbet, une dépense de 197 kg. 6 de vapeur pour 100 litres de flegme à 100 d. entrant dans le rectificateur. Ce chiffre correspond donc environ à la moitié de celui que nous avons cité plus haut pour le rectificateur discontinu.

En soumettant la question au calcul, on trouve que la dépense pour la rectification proprement dite est de 210 kilogrammes de vapeur environ par hectolitre d'alcool pasteurisé recueilli et de 250 kilogrammes par hectolitre d'alcool pasteurisé vendu. A ce chiffre, il faut ajouter la dépense de vapeur à l'épurateur : cette dépense est variable suivant la perfection qu'on veut atteindre dans l'élimination des impuretés de tête. M. Barbet compte une dépense de 6 kilogrammes environ par hectolitre d'alcool absolu introduit dans l'appareil, ce qui est insignifiant.

On peut donc conclure que la rectification continue dépense environ la moitié de ce que consomme la rectification discontinue. Cette économie de vapeur provient surtout de la suppression des périodes de mauvais et moyens goûts, de la suppression du repassage des moyens goûts et de la récupération de la chaleur des vinasses pour échauffer les flegmes qui entrent. En outre, la chaudière qui n'existe plus dans l'appareil continu n'est plus une cause de perte par rayonnement.

Freinte à la rectification. — Il se produit pendant la rectification des pertes en alcool encore assez mal expliquées. D'après M. Barbet, les freintes

ordinaires sont dues au système de rectification ; car dans la rectification continue, on ne constate pas plus de 1 p. 100 de freinte, comprenant la perte par la pompe à flegmes et l'évaporation dans les bacs d'aspiration et de refoulement de cette pompe. Donc le rectificateur continu ne détruit pas d'alcool. Au contraire, dans le rectificateur discontinu, le flegme se trouve en contact direct, pendant trente-six à quarante-huit heures, avec le serpentín de chauffage, et il se produit ainsi une surchauffe qui doit être la cause principale de la destruction de l'alcool et de la freinte au discontinu. Il y a en outre des pertes dans les eaux résiduaires, car l'épuisement complet de la chaudière coûte beaucoup de vapeur et dans les systèmes ordinaires ce qui reste sur les plateaux est perdu.

D'autre part, M. Sorel estime que les erreurs d'alcoométrie suffisent en grande partie pour expliquer les pertes à la rectification. Quand l'alcoomètre marque 0 d. dans le liquide qui distille, le degré est faussé par la présence d'alcool amylique et l'alcoomètre donne une indication trop faible.

La théorie de M. Barbet nous paraît plus rationnelle, car une erreur de lecture, même assez forte, faite à la fin de l'opération, ne porte que sur une proportion relativement faible des produits et ne peut conduire qu'à une erreur très minime sur la totalité de l'opération, et bien inférieure aux pertes observées. Il paraît beaucoup plus probable que l'alcool peut être détruit, ou entrer en réaction avec les autres corps en présence, en raison du chauffage brutal par le serpentín. M. Barbet a constaté, en effet, que plus le flegme est impur, plus il y a de freinte, ce qui s'explique par l'abondance plus grande

de ces réactions intérieures. En outre, les appareils munis de serpentins de chauffage par la vapeur d'échappement, dont la température est moins élevée, donnent une freinte moins considérable que les appareils munis de serpentins de chauffage par vapeur directe.

Cette dernière observation est tout à fait juste, et M. Vasseux a pu réduire la freinte des rectificateurs discontinus en supprimant les serpentins de chauffage par la vapeur directe et en les remplaçant par des tubulaires chauffés par de la vapeur à faible pression ; on crée ainsi un mouvement très actif du liquide, de manière à éviter la surchauffe et la destruction de l'alcool.

Dans la rectification continue, où l'alcool passe rapidement et où le chauffage par barbotage ne s'opère que dans un endroit épuisé, où il n'y a pas d'alcool, il n'y a aucune destruction possible ; la freinte de rectification est très faible et ne correspond qu'aux transvasements divers qui ne vont jamais sans une certaine évaporation.

Avantages de la rectification continue. —

Nous avons vu, par ce qui précède, les nombreux avantages que présente la rectification continue et qui sont principalement l'obtention de 90 à 94 p. 100 d'alcool bon goût en une seule opération, la suppression des moyens goûts, la grande économie de combustible, la facilité de conduite, la stabilité complète du degré de l'alcool bon goût coulant à l'éprouvette et la suppression de la freinte de la rectification. La principale objection qui a été faite à la rectification continue est relative à la pureté de l'alcool produit. Les adversaires de la rectification continue lui reprochent de donner une épuration imparfaite et

de livrer de l'alcool bon goût notablement inférieur à celui du discontinu. M. Barbet, qui a fait l'étude théorique de l'action de la rectification discontinue et de la rectification continue sur les diverses impuretés du flegme, a montré cependant que, pour les produits de tête notamment, dont la valeur de K' est comprise entre 1 et 2, la purification est lente et incomplète avec le rectificateur discontinu, et intégrale soit avec l'épuration continue, soit avec la pasteurisation en rectification continue. Ces résultats sont confirmés par des expériences de M. Mohler sur la rectification discontinue d'un flegme de mélasses. En conduisant la rectification lentement et avec le plus grand soin, avec un fractionnement de 80 p. 100 de surfin et d'extra-fin, M. Molher a obtenu, par l'analyse de ces produits de bon goût, une proportion de produits de tête qui s'élève encore au huitième des impuretés primitives de tête. Il semble donc que l'élimination de ces impuretés ne soit pas aussi parfaite qu'on le pense dans la rectification discontinue. Nous manquons malheureusement d'un travail analogue sur la rectification continue, mais il est certain que beaucoup de distillateurs, qui ont adopté aujourd'hui les rectificateurs continus, parfaitement au point, que nous avons décrits, produisent avec leurs appareils des alcools de cœur dont la pureté et la finesse sont égales à celles des alcools fournis par les rectificateurs discontinus.

On a reproché aussi au rectificateur continu son instabilité et la surveillance excessive qu'il nécessite de la part de l'ouvrier, si l'on veut obtenir de très bons produits. Il n'est pas toujours facile en effet de parer au moment voulu aux perturbations multiples et aux déplacements des zones d'impuretés qui se

produisent par suite des variations provenant de l'alimentation, du chauffage ou de la condensation. Nous avons cependant vu plus haut que certains perfectionnements permettent de rendre la marche des rectificateurs continus tout à fait régulière et automatique.

V. — APPAREILS DE DISTILLATION RECTIFICATION

On a cherché pendant longtemps à produire directement de l'alcool rectifié en partant des jus fermentés. Cette question a été mise au point, aujourd'hui, par plusieurs méthodes différentes.

Dans une première méthode, le fractionnement se fait dans la distillation même du vin, substitué au flegme, et cette méthode constitue en quelque sorte l'extension du rectificateur continu des flegmes au traitement de flegmes très dilués représentés par les vins à rectifier. C'est la rectification continue directe de M. Barbet.

Dans une seconde méthode, on produit dans une colonne des vapeurs alcooliques brutes qu'on épure ensuite d'une façon continue: c'est la distillation-rectification directe de M. Guillaume, la rectification continue directe de M. Crépelle-Fontaine et la rectification continue indirecte de M. Barbet, etc. En effet, d'après M. Barbet, solidariser une colonne à distiller avec un rectificateur continu des flegmes, n'est pas faire de la rectification continue directe, mais indirecte. Le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas d'entrer dans les détails des polémiques et des critiques soulevées par les inventeurs des

divers systèmes, et nous nous bornerons, dans ce qui va suivre, au simple rôle de rapporteur, en décrivant le fonctionnement de quelques-uns de ces appareils et en donnant les conclusions sur leurs avantages respectifs.

Rectification continue directe, système Barbet. — Les mêmes principes qui ont permis à M. Barbet de réaliser la rectification continue des flegmes sont applicables, d'après lui, à la rectification continue directe des vins, car ceux-ci ne sont que des flegmes extrêmement dilués. L'opération de la rectification directe des vins demande naturellement des plateaux d'une grande puissance. M. Barbet emploie ses plateaux à calottes peignes, que nous avons décrits précédemment, et qui donnent à la vapeur de barbotage une très grande surface d'action. La grande dilution exige des dimensions spéciales des parties dans lesquelles circule le vin; les zones de concentration des produits de queue sont légèrement déplacées, mais le principe reste identique.

La figure 91 représente un rectificateur continu direct de M. Barbet, type perfectionné B 1910. Dans cet appareil, l'épurateur est superposé aux tronçons d'épuisement du vin épuré. Le vin est chauffé dans le récupérateur F, puis dans le chauffeur A et entre à l'épurateur. Les têtes sortent de l'éprouvette de réglage D. Le vin épuré descend dans les plateaux d'épuisement par le tuyau 6-7. Les vapeurs alcooliques traversent les plateaux de concentration des queues, vont au chauffeur A et de là à la rectificatrice. Le non-pasteurisé, sortant du réfrigérant H, rentre par le tuyau 15 à l'épurateur. Le pasteurisé, refroidi en K, sort par l'éprouvette J. Quant à l'éprouvette I, elle permet d'extraire si on veut le non-pasteurisé au

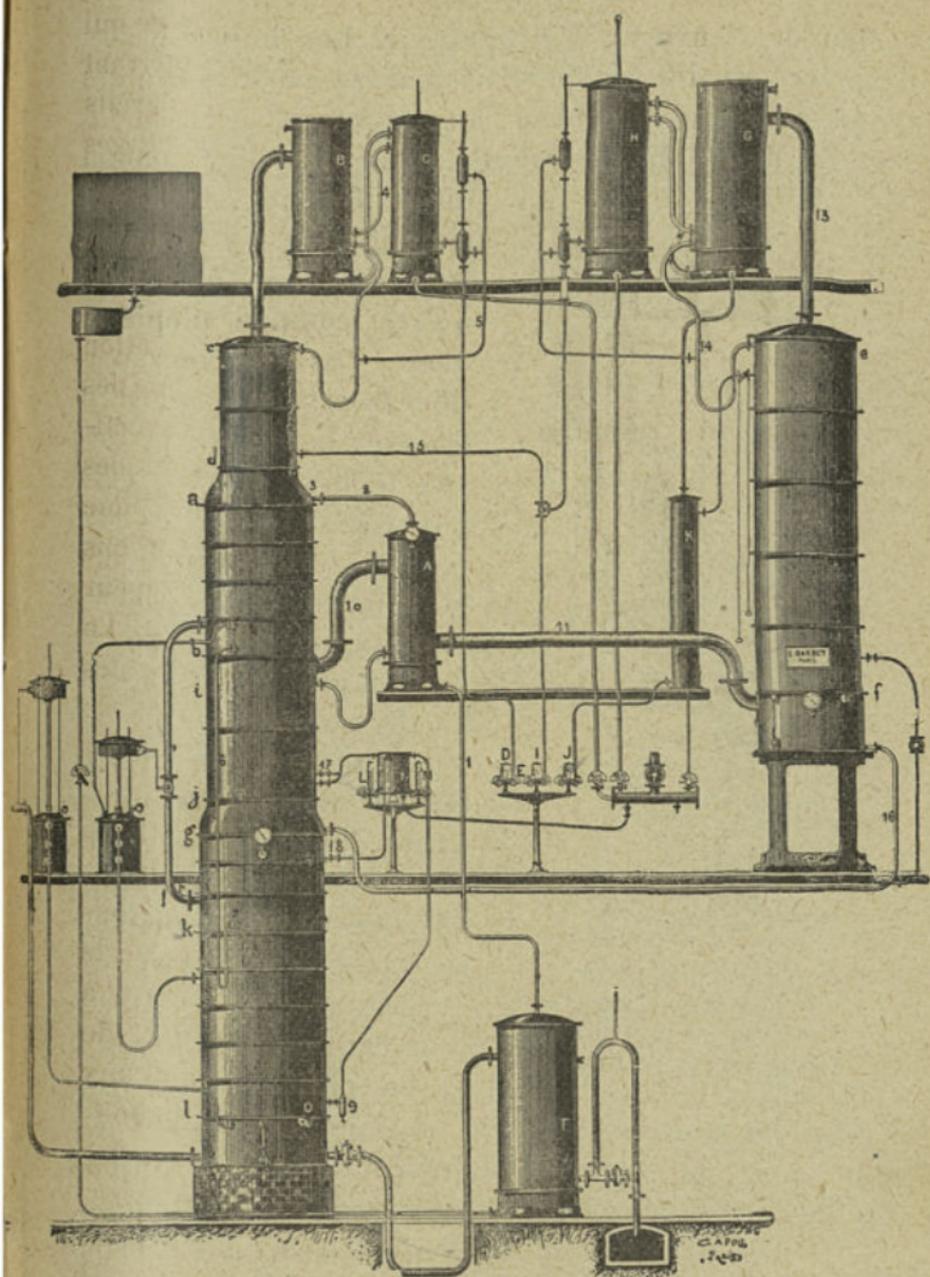


Fig. 91. — Rectificateur continu direct, système Barbet, type perfectionné B 1910 (Barbet et Cie).

lieu de l'envoyer à l'épurateur. Les huiles basses sortent en 18, les queues solubles en 17 et après refroidissement coulent aux éprouvettes L. M.

La figure 92 représente un rectificateur continu

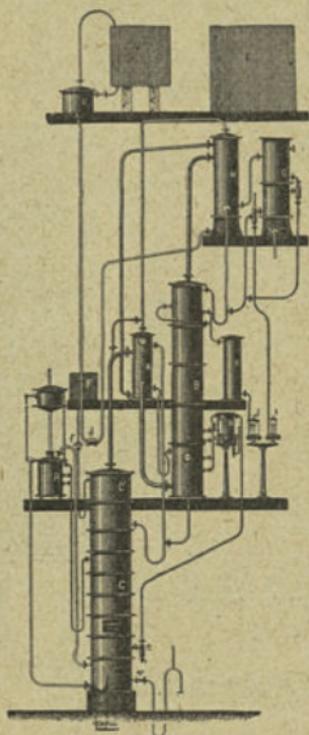


Fig. 92. — Rectificateur continu direct des vins, système Barbet type BS simplifié (Barbet et Cie).

direct Barbet, type BS simplifié. Il n'y a qu'un seul chauffage, à la base de la *colonne d'épuisement*. Les tronçons rectificateurs se chargent d'élever le degré de l'alcool à 96-97 degrés, d'éliminer dans les parties basses les huiles amyliques et d'extraire par pasteurisation automatique à haut degré les impuretés aldéhydiques de tête.

Rectification continue indirecte des vins système Barbet.

— Dans cet appareil (fig. 93), une colonne à distiller à bas degré se trouve solidarisée avec un rectificateur continu des flegmes, et on obtient ainsi d'un

seul jet l'alcool extra-fin rectifié sans envoi des flegmes aux réservoirs intermédiaires. On supprime donc, avec cette combinaison, les bacs à flegmes, la pompe pour remonter le flegme en charge sur l'épurateur; le flegme n'est pas refroidi inutilement, et passe tout bouillant dans l'épurateur. Enfin, dans les pays soumis au régime du compteur, cet appa-

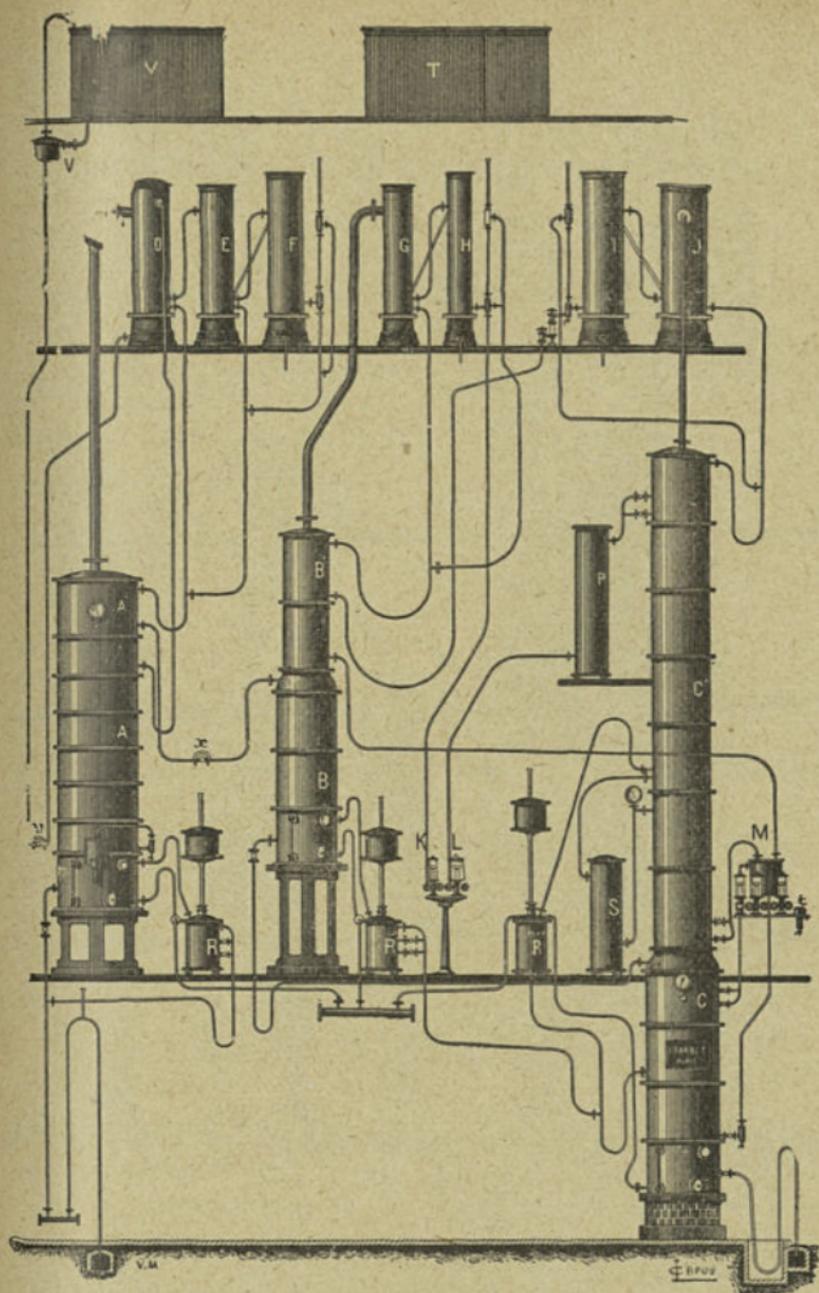


Fig. 93. — Rectification continue indirecte des vins, système Barbet type DA 1904 (Barbet et Cie).

reil permet de mettre les compteurs à la sortie des produits rectifiés; donc les freintes ou pertes, si faibles soient-elles, sont exemptées de l'impôt.

Les vapeurs de vin s'épuisent totalement dans une

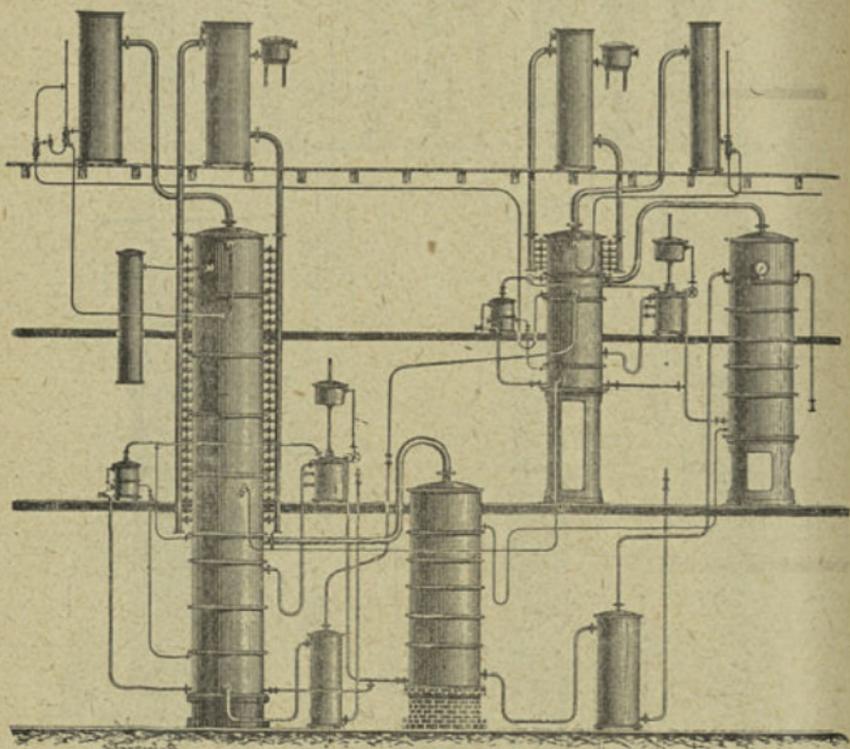


Fig. 94. — Appareil de rectification continue travaillant à volonté les flegmes ou directement les moûts fermentés (Barbet et Cie, constructeurs, à Paris).

première colonne A, dont les plateaux sont à calottes peignes. Le vin, contenu dans le bac V passe par le régulateur d'alimentation V' et par le robinet sensible *v*. Il remonte au chauffe-vin D, puis redescend à la colonne A. Les vapeurs qui se dégagent du vin traversent trois ou quatre plateaux destinés non pas à concentrer le flegme, mais à le pasteuriser au

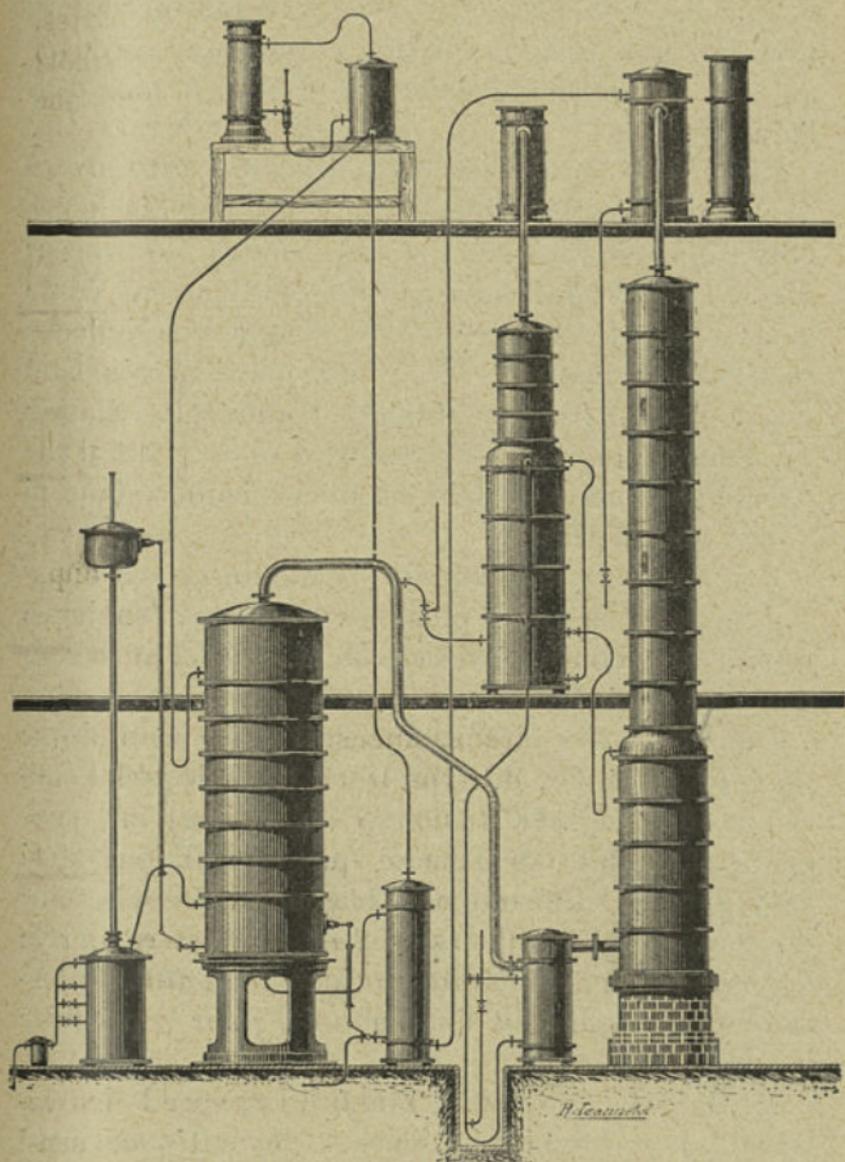


Fig. 95. — Appareil de rectification continue directe des vins par multiple effet (Barbet et Cie).

retour des tubulaires D, E, F. Le flegme perd ainsi tous les gaz de fermentation et quelques produits de tête légers qui se dissipent avec les gaz dans l'air.

Le flegme épuré par pasteurisation est envoyé dans une seconde colonne où il est soumis à une épuration complémentaire au moyen de vapeur vierge. Le produit ainsi obtenu, doublement épuré en produits de tête, est envoyé dans une colonne rectificatrice complète où il est porté à très haut degré et où se parfait l'affinage. Il en résulte, d'après M. Barbet, que l'alcool pasteurisé obtenu est d'une pureté absolue et ne possède plus aucune odeur ni aucun goût d'origine.

Grâce à des combinaisons particulières, cet appareil ne dépense guère plus de vapeur que l'ancienne rectification continue directe de M. Barbet et sa conduite est aussi facile.

Dans bien des circonstances, il suffit d'employer un type simplifié, dit type DAS, dans lequel l'épurateur de flegmes (colonne du milieu) est supprimé. La qualité de l'alcool que l'on obtient ainsi est jugée très suffisante pour la généralité des besoins du commerce. D'ailleurs, s'il est nécessaire par la suite de relever la qualité de l'alcool, il suffit d'intercaler dans l'appareil l'épurateur B pour reproduire le type DA complet.

M. Barbet a également établi un appareil de rectification continue qui permet de pratiquer aussi bien la rectification directe des vins que celle des flegmes suivant les besoins du distillateur. Cet appareil est représenté par la figure 94. Par la manœuvre de quelques vannes, un certain nombre des organes peuvent être mis hors circuit et l'appareil se trouve

transformé en rectificateur continu des flegmes. Ce système qui permet de réaliser une grande économie de vapeur, assure la production d'un alcool très fin, aussi bien par rectification directe des vins que par rectification directe des flegmes.

Le travail à multiple effet, que nous avons signalé à propos de la distillation, peut être appliqué à la distillation rectification directe. L'appareil représenté par la figure 95 et construit par la maison Barbet est basée sur ce principe; il permet une notable économie de vapeur. Lorsqu'on traite avec cet appareil des vins d'aéroleuvre à 2 degrés et au-dessous, on dispose d'un excédent de calories qui peuvent être utilisées à une distillation complémentaire.

Distillation-rectification directe, système Guillaume. — Dans le système Guillaume, on produit dans une colonne à distiller un flegme brut qu'on soumet ensuite à l'épuration continue. Les appareils de M. Guillaume sont de plusieurs types : nous décrirons ici notamment le type C, dit agricole, et le type A.

L'appareil Guillaume type C (fig. 96) se compose dans son ensemble de la colonne à distiller inclinée A, de la colonne de concentration C, et de la colonne d'épuration finale à haut degré D. La colonne A peut être soit la colonne inclinée de Guillaume, soit une colonne quelconque à plateaux; mais il n'est pas possible, dans ce dernier cas, d'y faire revenir la rétrogradation de la colonne de rectification C, à cause de la grande hauteur que nécessiterait le bâtiment de la distillerie, et il faut prévoir dans ce cas la colonne spéciale d'épuisement pour cette rétrogradation, colonne que nous avons décrite en étu-

diant le rectificateur continu de M. Guillaume (voyez figure 88, lettre E). Les vapeurs alcooliques brutes émises par la colonne se rendent dans la colonne de concentration C, munie du récipient accumulateur V, dont nous avons étudié le rôle à propos du rectificateur continu Guillaume. Cette colonne est surmontée de ses condenseurs K et I. On y opère la séparation des produits de tête, de queue et des huiles, qui coulent d'une façon continue aux éprouvettes Y, Y¹, Y². Le récipient accumulateur, rempli du liquide de rétrogradation de la colonne de rectification, assure la régularité de marche et la stabilité du fonctionnement. Enfin la colonne d'épuration finale D soumet l'alcool achevé à une véritable redistillation partielle qui en extrait les dernières traces de produits de tête : après refroidissement en O, l'alcool pur coule dans l'éprouvette X. Toutes ces opérations se font automatiquement, le chauffage et le refroidissement se règlent d'eux-mêmes, par le régulateur de vapeur à régime variable S et le régulateur d'eau U. Cet appareil produit des alcools rectifiés de bonne qualité courante à 96-97 d., en une seule opération, dans la proportion d'environ 90 p. 100 de tout l'alcool produit, et avec une freinte de rectification inférieure à 1 p. 100.

Dans l'appareil représenté par la figure 96, *a* est le bac à vin, *b* le bac à eau froide, *e* le robinet d'alimentation d'eau, I le chauffe-vin, K le condenseur, K' le réfrigérant des gaz, *n* le thalpotassimètre de distillation, O le réfrigérant des bons goûts et des produits de tête, Q le réfrigérant des produits de queue, R l'extracteur des vinasses, *s* le robinet et le tuyau de conduite des flegmasses à la colonne à distiller, *u* le robinet d'extraction des produits intermédiaires,

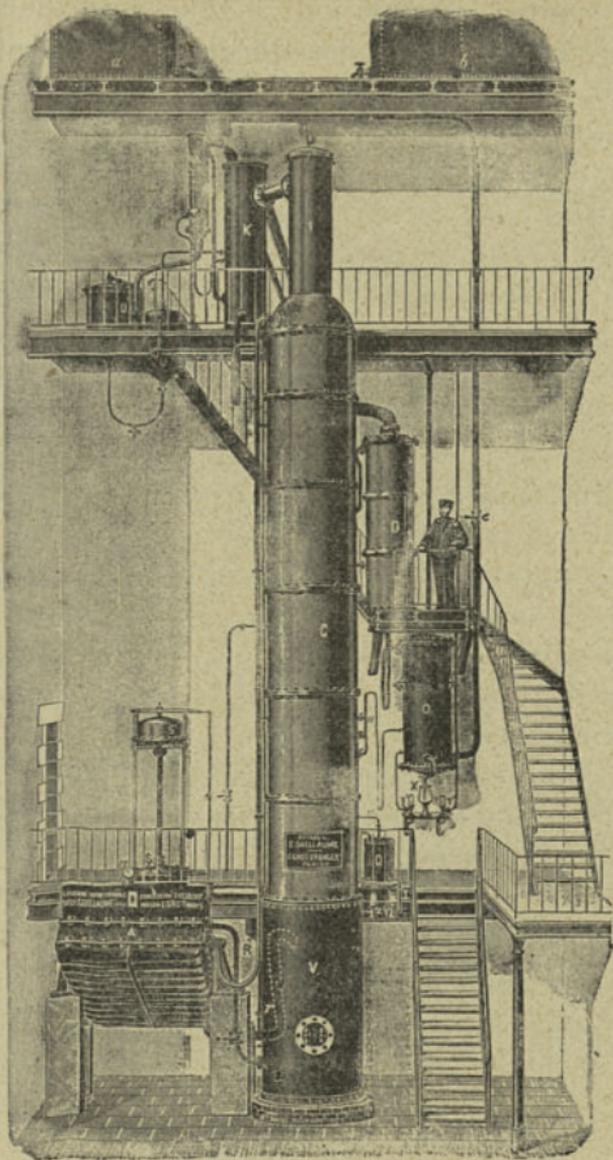


Fig. 96. — Appareil de distillation-rectification directe, système Guillaume, type C, agricole (Egrot et Grangé).

v le robinet d'extraction des produits de queue.

Pour la production des alcools de très haute qualité, M. Guillaume a établi un autre type d'appareil de distillation directe, type A, représenté par la figure 97.

La disposition générale de cet appareil est sensiblement différente de celle de l'appareil précédent.

A la sortie de la colonne à distiller A, les vapeurs alcooliques brutes se rendent dans une colonne d'épuration BB'. La majeure partie des produits à point d'ébullition plus élevé que l'alcool est extraite au bas de la colonne B' tandis que les produits de têtes sont concentrés dans la partie supérieure et extraits des condenseurs I et J. Toute la partie B de cet épurateur placée au-dessous de l'arrivée de vapeur de la colonne distillatoire complète l'épuration en produits de tête et de queue par une véritable redistillation partielle de la rétrogradation de la partie B'.

Les liquides alcooliques épurés vont ensuite à la colonne rectificatrice proprement dite C et au récipient accumulateur V. On achève d'y enlever les produits de queue et, à la partie supérieure, l'alcool concentré est envoyé au réfrigérant d'alcool O. Les régulateurs automatiques d'eau et de vapeur, système Guillaume, auquel se joint l'action du récipient accumulateur, qui agit comme un volant, assurent à tout l'ensemble une fixité de marche absolue. En outre, la disposition particulière des condenseurs et réfrigérants des gaz assure une meilleure analyse des vapeurs alcooliques et la rentrée très chaude de la rétrogradation dans la colonne rectificatrice.

Dans l'appareil représenté par la figure 97, *a* est

le bac à vin, *b* le bac à eau, *e* le robinet d'alimentation d'eau, I, le chauffe-vin, J le condenseur, J' le

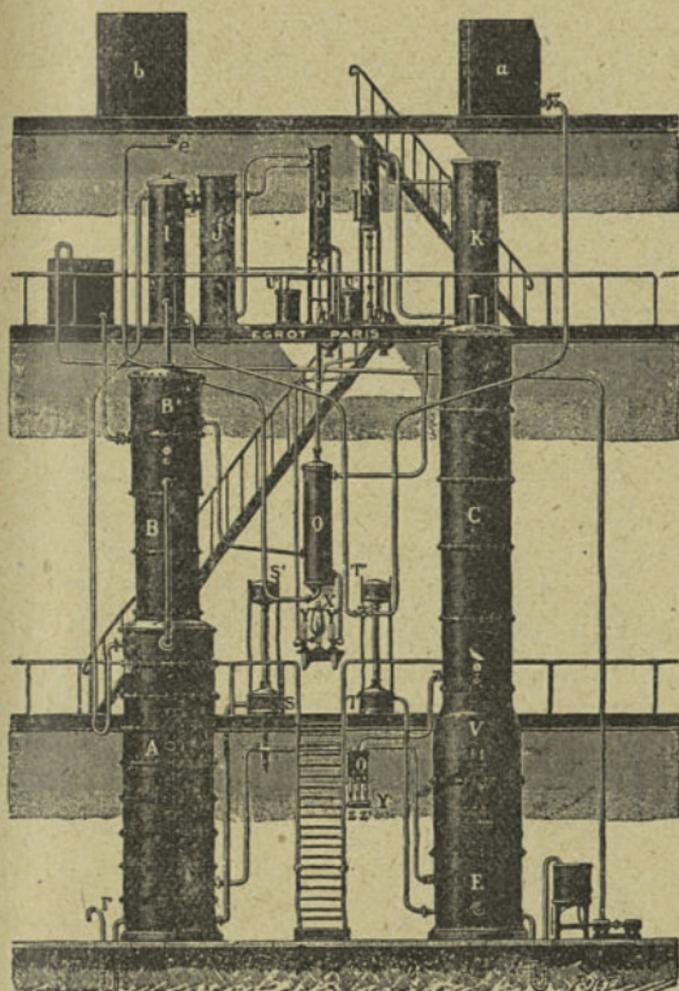


Fig. 97. — Appareil de distillation-rectification directe, système E. Guillaume, type A (simplifié), avec colonne à distiller à plateaux (Egrot et Grangé).

réfrigérant des gaz de la colonne d'épuration à bas degré, K le condenseur de la colonne de rectification, O le réfrigérant de l'alcool bon goût, Q le réfrigérant des produits amyliques, S'T' les régulateurs de

vapeur pour le chauffage des colonnes de distillation et d'épuisement, UU', les régulateurs d'eau pour les condenseurs des colonnes d'épuration et de rectification, V le récipient accumulateur, X l'éprouvette des bons goûts, Y l'éprouvette des produits de tête, Y' l'éprouvette des produits amyliques, Y'' l'éprouvette des moyens goûts, ZZ' les éprouvettes de vérification de l'épuisement des vinasses et des eaux résiduaires.

L'appareil de distillation-rectification système Guillaume, type A, est une simplification de son type B industriel employé précédemment; en effet, comme pour le rectificateur continu Guillaume, type T, les perfectionnements apportés à la colonne d'épuration, principalement par l'emploi de la dilution ont permis de supprimer certains organes sans nuire à la qualité de l'alcool.

Rectificateur continu direct des vins, de M. Crépelle-Fontaine. — Cet appareil, représenté par la figure 98 se compose d'abord d'une colonne de distillation dans laquelle le vin, préalablement chauffé par un chauffe-vin, est distillé et complètement épuisé. Les vapeurs alcooliques sont ensuite conduites dans un réfrigérant qui les condense en totalité. L'alcool ainsi obtenu est dirigé par un réglage spécial dans le rectificateur proprement dit. D'après M. Crépelle-Fontaine, cette disposition permet de laisser dégager les gaz avant d'introduire les liquides dans le rectificateur, ce qui donne un alcool de meilleure qualité et un fonctionnement plus régulier de l'appareil. Le flegme produit est réchauffé dans un récupérateur de chaleur, avant son entrée dans l'épurateur, par la vinasse épuisée et chaude sortant du rectificateur

proprement dit. Le flegme échauffé est introduit dans l'épurateur continu qui le débarrasse des pro-

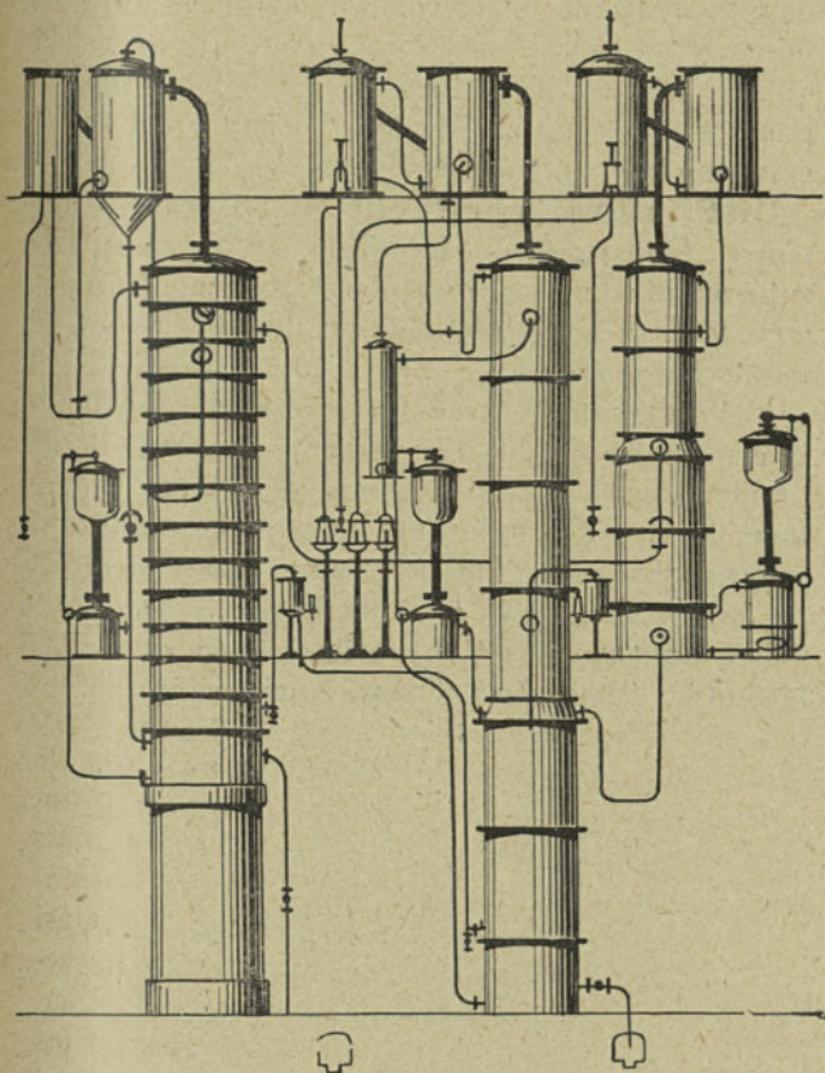


Fig. 98. — Rectificateur continu direct des vins
(Crépelle-Fontaine).

duits de tête, et l'opération de la rectification s'effectue et se termine comme dans la rectification continue précédemment étudiée.

Par suite de sa disposition même, l'appareil ne dépense pas beaucoup moins de combustible que les deux opérations de distillation et de rectification faites séparément, mais on a l'avantage de n'avoir qu'un seul appareil à conduire, et de supprimer les pompes et les bacs à flegmes. En outre, la freinte est complètement supprimée.

Distillation rectification directe, système Gazagne. — La figure 99 représente un auto-rectificateur continu direct, système Gazagne, pour la distillation-rectification directe des vins et moûts fermentés.

L'élimination des produits de tête et des produits intermédiaires se fait directement sur le vin, donc à très bas degré, et la disposition spéciale de l'épuration permet de régler exactement la quantité de vapeurs chargées d'impuretés à envoyer à la colonne de concentration des produits de tête, de manière à éviter toute condensation inutile et à concentrer facilement les éthers. Les vapeurs épurées de la distillation se rendent directement à la rectificatrice, sans subir une condensation intermédiaire totale ou partielle. L'extraction des produits de queue se fait sous forme très concentrée à la base de la rectificatrice.

Cet appareil est muni de tous les organes de régulation et des auto-condenseurs analyseurs, système Gazagne, que nous avons déjà décrits. Il permet d'obtenir des alcools extra-neutres à 96-97 degrés G. L.

La figure 100 représente l'appareil de distillation rectification directe, type D, du même constructeur. Cet appareil a été spécialement étudié pour servir à des usages multiples. Il peut en effet être utilisé à

volonté soit comme appareil de distillation-rectification directe, soit comme rectificateur continu des flegmes ou eaux-de-vie. Il peut même, grâce à un

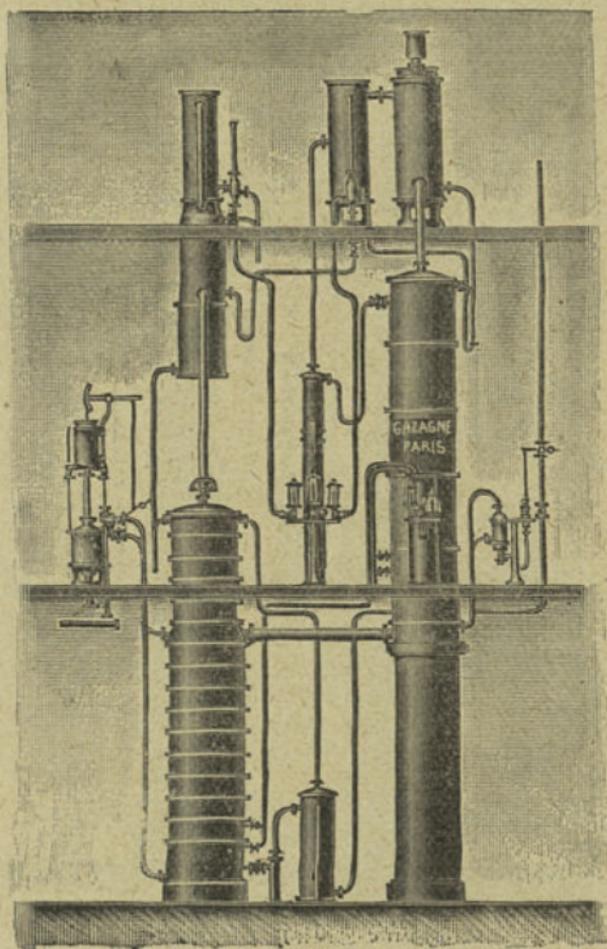


Fig. 99. — Auto-rectificateur continu direct, type C, système Gazagne (Gazagne).

agencement particulier, produire simultanément de l'eau-de-vie, des trois six et de l'alcool rectifié et satisfaire ainsi toutes les exigences commerciales, ce qui est intéressant pour les régions vinicoles et dans

les rhummeries. L'appareil type D est en quelque sorte la combinaison d'une colonne de distillation avec un rectificateur continu type A. Comme celui-

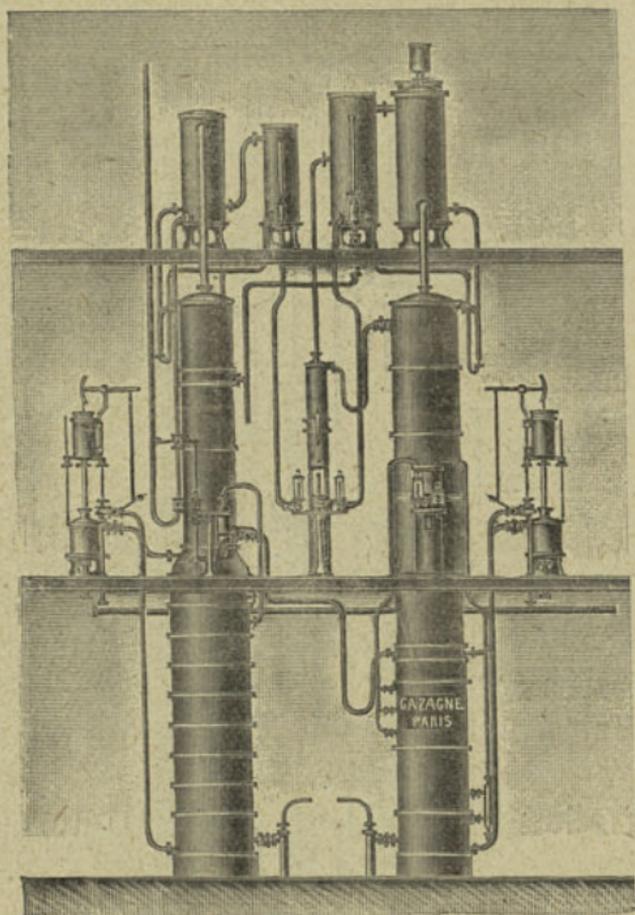


Fig. 100. — Appareil de distillation rectification directe, type D, système Gazagne (Gazagne).

ci, il possède les organes de régulation automatique et les auto-condenseurs analyseurs, système Gazagne et il diffère de l'auto-rectificateur continu direct, type C précédent, par le fait que la colonne de rectification est alimentée en flegmes liquides ayant subi

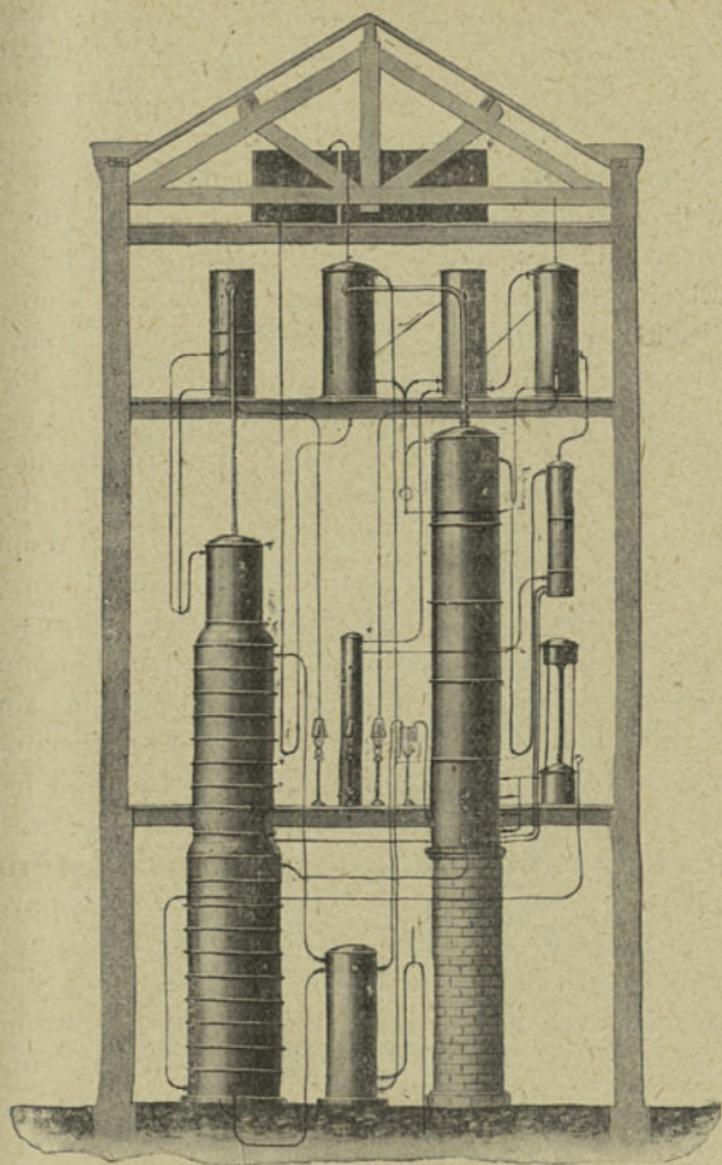


Fig. 101. — Appareil de distillation rectification directe des moûts fermentés (Pingris).

une double épuration. Ce dispositif donne, entre autres avantages, la possibilité de faire subir aux flegmes, pendant leur passage dans l'épurateur, un traitement chimique approprié.

Distillation - rectification directe, système Pingris. — La figure 101 représente un appareil de distillation-rectification directe des mouts fermentés, système Pingris. Comme dans la rectification continue directe de M. Barbet, l'appareil fonctionne comme un rectificateur continu des flegmes, auquel on a adjoint un tronçon réservé à la distillation. Le vin fermenté, qui n'est qu'un flegme très impur et à bas degré est d'abord débarassé de ses produits de tête dans la colonne d'épuration, puis descend la colonne d'épuisement.

Les vapeurs alcooliques se concentrent dans la colonne rectificatrice, où s'opère en outre la séparation des produits de queue. Ces appareils sont construits sous 21 numéros différents, correspondant à un traitement par 24 heures de 14 à 450 hectolitres d'alcool comptés en flegmes à 100 degrés.

Rectification continue des vins, système Wauquier. — La figure 102 représente l'appareil de rectification continue des vins, construit par la maison Wauquier. Une colonne à bas degré y est solidarisée avec un rectificateur continu des flegmes qui épure l'alcool fourni par la colonne. Le fonctionnement est le même que celui des appareils du même type précédemment décrits.

Rectification continue des vins, système Mollet-Fontaine. — La maison Mollet-Fontaine construit des rectificateurs continus directs des vins dont un type est représenté par la figure 103.

L'appareil comprend une colonne d'épuration A,

surmontée d'un tronçon B pour la concentration des éthers, une colonne de distillation surmontée de la colonne de rectification D. Au-dessus de l'épurateur se trouvent le condenseur E de l'épurateur et le réfri-

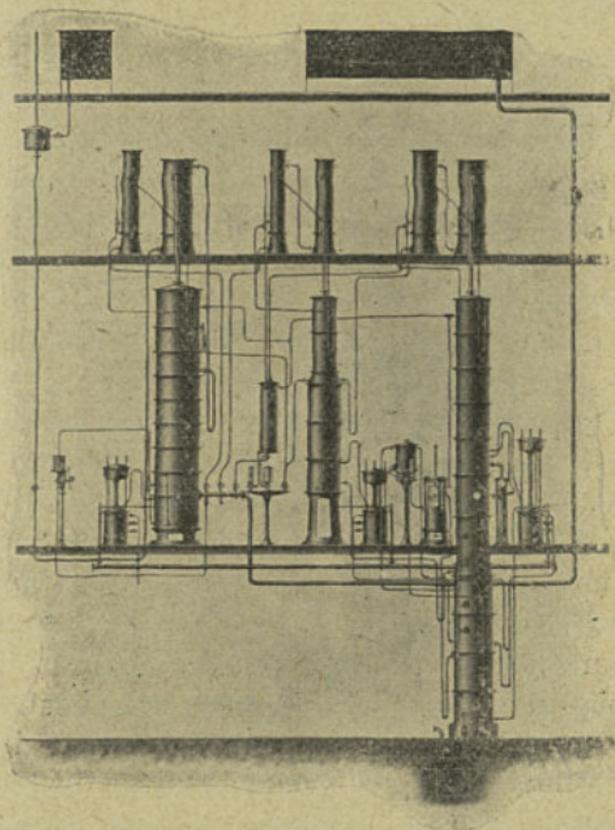


Fig. 102. — Rectificateur continu des vins, système Wauquier. (Wauquier et Cie).

gérant F des éthers, dont les liquides s'écoulent à l'éprouvette G des éthers. L'appareil est complété par un chauffe-vin H, un récupérateur I, un condenseur J, le réfrigérant des têtes K, aboutissant à l'éprouvette L de l'alcool de têtes; un réfrigérant M pour l'alcool pasteurisé, avec l'éprouvette N de cet

alcool; le réfrigérant O des huiles et des mauvais goûts de queue avec leur éprouvette P, et enfin les régulateurs Q et R de pression de l'épurateur et du rectificateur.

Le fonctionnement de cet appareil est basé sur l'extension aux vins, considérés comme des flegmes très dilués, des principes de la rectification continue des flegmes, c'est-à-dire épuration préalable en produits de tête, concentration du produit ainsi épuré et séparation continue des produits de queue.

Rectification directe des vins, système Mariller-Granger. — Les appareils construits par la maison Granger pour la rectification des vins sont de plusieurs types.

La figure 104 représente un rectificateur du type indirect, système Mariller-Granger. Comme dans tous les types indirects, on effectue une distillation préalable du liquide et on dirige le flegme bouillant sur l'épurateur d'un rectificateur continu. Grâce à un dispositif préalable d'épuration, on peut épurer le vin avant de le distiller et obtenir ainsi un flegme beaucoup plus convenable pour la rectification. Le liquide fermenté à traiter passe du bac A dans un bac à flotteur B, puis il est réchauffé dans un récupérateur C et épuré ensuite dans quelques plateaux D. Les produits de tête nauséabonds qui s'échappent sont concentrés dans les plateaux D' et recueillis à la sortie du réfrigérant H à une éprouvette spéciale. Le liquide à distiller est ensuite épuisé dans les plateaux et les vapeurs des flegmes obtenus viennent se condenser dans un condenseur G qui alimente en flegme déjà épuré l'épurateur I de l'appareil continu, qui à partir de ce moment devient absolument semblable à un rectificateur continu des flegmes.

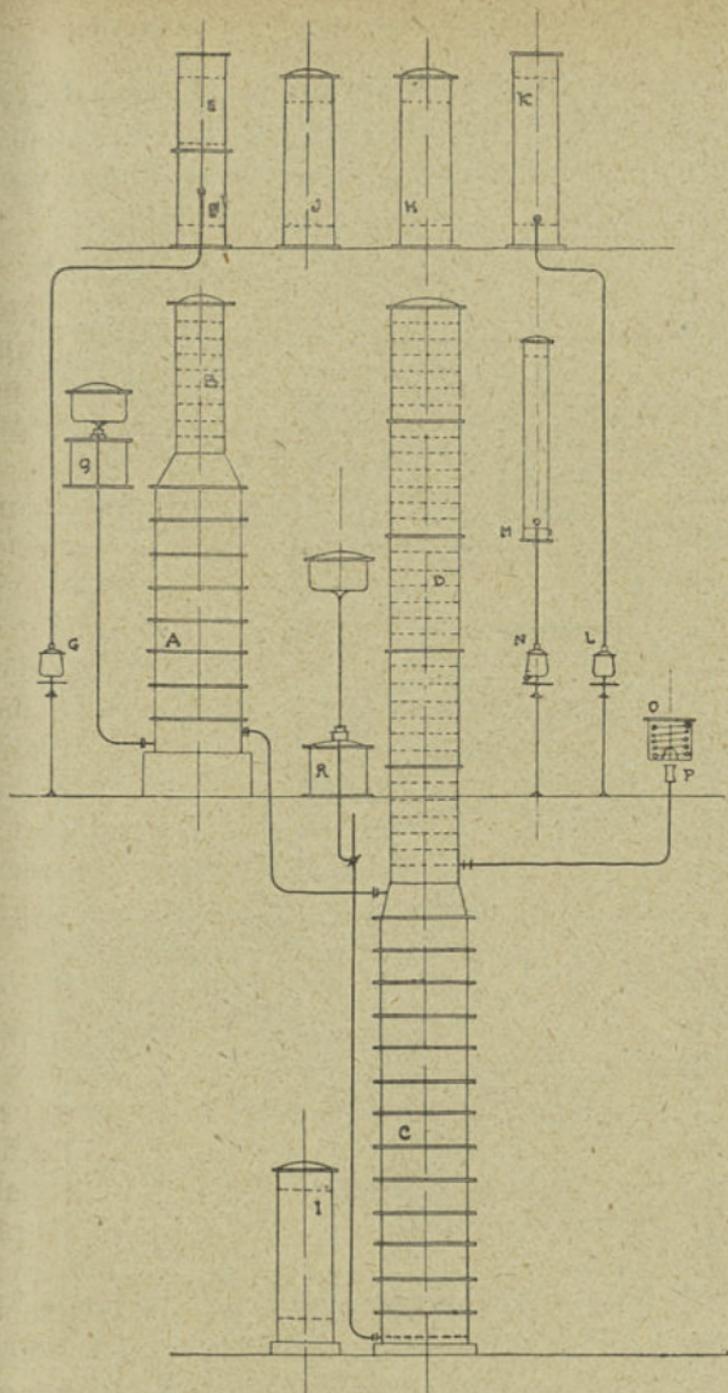


Fig. 103. — Rectificateur continu direct des vins n° 3.
 IRIS - LILLIAD (Université Lille 1).

La figure 105 représente un rectificateur du type direct, système Mariller-Granger. Le vin est alors épuré en une seule fois, directement, dans les pla-

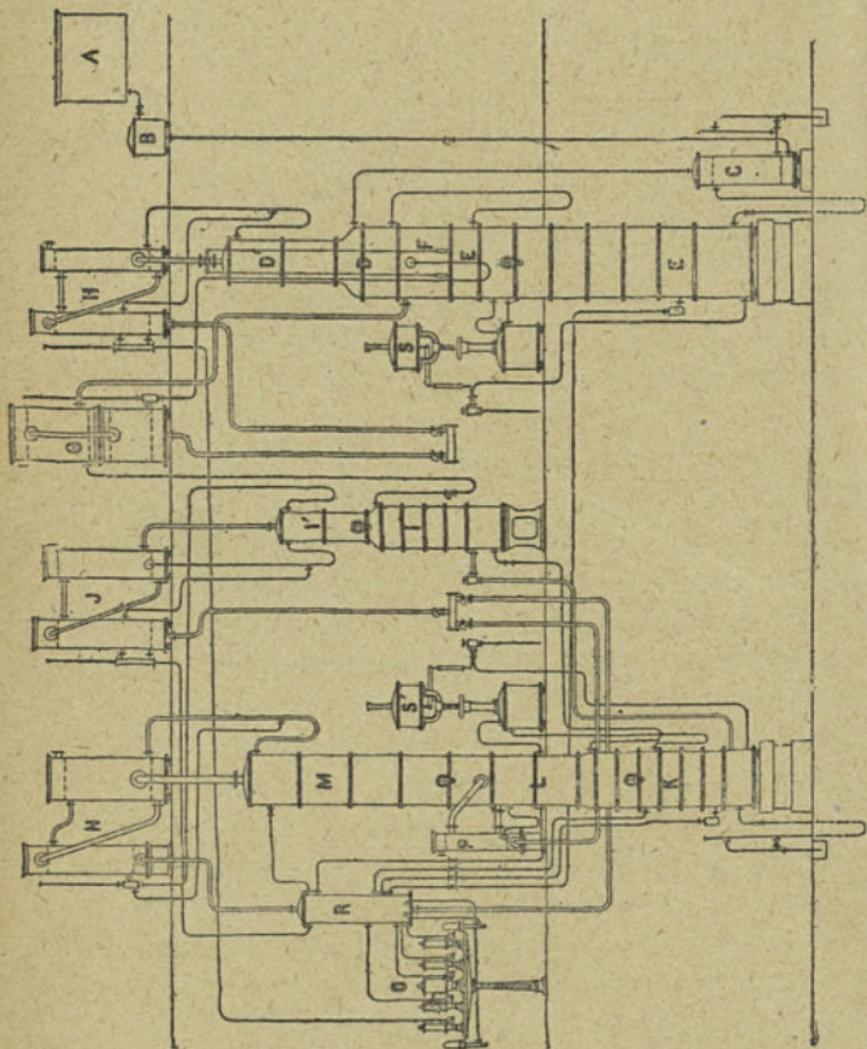


Fig. 104. — Schéma d'un rectificateur continu indirect des vins, système Mariller-Granger (Granger).

leaux I, les produits de tête sont concentrés dans les plateaux I' et condensés dans l'analyseur et le réfrigérant J.

Les vapeurs alcooliques épurées provenant de la

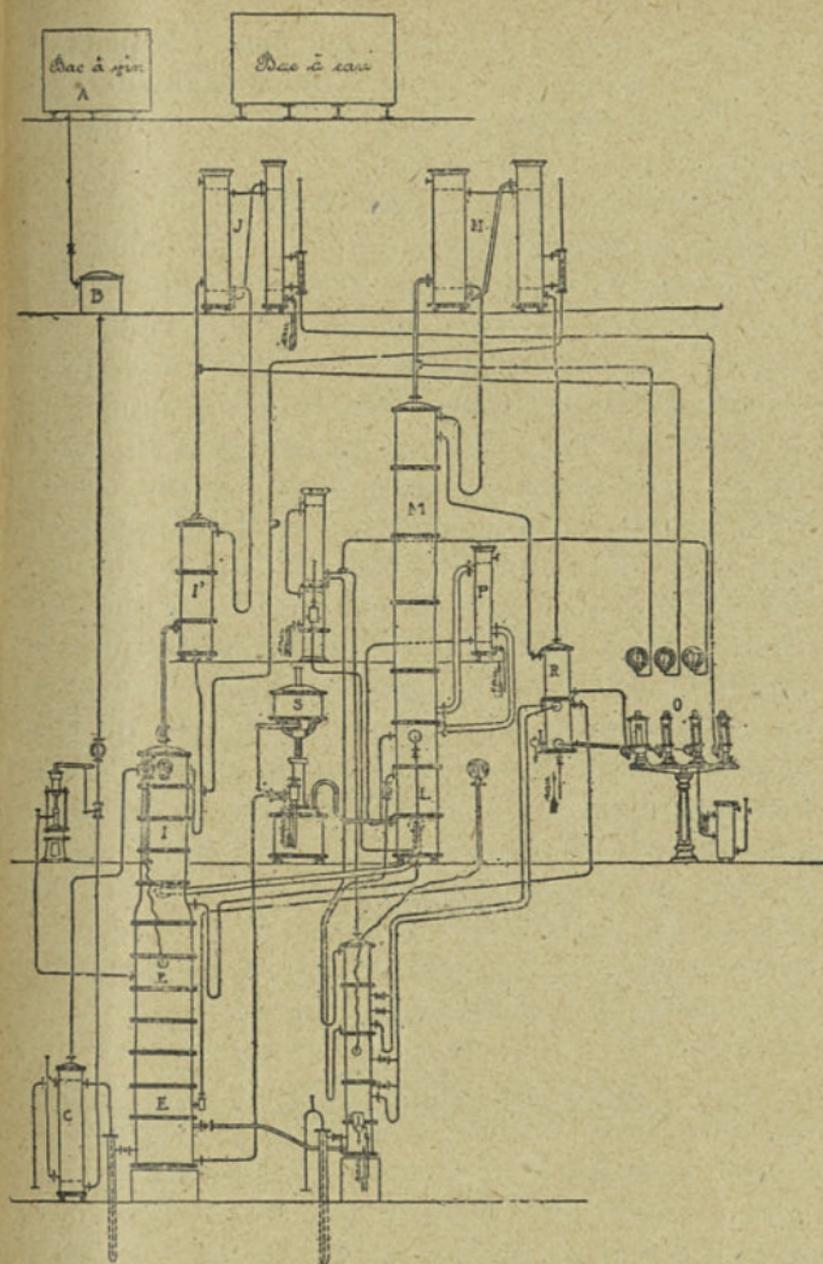


Fig. 105. — Schéma d'un rectificateur continu direct des vins, système Granger-Mariller (Granger).

colonne E, passent directement dans les plateaux de rectification L M. A partir de ce moment, l'appareil ne diffère plus d'un rectificateur continu des flegmes.

Pour les petites eaux de levurerie, qui sont des liquides à très bas degré alcoolique, la maison Granger construit un appareil spécial récupérant au maximum les calories, de manière à réduire la dépense de vapeur. La figure 106 représente le schéma d'un tel appareil. A la partie supérieure se trouve un bac à flotteur qui reçoit le liquide à traiter et le dirige sur un robinet sensible d'où il remonte dans le chauffe-vin C. De là, le liquide, au lieu d'être introduit directement dans la colonne, redescend à la partie basse pour traverser successivement trois récupérateurs G, dans lesquels le liquide circule méthodiquement dans des tubulaires au contact des vinasses résiduairees qui cheminent en sens inverse. On obtient ainsi un chauffage maximum des liquides à traiter, qui pénètrent alors dans la colonne de distillation. Le récupérateur ne comprend parfois qu'un seul élément, au lieu de trois. Les vapeurs se concentrent dans les plateaux rectificateurs de la colonne B, puis traversent successivement le chauffe-vin C, le condenseur D et le réfrigérant E. A la sortie de ce réfrigérant, on extrait un pourcentage déterminé d'alcool, par exemple 5 p. 100 de l'alcool entré, à une première éprouvette. L'excédent d'alcool, soit 95 p. 100 dans le cas envisagé, est extrait sur l'un des plateaux supérieurs de la colonne B à l'état liquide et refroidi dans un réfrigérant F pour couler à une deuxième éprouvette. Dans ces conditions, on obtient en tête de l'appareil un produit souillé des impuretés les plus volatiles,

et l'alcool obtenu à la deuxième éprouvette est un alcool très amélioré.

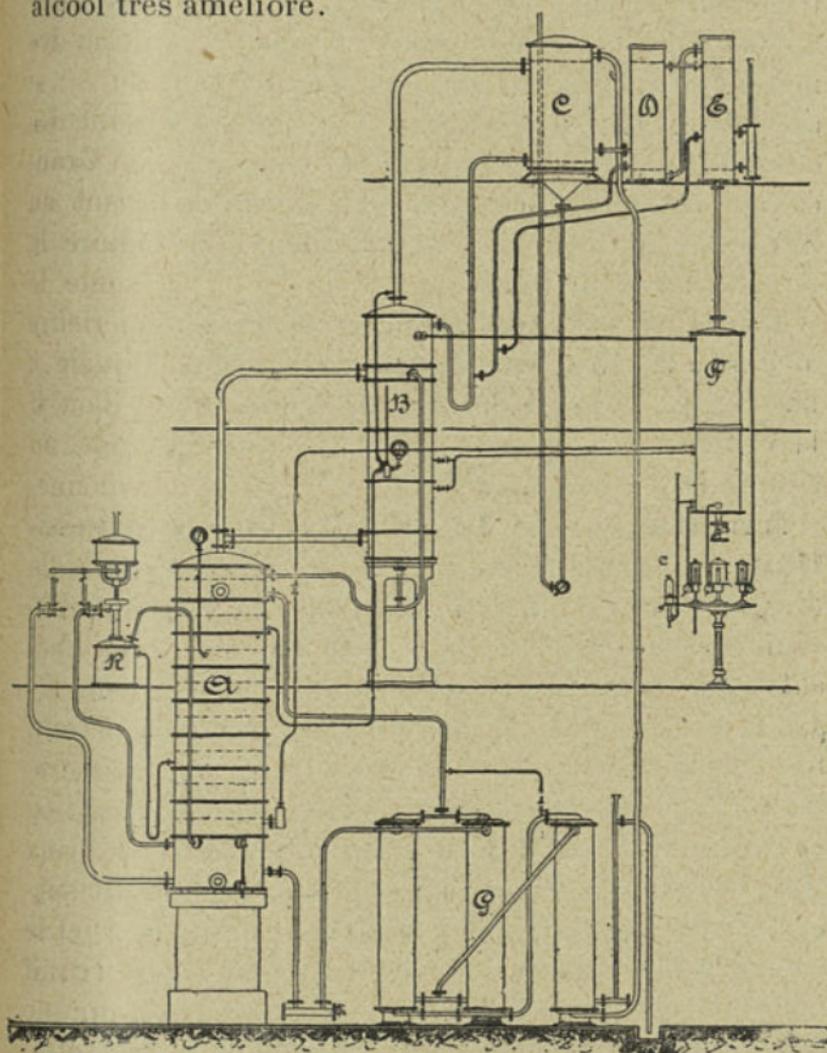


Fig. 106. — Rectificateur continu direct des petites eaux de levures, système Marillier-Granger (Granger).

Pendant la concentration des vapeurs alcooliques, les alcools supérieurs se fixent à la base de l'appareil, en s'accumulant sur certains plateaux où on les pré-

lève; après refroidissement, on les reçoit à une troisième éprouvette. Parfois ces produits, qui entraînent de l'alcool, sont soumis à un lavage méthodique avec de l'eau dans un récipient florentin décanteur. On obtient ainsi une couche supérieure constituée par les impuretés concentrées qu'on évacue et les petites eaux alcooliques de la couche inférieure rentrent automatiquement dans l'appareil pour éviter toute perte.

L'appareil est étudié pour produire à volonté des alcools à 95-96 degrés ou au contraire des flegmes à bas degré. Dans ce dernier cas, toute une partie de la colonne B peut être mise hors circuit, par un simple jeu de robinetterie.

Avantages de la distillation-rectification. — D'après M. Barbet, la rectification continue directe permet d'obtenir immédiatement, en une seule opération, 90 à 93 p. 100 d'alcool pasteurisé extra-fin, avec une grande économie de combustible, grâce à la suppression de la dualité des deux opérations de la distillation et de la rectification. En outre la rectification directe supprime totalement la freinte et réalise le maximum de simplicité dans l'installation, car il n'y a plus qu'un seul appareil à conduire, et tous les bacs à flegmes, à moyens goûts et à fractionnements divers, deviennent inutiles. Cette méthode est particulièrement avantageuse pour les distilleries industrielles qui cherchent à produire économiquement et simplement de l'alcool fin de bonne qualité, sans viser aux marques d'alcool les plus chères. D'après M. Barbet, pour produire des qualités plus fines, il est plus avantageux et plus sûr de maintenir l'ancienne distillation à bas degré, puis de faire la rectification séparément dans un rectifi-

cateur continu des flegmes, ce qui permet de saturer ou de filtrer les flegmes entre les deux opérations, ou combiner en un seul appareil la colonne à distiller à bas degré avec un rectificateur continu des flegmes, comme dans le type DA. On obtient ainsi de l'alcool extra-fin rectifié, tandis que la rectification continue directe donne presque toujours des alcools qui renferment encore quelques traces d'odeurs d'origine causées par le contact trop intime de l'alcool à haut degré avec les gaz de fermentation.

Les conclusions de M. Guillaume sont un peu différentes de celles de M. Barbet. D'après M. Guillaume, la distillation-rectification directe est préférable à la rectification continue des flegmes, et permet d'obtenir de l'alcool rectifié de la plus haute qualité, avec le maximum d'économie et de simplicité. L'emploi de la distillation-rectification directe, type C, est la solution la plus simple pour les distilleries agricoles qui veulent obtenir des alcools de bonne qualité courante. Cette méthode entraîne une économie de vapeur considérable, résultant de la continuité de l'opération, de la récupération de la chaleur des vinasses, de la permanence du régime et surtout de la suppression des repasses, et aussi une économie de main-d'œuvre. La distillation-rectification directe augmente le rendement en alcool bon goût, car on obtient en général de 90 à 94 p. 100 d'alcool rectifié de haute pureté, et 6 à 10 p. 100 pour l'ensemble des produits de tête et de queue, en un seul jet et sans aucune repasse, avec une freinte de rectification pour ainsi dire nulle et dans tous les cas inférieure à 1 p. 100. Il y a enfin économie d'installation par suite de la plus petite dimension du bâtiment nécessaire, de la sim-

plification des tuyauteries, de la diminution du nombre des réservoirs, etc.

VI. — ÉPURATION DES ALCOOLS

Filtration sur charbon. — La filtration sur charbon a été autrefois très employée pour l'épuration complémentaire des alcools, mais le perfectionnement des appareils distillatoires a rendu aujourd'hui ce traitement inutile et il n'y a que peu d'usines qui aient conservé cette filtration sur charbon.

Le charbon utilisé est le charbon de bois léger et non résineux, notamment le charbon de tilleul, d'osier, de fusain, etc. L'action épurante du charbon est d'autant plus grande qu'il est plus léger et offre une surface plus considérable, par capillarité, à l'imbibition par le flegme. En outre, il ne doit donner aucune coloration à l'alcool bouillant.

L'action du charbon paraît être à la fois physique et chimique. Au point de vue physique, il y a fixation des matières colorantes, et par suite décoloration du flegme, et absorption des substances odorantes. Au point de vue chimique, les expériences de W. Glasenapp ont montré que le rôle principal dans l'épuration doit être attribué à l'oxygène condensé dans les pores. D'après Glasenapp, il se produit une oxydation d'une petite partie de l'alcool éthylique et des alcools supérieurs, avec formation d'aldéhydes, de cétones et d'acides. Ces derniers forment en partie avec les alcools des éthers, qui viennent améliorer le goût et le bouquet de l'alcool filtré en masquant l'odeur désagréable des huiles de fusel. La teneur en aldéhydes de l'alcool filtré n'est

pas beaucoup plus grande que celle de l'alcool non filtré si celui-ci était pauvre en aldéhydes; s'il était riche, la teneur en aldéhydes est moindre après filtration. Par contre, l'alcool obtenu par distillation du charbon épuisé se caractérise nettement par sa grande teneur en aldéhydes et en éthers, tandis que la teneur en huiles de fusel est à peu près identique à celle de l'alcool filtré. Il semble donc que le charbon n'a qu'une action absorbante très faible vis-à-vis des huiles de fusel, mais qu'il agit au contraire énergiquement sur les produits qu'il donne par oxydation, c'est-à-dire sur les aldéhydes et sur les éthers.

En réalité, comme la filtration sur charbon est une opération assez coûteuse, il ne semble pas rationnel de lui demander l'élimination d'un grand nombre d'impuretés qu'on peut très aisément séparer par la rectification, et il est plus logique de ne demander au noir que l'élimination des odeurs d'origine tenaces qui résistent à l'action des rectificateurs.

Le charbon est le plus souvent employé en morceaux, parfois en poudre. Autrefois on utilisait le charbon en poudre, et on se contentait soit d'ajouter le flegme de ce noir et de décanter après dépôt, soit de filtrer dans une cuve en bois sur le charbon en poudre. On emploie aujourd'hui la filtration méthodique sur le charbon en morceaux.

En pratique, on ramène les flegmes à filtrer à 45-50 d. de manière à diminuer la solubilité des huiles et éthers lourds et à rendre ainsi l'action du charbon plus facile. L'absorption des substances odorantes est d'ailleurs beaucoup plus énergique avec l'alcool dilué qu'avec l'alcool concentré. On cherche à faire la filtration à une température basse;

aussi fait-on souvent précéder la batterie de filtres d'un réfrigérant.

On utilise pour la filtration sur le charbon en morceaux une batterie de cylindres verticaux de grande hauteur (fig. 107). Chaque cylindre porte, à une faible distance du fond, un faux fond perforé et un trou d'homme pour le déchargement du charbon épuisé. Ces cylindres, remplis de charbon, communiquent entre eux au moyen de tuyaux, de sorte qu'on peut faire passer le flegme qui sort d'un des cylindres sur le cylindre suivant et ainsi successivement dans tous les cylindres.

Les filtres étant pleins de charbon et fermés, on injecte de la vapeur dans le cylindre à remplir, jusqu'à ce qu'il soit chaud. Cette vapeur circule de haut en bas et chasse l'air. Quand l'air est chassé, on ferme et on laisse refroidir. On fait alors arriver l'alcool sur le charbon par meichage, c'est-à-dire de bas en haut. La circulation dans une batterie de filtres s'effectue alors exactement comme dans une batterie de diffusion, c'est-à-dire que chaque élément devient successivement premier, second, troisième, etc., dernier de la série. L'alcool passe d'abord sur le charbon le plus ancien, puis sur du charbon de moins en moins épuisé et finalement sur le charbon frais. La vidange se fait en refoulant dans le filtre suivant le flegme au moyen de la vapeur. Quand le flegme est évacué, on injecte de la vapeur dans le filtre par le bas, pour l'épuiser d'alcool, et les vapeurs alcooliques sont envoyées, par une canalisation spéciale, à un condenseur relié lui-même à une éprouvette. Quand tout l'alcool est enlevé, on ouvre le filtre, on enlève le charbon épuisé qu'on remplace par du charbon neuf, et

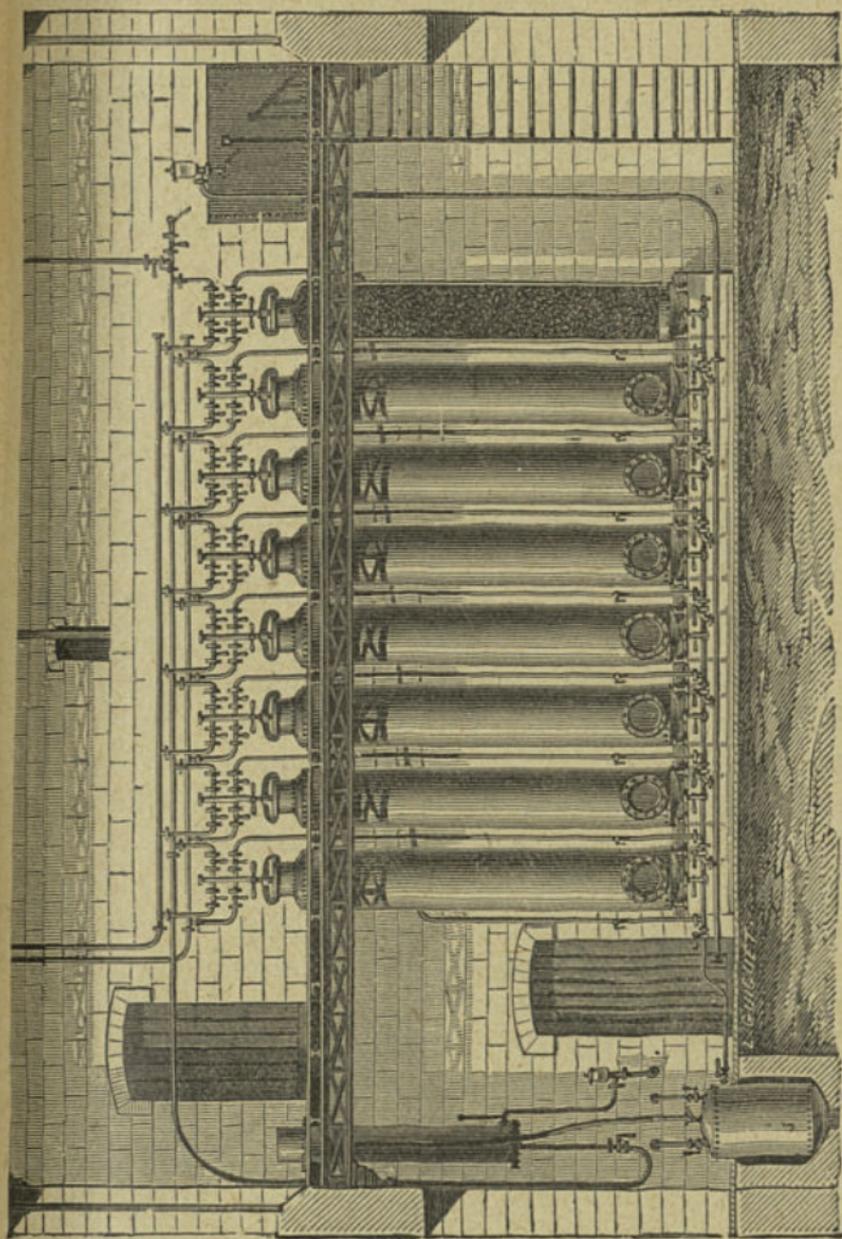


Fig. 107. — Filtrés à charbon (Lepage, Urbain et Cie).

on soumet le charbon épuisé à la revivification.

Cette opération peut s'effectuer de deux manières, par calcination ou par la vapeur surchauffée. La première méthode est la plus simple. On introduit le charbon à revivifier dans des cornues en tôle, analogues à celles qu'on emploie pour la distillation du bois dans les fabriques d'acide pyroligneux. On le porte au rouge sombre, et quand il ne se dégage plus de vapeurs au col de la cornue, on bouche le col et on retire la cornue du four pour la laisser refroidir. Le refroidissement du charbon a lieu ainsi à l'abri de l'air. Il faut avoir soin de ne pas chauffer au rouge vif, pour ne pas fondre certains sels qui rendraient le charbon moins poreux et diminueraient son pouvoir absorbant.

La méthode de revivification par la vapeur surchauffée due à J.-F. Hœper, est surtout employée en Allemagne. On introduit le charbon dans une cornue; on y fait passer un courant de vapeur pour chasser l'air, et on fait circuler la vapeur surchauffée à 320 degrés autour de la cornue. Quand la revivification est achevée, on arrête la vapeur, et on établit un tirage dans la cornue en ouvrant le couvercle supérieur et un robinet d'air inférieur. Le charbon surchauffé s'enflamme spontanément et, quand toute la masse est incandescente, on referme le couvercle de la cornue et le robinet d'air; puis on fait tomber, par une porte à vis inférieure, le charbon dans des étouffoirs.

D'après Pampe, qui a introduit ce procédé de revivification dans un grand nombre d'usines allemandes, les avantages de ce mode de travail sont tels qu'il devrait être seul employé. La chaleur de la vapeur surchauffée, après avoir produit son effet dans les

cornues à calciner, peut être utilisée presque complètement à échauffer l'alcool dans les appareils à rectifier. La quantité de vapeur nécessaire à l'épuisement des filtres suffit à peu près à la revivification du charbon, de sorte que la dépense de calorique est réduite au minimum. En outre, l'effet de la revivification est notablement plus grand que par l'ancien procédé. Enfin, dans l'ancien procédé, il faut retirer le charbon à intervalles très rapprochés, de sorte, que la santé des ouvriers a beaucoup à souffrir des poussières de charbon. Avec la nouvelle méthode cet inconvénient est complètement évité, et sous ce rapport la revivification par la vapeur surchauffée présente des avantages hygiéniques certains.

Toutefois M. Barbet estime que ce procédé est coûteux, d'un maniement assez délicat et que le charbon n'est pas mieux revivifié que dans les cornues en tôle à feu nu.

Høper conseille de renforcer l'action épuratrice du charbon en le mélangeant avec une mixture obtenue par calcination de bioxyde de manganèse, de chaux vive et d'alcalis libres ou carbonatés.

La dépense en charbon en morceaux est environ de 4 kilogrammes par hectolitre d'alcool, mais cette quantité peut être réduite quand on emploie le charbon en poudre, dont le pouvoir épurant est beaucoup plus considérable. M. Barbet a préconisé ainsi un procédé, basé sur l'emploi du charbon fin, et conduisant à une dépense de 2 kgr. 45 à 2 kilogrammes de charbon par hectolitre d'alcool. MM. R. et A. Collette ont également breveté un procédé basé sur l'emploi du charbon en poudre. Le charbon est mélangé intimement à l'alcool dans un bac mala-

neur, puis la masse est filtrée dans un filtre-pressé à lavage. Le charbon qui a servi tombe dans un séchoir, puis on le revivifie par calcination dans des pots en grès. L'importance de cette revivification réside, non pas dans l'économie de charbon fin qui est faible, mais dans l'amélioration que subit le charbon au fur et à mesure qu'il est recuit.

Quant à la freinte en alcool pendant la filtration, elle est variable; mais elle est ordinairement comprise entre 1 et 2,5 p. 100.

VII. — FABRICATION SPÉCIALE DE L'ALCOOL ABSOLU

La préparation des carburants à base d'essence et d'alcool, en vue de la création d'un carburant national, a donné une importance toute particulière dans ces dernières années, à la fabrication industrielle de l'alcool déshydraté ou absolu. La présence de l'eau dans l'alcool gêne en effet la dissolution de l'essence, qui se fait parfaitement dans l'alcool anhydre. Or, on sait qu'il n'est pas possible d'obtenir par rectification simple de l'alcool titrant plus de 96°5 G. L. Tant que l'alcool absolu n'a été qu'un produit d'emploi restreint, sa fabrication a été réalisée par digestion de l'alcool à 96 degrés G. L. sur certains agents chimiques déshydratants, tels que la chaux vive, le chlorure de calcium, etc.; digestion suivie d'une ou plusieurs rectifications qui aboutissent à la production d'alcool à 100 degrés G. L. Mais ces méthodes conviennent mal à la grande production industrielle; aussi, dans ces dernières années, de nouveaux procédés ont-ils été mis au

point pour la fabrication en grand de l'alcool absolu. Nous avons indiqué dans notre premier volume (pages 41 et 52), le principe de quelques-unes de ces méthodes. Elles se rattachent, comme nous l'avons vu, à trois types, celles qui sont basées sur la distillation de mélanges azéo-tropiques, celles qui sont basées sur la déshydratation de l'alcool par rectification en présence d'un absorbant de l'eau, et celles qui sont basées sur le passage des vapeurs alcooliques sur des substances déshydratantes (chaux vive, chlorure de calcium, carbonate de potassium, etc).

Distillation de mélanges azéotropiques.

Procédé Ricard-Allenet. — Les travaux de Young ont montré en 1902 que le mélange eau et alcool, indédoublable à 96°5 environ par les méthodes ordinaires de distillation, peut être dissocié grâce à l'intervention d'une tierce substance, d'un corps entraîneur, qui provoque, par ébullition, l'élimination, à une température inférieure à 78 degrés, de vapeurs contenant une certaine quantité d'eau. Ainsi la distillation d'un mélange de 50 p. 100 d'alcool à 93° G.L. et de 50 p. 100 de benzine, donne un mélange ternaire qui emporte l'eau à 64°86, un mélange binaire alcool-benzine à 68°24 et de l'alcool pur déshydraté à 78°3.

La distillation des mélanges alcool, eau et corps entraîneurs, est régie par les lois de la physique, et les corps entraîneurs doivent répondre aux deux conditions essentielles suivantes :

1° Donner naissance, par distillation avec l'alcool seul, à un mélange binaire de composition constante dont le point d'ébullition est inférieur de quelques degrés à celui de l'alcool seul. Par exemple,

le trichloréthylène bout à 87 degrés, l'alcool absolu à 78°5 et ces deux corps donnent naissance par distillation, à un mélange de composition constante bouillant à 71 degrés.

2° Donner naissance, par distillation avec l'eau et l'alcool réunis, à un mélange ternaire de composition constante, dont le point d'ébullition est légèrement inférieur à celui du mélange binaire visé plus haut. Par exemple, un mélange constitué par de l'eau, de l'alcool et du trichloréthylène donne naissance, par distillation, à un mélange de composition constante bouillant à 67°1.

Industriellement, il faut donc mettre en présence, d'une façon continue, l'alcool à déshydrater et le corps entraîneur. On réalise cette condition sur les plateaux mêmes d'une colonne à distiller où arrivent simultanément les deux liquides. Le corps entraîneur s'empare d'une certaine quantité d'eau et d'alcool pour former le mélange azéotropique ternaire qui se comporte comme produit de tête et vient s'accumuler au sommet de la colonne, l'alcool anhydre contenant encore du produit entraîneur vient se classer plus bas et enfin l'alcool pur, se comportant comme produit de queue, vient s'écouler à la partie inférieure de la colonne.

Tel est le principe du procédé Ricard-Allenet, dans lequel le corps entraîneur peut servir indéfiniment à la déshydratation de l'alcool sans usure appréciable. En effet, les vapeurs du mélange azéotropique ternaire venant se classer au sommet de la colonne donnent naissance, lorsqu'elles sont condensées, à un liquide se séparant naturellement en deux couches sans que cette séparation soit provoquée par apport extérieur d'eau. L'une de ces couches con-

tient la presque totalité de l'eau enlevée à l'alcool, on la décante et on la traite à part, de façon continue; l'autre contient la presque totalité du liquide entraîneur, on la fait entrer directement dans la colonne. On peut même utiliser un dispositif grâce auquel on peut traiter d'une manière continue l'alcool, à un degré quelconque, en tirant d'un côté l'alcool absolu et de l'autre, l'eau pure, sans extraction d'aucune sorte de produits intermédiaires.

L'alcool à déshydrater est envoyé dans la colonne principale par un tuyau muni d'un robinet de réglage. Au préalable on a rempli, une fois pour toutes, la colonne de corps entraîneur. Le chauffage est assuré par un appareil à surface. Les vapeurs analysées dans la colonne se rendent dans le condenseur et le réfrigérant, puis dans le décanteur où le liquide se sépare en deux couches. La couche contenant la majeure partie de corps entraîneur retourne sur la colonne, la couche contenant la majeure partie d'eau est envoyée dans une petite colonnette accessoire; elle y abandonne rapidement, par distillation, la petite quantité de corps entraîneur qu'elle contient. Dans une deuxième colonnette arrive un mélange d'eau et d'alcool qui est fractionné comme d'habitude. L'alcool récupéré est envoyé dans la colonne principale et l'eau qui s'écoule au bas de la colonnette est éliminée. L'extraction de l'alcool absolu se fait d'une façon continue à la partie inférieure de la colonne principale en liquide ou en vapeur.

La dépense de vapeur varie avec le degré de l'alcool à déshydrater et avec le degré à obtenir. Cette consommation n'est pas proportionnelle à l'eau enlevée, mais est d'autant plus faible, rapportée au

kilogramme d'eau, qu'on a plus d'eau à enlever et qu'on s'éloigne davantage de 100 degrés.

Les chiffres ci-dessous indiquent les consommations de vapeur sur lesquelles on peut tabler en pratique industrielle pour de l'alcool à 99°7. Les chiffres relatifs à l'obtention de l'alcool à 99°9 sont légèrement supérieurs.

Alcool à 99°7 extrait en liquide, en parlant de l'alcool à . . .	92°	93°	94°	95°	96°
Consommation en kg. de vapeur par Hl d'alcool à 100° GL.	295	268	242	215	184
Consommation en kg. de vapeur par kg. d'eau à enlever.	30,5	31,6	33	35	37
Quantité d'eau contenue dans un Hl d'alcool à déshydrater en kg.	9,65	8,5	7,34	6,17	4,98

Dans la pratique, on peut, soit monter la déshydratation à la suite d'une colonne à haut degré avec séparation des têtes et des queues, soit utiliser un appareil discontinu à rectifier, en remplaçant les plateaux, s'ils sont perforés, par des plateaux à calottes, soit utiliser un appareil continu à rectifier, soit faire le montage complet de toutes pièces.

D'après l'inventeur, ce procédé constitue une solution tout à fait simple et pratique du problème de l'alcool absolu. Il ne donne lieu à la production d'aucun produit accessoire et l'alcool est obtenu à la pureté désirée d'une façon absolument mathématique, c'est-à-dire qu'une fois l'appareil réglé et étalonné, on peut, à volonté, produire de l'alcool rigoureusement anhydre ou de l'alcool titrant seulement 99°6, par exemple, par le simple réglage d'un robinet d'alimentation.

On peut se demander comment se comporteront, au cours de la déshydratation, les impuretés contenues

normalement dans l'alcool, même rectifié, et si elles ne viendront pas, à la longue, entraver la marche régulière de l'opération. La pratique et la théorie démontrent que ces impuretés ne seront aucunement gênantes, quelle qu'en soit la proportion; elles se trouvent en effet éliminées constamment de façon normale dans l'alcool absolu.

Pratiquement, la perte de corps entraîneur est presque nulle, celui-ci demeurant constamment en circulation dans l'appareil clos. Grâce à la diversité des corps entraîneurs pouvant être utilisés, il n'y a pas à craindre d'arrêt forcé du procédé, par suite de la disparition soudaine, dans des circonstances défavorables, de produits devenant brusquement et impérieusement nécessaires par ailleurs. Enfin la méthode reste dans le cadre ordinaire du travail du distillateur et n'exige que l'emploi des appareils courants dans l'industrie de la distillation et de la rectification que tout ouvrier distillateur peut aisément conduire (1).

Procédés Mariller - Granger. — Nous devons à M. Mariller de très remarquables études sur la production industrielle de l'alcool absolu. Nous avons déjà signalé, dans notre premier volume (page 53), les applications industrielles, faites par M. Mariller, de la méthode de distillation des mélanges azéotropiques découverte par Young en 1902. Dès 1920, MM. Mariller et Coutant ont utilisé la benzine et l'essence, qu'ils injectaient dans les rectificatrices alimentées en alcool à 95 degrés, pour produire directement le mélange d'essence et d'al-

(1) Les renseignements ci-dessus relatifs au procédé Ricard Allenet nous ont été très obligeamment fournis par M. Pingris, constructeur à Lille.

cool absolu formant le carburant national. On extrayait à la base un mélange alcool absolu-carbure, qui, dilué dans l'essence, fournissait le carburant, et en tête un coulage qui, décanté, donnait une couche supérieure déshydratée à retraiter et une couche inférieure hydratée à distiller pour en récupérer l'alcool. Si on désirait produire l'alcool absolu, il suffisait de le fractionner de son mélange avec le carbure.

Par la suite, M. Mariller a reconnu qu'il est beaucoup plus simple de travailler en deux phases : une première colonne élimine l'eau et une seconde, recevant le produit déshydraté donne en tête une mixture qui regagne la première colonne et en queue l'alcool absolu. Tous calculs effectués, avec de judicieuses récupérations, la consommation de vapeur tombait à 200 kilogrammes par hectolitre, tandis que la méthode discontinue de Young conduisait, avec les repasses, à une dépense d'au moins 600 kilogrammes.

Mais, d'après M. Mariller, l'utilisation d'absorbants de l'eau, au lieu d'absorbants de l'alcool, doit être forcément plus économique, car avec les absorbants de l'alcool il faut évaporer l'eau, la tierce substance et le mélange alcool-substance et fractionner ensuite ce mélange pour en séparer l'alcool pur. Il en résulte une vaporisation supplémentaire importante qui grève le prix de revient de la méthode. Au contraire, avec les absorbants de l'eau, il n'y a par la suite à évaporer que l'eau et le peu d'alcool entraîné, s'il y en a : la dépense de vapeur tombe alors à 30 kilogrammes par hectolitre d'alcool, soit environ 0 fr. 40 au cours actuel du charbon.

Ces considérations ont amené M. Mariller à son procédé de production de l'alcool absolu par déshydratation au moyen de la glycérine. Les vapeurs

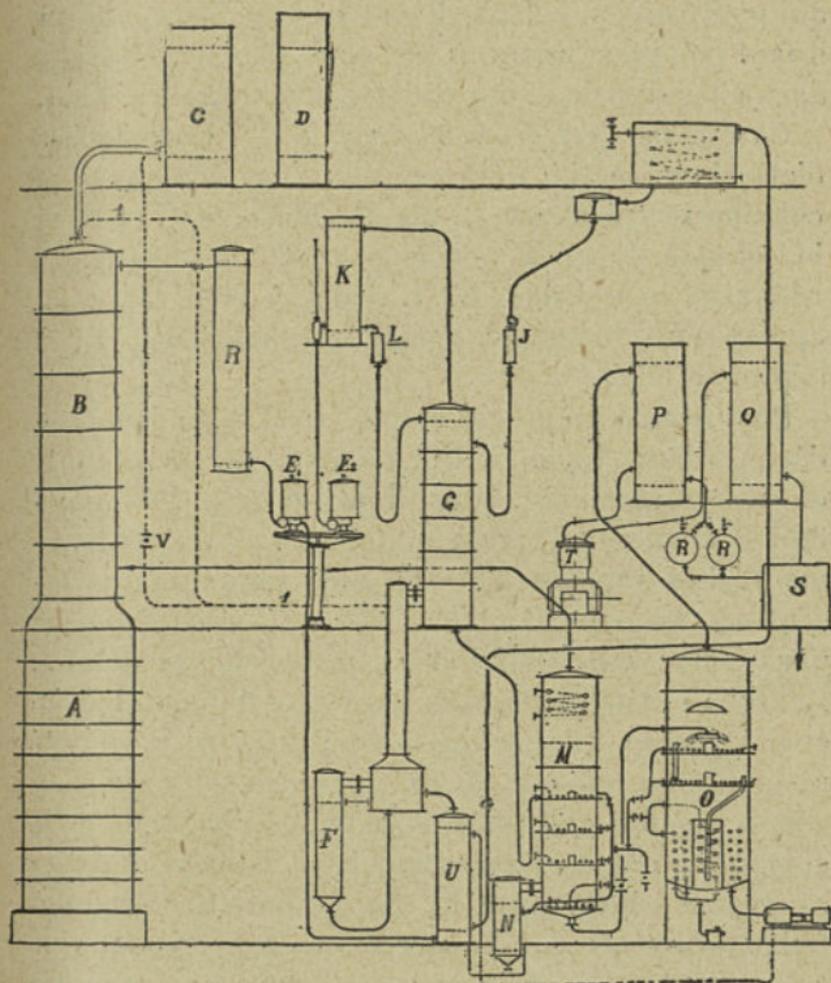


Fig. 108. — Modification d'un rectificateur pour la production d'alcool absolu, procédé Mariller-Granger (Granger).

alcooliques traversant la glycérine pure donnent directement de l'alcool à 99°2 et il suffit d'incorporer à la glycérine par exemple du carbonate de potassium pour obtenir facilement du 99°8. La

glycérine et le sel qu'elle contient en dissolution sont régénérés et rentrent en circuit.

Nous examinerons dans ce qui suit l'appareillage qui peut convenir dans divers cas, mais cependant il faut compter qu'une étude spéciale est nécessaire dans chaque usine pour utiliser le matériel existant.

Cas d'un rectificateur continu. — Envisageons d'abord un rectificateur continu (fig. 108) avec sa colonne rectificatrice B, ses condenseurs C et D, et la colonne A servant de colonne d'épuisement des reflux de la colonne B. L'alcool à 96°5 est reçu, après refroidissement dans le réfrigérant R, à l'éprouvette E₁.

Pour transformer cet alcool en alcool absolu, on l'écoule d'une façon continue dans le récupérateur U où il est réchauffé, puis il passe dans l'évaporateur F chauffé à la vapeur qui le vaporise entièrement. Les vapeurs d'alcool ainsi obtenues traversent une colonne G qui est alimentée en glycérine par un bac à flotteur I et un mesureur de débit J. Le liquide déshydratant est contenu dans un bac en charge figuré sur le dessin et peut être à volonté réchauffé ou refroidi par un serpent.

Les vapeurs d'alcool déshydraté s'échappent de la colonne G sur un condenseur K et l'alcool anhydre est reçu à l'éprouvette E₂. Pour combattre l'échauffement produit par l'absorption de l'eau dans la colonne G, cette rétrogradation peut être ramenée sur le plateau d'alimentation lui-même ou mieux sur un tronçon disposé au-dessus du plateau alimentaire, afin de retenir les entraînements de liquide absorbant qui pourraient se produire accidentellement.

Si l'on désire relier directement les vapeurs de la

colonne à rectifier B à la colonne de concentration G, il suffit de disposer le tuyau I figuré en pointillé sur le dessin et une tuyauterie accessoire reliant ce tuyau au condenseur C, avec interposition d'une vanne de réglage V. Etant donné que la résistance opposée au passage des vapeurs à travers la colonne G est plus grande que celle opposée par les condenseurs C et D, il suffit d'ouvrir plus ou moins cette vanne pour régler automatiquement la rétrogradation des condenseurs C et D. Cette rétrogradation n'est pas représentée sur le dessin; elle est ramenée d'ordinaire au sommet de la colonne B, sans aucune modification.

Le liquide déshydraté recueilli à la base de la colonne G, s'écoule dans une colonne M, formée de plateaux successifs munis de serpentins de chauffage à la vapeur. La base de cette colonne est d'autre part chauffée par l'intermédiaire d'un serpentín ou d'un chauffeur tubulaire N. Les vapeurs qui se dégagent, constituées par de l'eau et de l'alcool retenu par l'absorbant, retournent directement à la colonne de rectification B.

Pour éviter les entraînements, on emploie un serpentín condenseur placé à la partie supérieure de la colonne M, ou un condenseur de tout autre type dont la condensation est recueillie dans des plateaux laveurs dans lesquelles les vapeurs doivent barboter avant de se dégager sur la colonne de rectification B.

Dans beaucoup de cas et notamment quand il s'agit de produire de l'alcool non complètement anhydre, le liquide obtenu à la base de la colonne M peut être directement repris par une pompe et refoulé dans le bac en charge. Par contre, pour obtenir de l'alcool à 99°8-100 degrés avec la glycé-

rine, additionnée de sels déshydratants, il est indispensable d'achever la déshydratation totale du produit, opération qui ne peut se faire que sous le vide pour éviter toute altération de l'absorbant.

La concentration dans le vide doit être effectuée sur un liquide totalement désalcoolisé, afin d'éviter les pertes d'alcool qui se produisent toujours dans le vide quand on opère sur un liquide qui en renferme des quantités appréciables.

Il a été reconnu qu'on obtient dans la colonne M une désalcoolisation totale en complétant le chauffage par une légère injection de vapeur directe dans le soubassement de la colonne.

De la colonne M, le liquide passe automatiquement dans un concentrateur O qui, étant sous le vide, provoque une aspiration.

Dès son arrivée, le liquide subit une vaporisation, il est ensuite concentré dans des plateaux successifs analogues à ceux de la colonne M, et enfin dans un soubassement muni de serpentins puissants parcourus par la vapeur sous pression.

Le liquide doit être amené à une température telle que son épuisement en eau soit complet. Pour la glycérine carbonatée par addition de carbonate de potasse, la température favorable est d'environ 160 à 170 degrés. A la base de cette colonne, le liquide absorbant régénéré est repris par une pompe et refoulé dans un bac en charge pour rentrer en circuit.

La partie supérieure du concentrateur est construite de manière à éviter tout entraînement. Elle peut être par exemple munie d'organes ralentisseurs, de chicanes ou d'une colonne garnie d'éléments diviseurs, colonne qui reçoit un léger courant de liquide

laveur pour retenir les entrainements par dissolution.

Enfin les vapeurs passent dans un condenseur P,

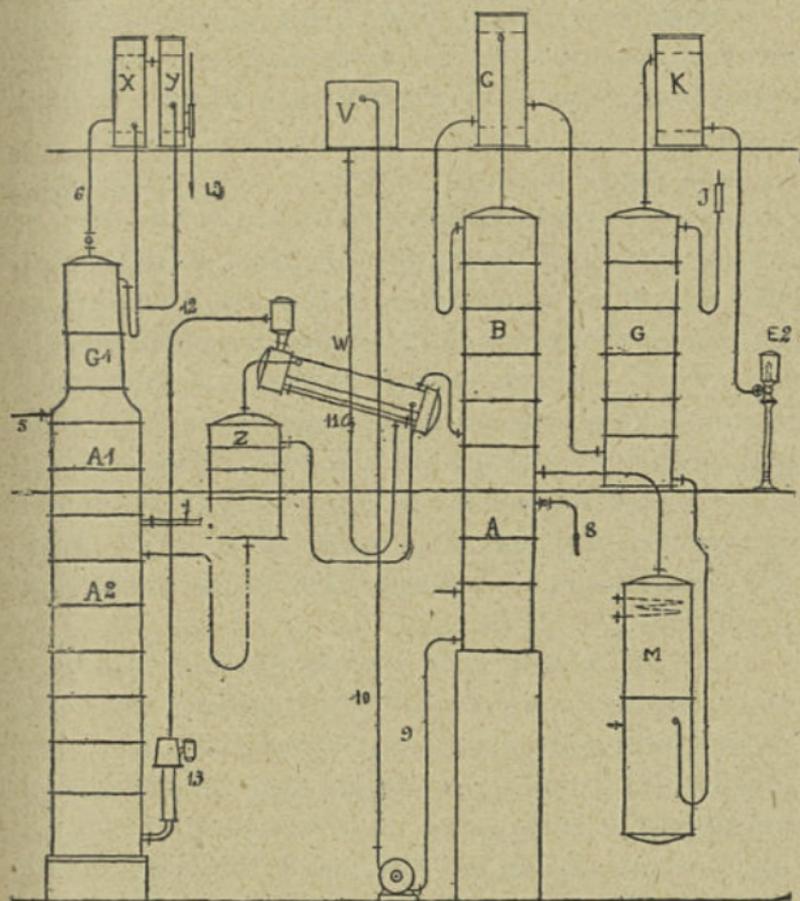


Fig. 109. — Rectificateur continu direct des moûts fermentés pour la production directe d'alcool absolu, procédé Mariller-Granger (Granger).

et le liquide condensé est reçu dans les récipients R. Ce liquide doit être extrait en employant une pompe spéciale.

Les gaz aspirés par la pompe à vide T sont refoulés dans un deuxième condenseur Q et l'ensemble des

liquides obtenus est rassemblé dans le bac S. Ce liquide est de l'eau complètement désalcoolisée, mais comme cette eau occupe un très faible volume, il est parfaitement possible, si on veut éviter toute perte, si minime soit-elle, de reprendre ce liquide en même temps que le moût fermenté allant à la distillation.

Il est possible aussi d'utiliser une partie de la colonne de rectification pour la production de l'alcool absolu et de supprimer ainsi la colonne G. Dans ce cas la colonne de rectification B est partagée par une cloison en deux parties superposées. Les vapeurs du tronçon inférieur vont au condenseur et reviennent à la base du tronçon supérieur; la rétrogradation du condenseur alimente le tronçon inférieur, et le tronçon supérieur est alimenté par un courant de liquide absorbant. Les appareils de régénération de l'absorbant sont identiques à ceux que nous venons de décrire.

Cas d'un rectificateur continu direct. — La figure 109 représente un rectificateur continu direct des moûts fermentés produisant directement de l'alcool absolu avec le minimum de dépense de vapeur. Dans cet appareil, le liquide à distiller pénètre par 5 dans une colonne A_1 qui est chargée de vaporiser les produits de tête, plus volatils que l'alcool. Le liquide pénètre ensuite dans la colonne A_2 qui est le prolongement de la précédente et il s'y épuise totalement en alcool. Les vapeurs alcooliques passent par le tuyau 7 dans une colonne de concentration Z de quelques plateaux. Une autre partie des vapeurs pénètre dans la colonne A_1 et vaporise les produits de tête qui sont concentrés dans les plateaux G_1 et sont réglés au passage par un robinet disposé sur le tuyau

6 de dégagement de cette colonne. Ils sont ensuite condensés dans les condenseurs X et Y.

Les produits de tête concentrés sont dirigés sur une éprouvette spéciale par le tuyau 13.

Les vapeurs alcooliques, à leur sortie de la colonne Z, passent dans un évaporateur W, lequel est alimenté en eau pure par un bac V et un robinet de réglage 11. Dans l'évaporateur W, les vapeurs d'alcool se condensent partiellement en vaporisant une certaine quantité d'eau et en fournissant ainsi des vapeurs qui sont reprises par un thermo-compresseur 13 pour concourir au chauffage de la colonne A_2 et éventuellement de la colonne A_1 .

Les vapeurs d'alcool, à leur sortie de l'évaporateur W, pénètrent dans une colonne AB dont les vapeurs se dégagent sur un chauffe-vin C. A la partie supérieure de cette colonne, les vapeurs arrivent à un degré d'environ 90-92 degrés; puis elles sont dirigées sur la colonne de déshydratation G alimentée en liquide absorbant.

Le reste de l'appareillage est identique à celui qui a été précédemment décrit. Les alcools supérieurs sont extraits de la colonne AB, par une ou plusieurs prises 8, de la façon habituelle. L'eau résiduaire obtenue à la base de la colonne A s'écoule par un tuyau 9, sur une pompe qui la refoule par un tuyau 10, dans un bac en charge V.

Adaptation du procédé Mariller-Granger à un rectificateur continu direct existant. — La figure 110 représente un rectificateur du type habituel transformé en vue de la production de l'alcool absolu.

Supposons un appareil existant comprenant : une colonne de distillation A, une colonne d'épuration G et une colonne de rectification IJ. La colonne de dis-

tillation est agencée, comme nous l'avons vu précédemment, pour la récupération des calories par le système à circuit calorifique fermé. Dans ce but, les vapeurs d'alcool se dégagent sur un évaporateur B, qui reçoit les eaux distillées épuisées provenant de la rectificatrice I. Ces eaux, qui arrivent bouillantes dans l'évaporateur, y subissent une ébullition à une température de 85 degrés sous un vide relatif. L'excédent d'eau se déverse par un niveau qui l'évacue sur un bac de manière à constituer une garde barométrique. La vapeur de chauffage de la colonne passe dans un thermo-compresseur G, ce qui détermine une aspiration des vapeurs de l'évaporateur et leur refoulement dans la colonne où elles vont concourir au chauffage. Il y a lieu, bien entendu, de réchauffer le vin surtout par les résidus de la colonne à distiller ou par tout autre moyen de manière à laisser libre le maximum possible de calories sur l'évaporateur. Toutefois, il est possible d'adjoindre un petit chauffe-vin pour les vapeurs qui sortent de l'épurateur.

L'alcool de la colonne à distiller passe dans l'épurateur qui élimine les éthers et les aldéhydes.

Enfin l'alcool passe dans la colonne à rectifier habituellement munie d'un condenseur et d'un réfrigérant L à sa partie supérieure. Il n'est pas nécessaire d'obtenir de cette colonne de l'alcool à 96 degrés et on peut très bien se contenter d'un degré intermédiaire. Ainsi relie-t-on ordinairement le sommet des plateaux J au condenseur par un plateau fermé et une tubulure latérale. Ce condenseur fournit aux plateaux J la rétrogradation nécessaire. Sur les plateaux I et J, on effectue l'extraction habituelle des alcools supérieurs. Les vapeurs à leur sortie du condenseur sont amenées dans les plateaux R, plateaux

actuels de la colonne de rectification qui ne reçoivent plus de l'alcool, mais un courant de glycérine

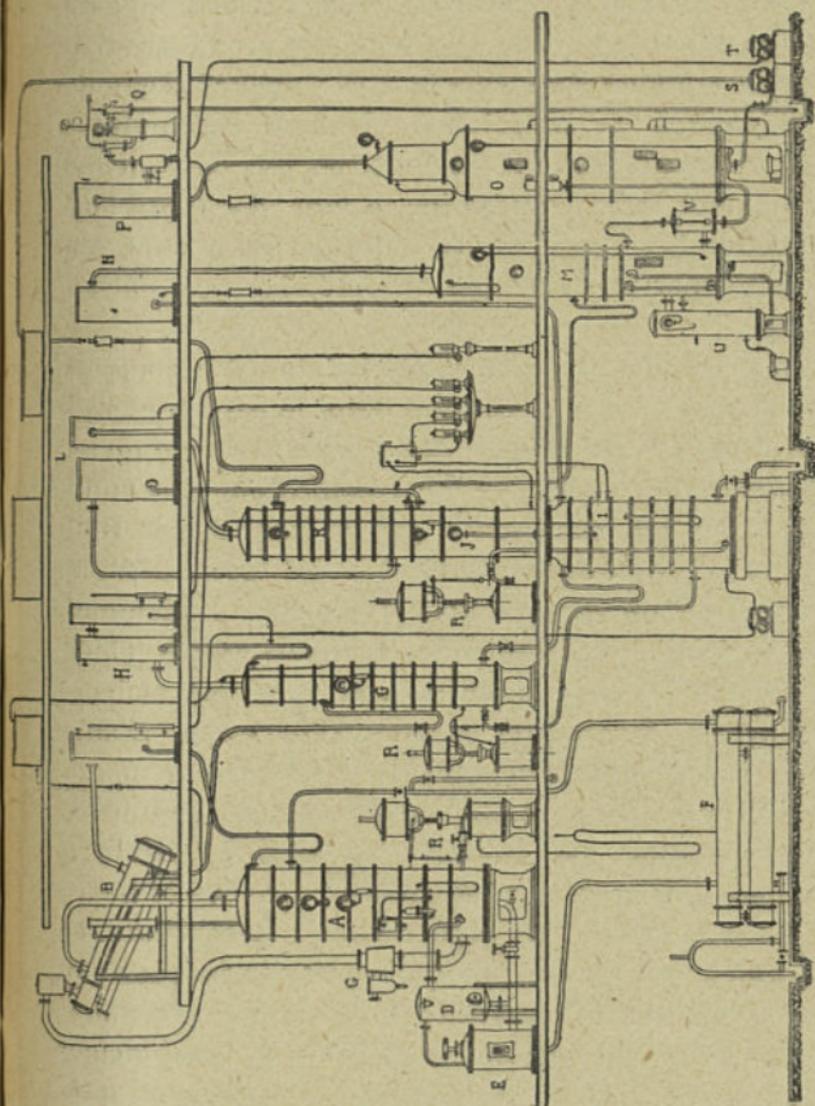


Fig. 110. — Schéma d'un rectificateur continu des moûts fermentés avec production d'alcool absolu (Granger).

venant du bac en charge. L'alcool absolu, à la sortie de cette colonne, passe directement au réfrigérant et de là à l'éprouvette.

La régénération de la glycérine est obtenue en

deux stades : 1° désalcoolisation dans la colonne M, 2° déshydratation totale dans colonne O qui fonctionne sous le vide. Un bac à flotteur V évacue automatiquement le liquide désalcoolisé pour l'introduire dans la colonne sous vide O. Les vapeurs d'eau qui se dégagent de la colonne viennent se condenser dans un condenseur P, et de là, les gaz passent dans un éjecteur Q qui détermine le vide sur toute l'installation. Les eaux de la colonne sous vide sont extraites par une colonne barométrique ou par une pompe T.

La glycérine absorbante régénérée est reprise par une pompe S, qui la conduit dans le bac en charge.

Adaptation du procédé Mariller-Granger à un rectificateur discontinu. — Le rectificateur discontinu (fig. 111) est représenté par la chaudière B, la colonne C, le condenseur E et le réfrigérant W. La production de l'alcool absolu ne doit évidemment pas se faire aux dépens des mauvais goûts et des moyens goûts car on obtiendrait un alcool riche en aldéhydes, éthers, ou alcools supérieurs. D'autre part, il ne serait pas convenable d'obtenir une marche discontinue pour l'alcool absolu. Pour éviter ces inconvénients, on calcule l'appareil à absolu de manière que le bon goût produit dans les 24 heures passe sans arrêt dans la partie qui le déshydrate. On dispose à cet effet un bac qui reçoit pendant les bons goûts une certaine quantité de cet alcool, pour qu'on puisse le mettre en œuvre en le vaporisant dans le vaporisateur V pendant la période des moyens et des mauvais goûts. Pour déterminer une économie de vapeur sur la vaporisation partielle de l'alcool, on emploie un récupérateur VR qui reçoit les eaux résiduelles bouillantes de la colonne C₂. En période de

bon goût, un système de robinets permet de faire passer directement les vapeurs dans la colonne de déshydratation D qui reçoit le courant de liquide

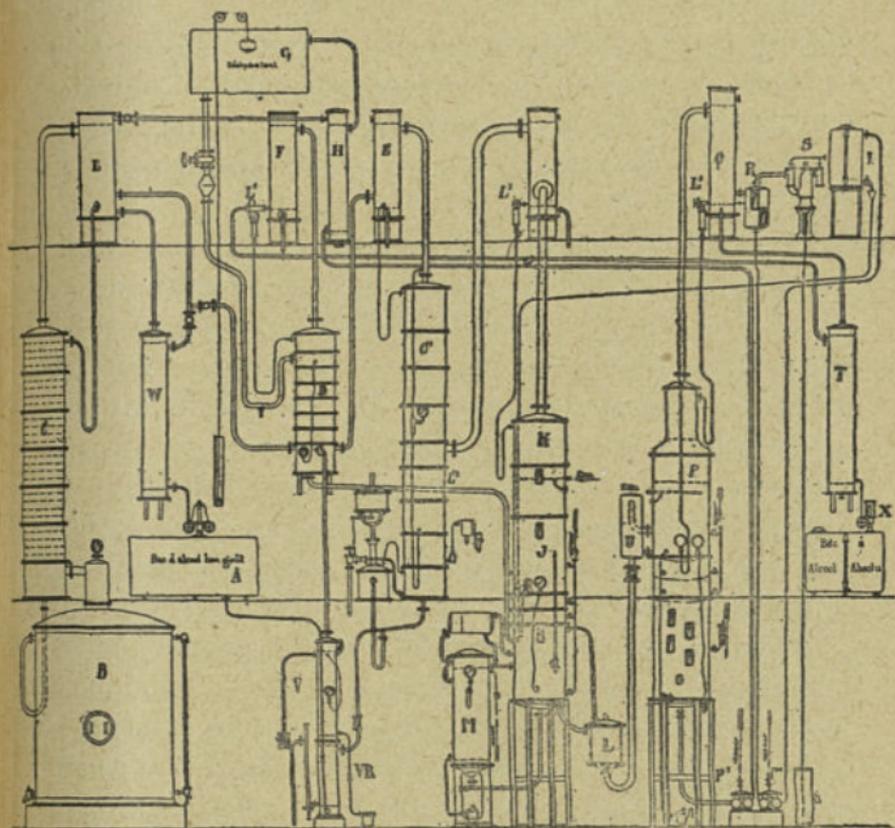


Fig. 111. — Schéma d'un rectificateur discontinu agencé pour produire de l'alcool absolu (Granger).

absorbant, lequel est emmagasiné dans un bac en charge G. Le robinet raccordé à la colonne est ouvert en plein et on ouvre le robinet sur le réfrigérant W d'une quantité juste suffisante pour obtenir le coulage supplémentaire d'alcool bon goût dans le bac A; cet alcool est traité pendant les périodes de mauvais et de moyens goûts.

L'alcool absolu, à sa sortie de la colonne D est condensé en F, puis dirigé sur un réfrigérant T et l'éprouvette X.

La régénération de l'absorbant est obtenue comme précédemment dans un système de deux appareils successifs : 1° désalcoolisation (colonne JK, condensateur L₂ et chauffeur tubulaire M); 2° concentration sous vide avec colonne OP, condenseur Q, bac sous vide R et éjecteur S.

Dans cet appareil, l'alcool obtenu à la sortie de la colonne de désalcoolisation pourrait être condensé et renvoyé à l'état liquide dans la chaudière B du discontinu pour être remonté en degré, mais on perdrait ainsi le bénéfice de la chaleur latente de cette vapeur qui permet de la ramener à 95 degrés presque gratuitement. Dans ce cas, il suffit de diriger les vapeurs sur une colonne de rectification C₁ avec épuisement C₂ et condenseur à la sortie duquel les vapeurs viennent joindre la colonne D.

Application du procédé Mariller-Granger à une colonne à haut degré. — Quand l'usine possède une colonne à haut degré, on doit prévoir une extraction d'huiles sur les plateaux inférieurs si elle n'existe pas et compléter l'appareil par un épurateur traversé par le vin à sa sortie du chauffe-vin. Le vin épuré pénètre alors dans la colonne à haut degré. Les vapeurs qui sortent du chauffe-vin sont dirigées sur la colonne de déshydratation par la glycérine, dont la régénération se fait au moyen des organes précédemment décrits.

Economie de la méthode. — La déshydratation par la glycérine donne naissance à des rétrogradations extrêmement réduites. M. Mariller a montré par exemple que l'on peut passer d'une vapeur à :

65° GL à 99°5 GL avec 3,7	de reflux.
83° GL à 99°8 GL avec 2,85	—
93° GL à 99°9 GL avec 0,53	—
95° GL à 99°9 GL avec 0,35	—
96° GL à 99°9 GL avec 0,27	—

On arrive donc à l'alcool absolu avec des rétrogradations beaucoup plus faibles que les rétrogradations actuelles, et ce résultat est obtenu avec 12 plateaux seulement au lieu des 40 plateaux et plus des rectificateurs actuels.

Dans ces conditions, il est évident que la dépense du procédé par hectolitre d'alcool pur sera extrêmement variable suivant le degré de l'alcool de départ, l'agencement du matériel, etc. Le procédé n'entraîne aucune perte d'alcool, aucune perte d'absorbant, aucune main-d'œuvre supplémentaire. Quant à la dépense de vapeur, à partir de 45 degrés, elle devient inférieure à 25 kilogrammes par hectolitre d'alcool, ce qui représente 4 kilogrammes de charbon à 100 francs la tonne, soit 0 fr. 40. En comptant même 1 franc à l'hectolitre pour tenir compte des petites fuites d'absorbant par les joints et d'une consommation un peu plus forte de vapeur et en y ajoutant 2 francs par hectolitre pour la prime d'invention, on aboutit à un prix de revient de 3 francs. Ce prix peut être considérablement réduit dans un appareil garantissant la réduction des reflux et utilisant le circuit calorifique fermé, avec thermo-compresseur. Il faut y ajouter cependant l'amortissement du matériel spécial, amortissement variable avec la puissance des usines. Pour une usine de 200 hectolitres, en comptant pour le matériel une somme de 200.000 francs qui constitue un maximum, l'amortissement en 100 jours donnerait un chiffre de 10 francs par hectolitre. La dépense totale serait

donc, dans ce cas, voisine de 13 francs par hectolitre, ce qui laisserait encore un bénéfice journalier de 400 francs en se basant sur une plus-value de 15 francs à l'hectolitre. Après cette période très courte d'amortissement, le prix de revient tomberait à 3 francs, ce qui laisserait encore 7 francs à l'hectolitre en supposant que la plus-value s'abaisse à 10 francs (1).

Autres procédés de préparation de l'alcool absolu. — A côté du procédé Ricard-Allenet et du procédé Mariller décrits ci-dessus, on trouve tous les procédés par déshydratation chimique qui font agir sur des corps avides d'eau formant avec l'eau des hydrates fixes, soit des liquides alcooliques, soit des vapeurs alcooliques.

Les principales substances employées dans ce but sont la chaux vive, le chlorure de calcium, le carbonate de potasse, etc. Deininger faisait passer les vapeurs à la sortie de la rectificatrice dans un cylindre contenant du chlorure de calcium. Wolkoff envoyait les vapeurs d'alcool dans un appareil chargé de carbonate de potasse : les vapeurs, en traversant ce sel, se débarrassaient de leur vapeur d'eau qui dissolvait le sel. La solution saline ainsi obtenue était alors concentrée dans un four Porion pour la régénération du carbonate de potasse.

La seule méthode qui subsiste aujourd'hui consiste à déshydrater les vapeurs d'alcool par passage sur de la chaux vive. La chaux déshydrate l'alcool, arrête les acides et les éthers, et permet d'obtenir de l'alcool absolu avec 2 à 3 p. 100 de freinte.

(1) Les renseignements relatifs aux procédés Mariller-Granger nous ont été très obligeamment fournis par M. Granger, constructeur, à Paris.

VIII. — ANALYSE DES ALCOOLS ET EAUX-DE-VIE

ANALYSE QUALITATIVE

La recherche qualitative des impuretés de l'alcool comprend principalement la recherche des aldéhydes, des alcools supérieurs et notamment du fusel, et celle du furfurol.

Recherche des aldéhydes. — Il existe un grand nombre de réactifs capables de caractériser les aldéhydes. Deux des plus sensibles sont le bisulfite de rosaniline et le chlorhydrate de métaphénylène diamine.

On obtient le premier réactif en mélangeant dans une petite fiole bouchée 200 centimètres cubes d'eau et 30 centimètres cubes d'une solution fraîche de fuchsine à 1 p. 1.000; on ajoute 20 centimètres cubes de bisulfite de soude à 30° Baumé, puis 3 centimètres cubes d'acide sulfurique pur. La décoloration de la fuchsine se produit rapidement. Pour faire l'essai d'un alcool, on le ramène à 50 degrés avec de l'eau, et à 2 centimètres cubes de cet alcool dilué on ajoute 1 centimètre cube de réactif. On agite et on laisse reposer. S'il y a des aldéhydes, il se produit une coloration violette, d'autant plus intense qu'elles sont plus abondantes.

Le chlorhydrate de métaphénylène diamine, en solution fraîchement préparée, et versée goutte à goutte dans l'alcool à essayer, donne, s'il y a des aldéhydes, une coloration jaune, suivie au bout de quelque temps d'une fluorescence verte. Signalons

enfin le procédé Barbet et Jandrier. Dans un tube à essai, on verse 2 centigrammes d'un des réactifs suivants : acide phénique, naphthol α ou β , résorcine, hydroquinone, phloroglucine, pyrogallol, gâïacol, thymol ou acide gallique. Une fois le réactif dissous, on fait couler le long des parois du tube 1 centimètre cube d'acide sulfurique pur. S'il y a des aldéhydes, il se forme un anneau coloré au plan de séparation des deux liquides. Après agitation, il y a une coloration variable selon la nature des aldéhydes et du réactif.

Recherche des alcools supérieurs. — La méthode la plus pratique est celle de MM. Ch. Girard et X. Rocques, qui consiste à éliminer les aldéhydes par ébullition au réfrigérant ascendant en présence de métaphénylène diamine ou de phosphate d'aniline, puis à distiller et à verser sur le produit distillé l'acide sulfurique monohydraté. En chauffant il se produit une coloration brune plus ou moins forte. Nous décrirons plus loin la pratique de ce procédé en étudiant les méthodes officielles françaises.

Pour la recherche du fusel, la régie suisse utilise la réaction de Komarowsky. On additionne 10 centimètres cubes de l'alcool de 1 centimètre cube d'une solution à 1 p. 100 d'aldéhyde salicylique dans l'alcool tout à fait pur, puis on ajoute avec précaution 20 centimètres cubes d'acide sulfurique chimiquement pur et on mélange le tout par agitation. Après douze heures, les alcools purs ne donnent qu'une coloration jaune clair, les alcools qui contiennent plus ou moins de fusel donnent une coloration qui varie du jaune au rouge foncé.

Recherche du furfurol. — Ce corps est très facile à déceler. Sa présence est pour ainsi dire

constante dans les produits de queue : il semble se former non pas dans la fermentation, mais dans la distillation des vins. On le reconnaît au moyen de l'acétate d'aniline. On ajoute à l'alcool quelques gouttes d'aniline et un peu d'acide acétique, et s'il y a du furfurole, on voit apparaître une belle coloration rouge.

ANALYSE QUANTITATIVE

La détermination quantitative des impuretés contenues dans les alcools et eaux-de-vie peut se faire soit en dosant en bloc toutes les matières étrangères, soit en dosant séparément les diverses substances.

Parmi les premières méthodes, il faut citer les méthodes de Røese, de Traube, de Savalle et de Barbet.

La méthode de Røese est basée sur ce fait que le chloroforme dissout plus fortement les homologues supérieurs de l'alcool éthylique que celui-ci. Connaissant le pouvoir dissolvant pour l'alcool pur d'un degré déterminé et l'augmentation de volume de la couche chloroformique par suite de cette dissolution, on peut, en se basant sur l'augmentation plus grande de cette couche dans le cas d'un alcool impur, déduire de cette augmentation, au moyen d'une échelle spéciale, la quantité d'impuretés que l'alcool contient. En distillant au préalable l'alcool avec une petite quantité de lessive de soude (Stutzer et Reitmayr), on élimine les aldéhydes, les éthers et les acides qui viennent influencer l'augmentation de la couche chloroformique, et celle-ci est alors due seulement au fusel. On se sert, pour faire l'essai,

d'un tube gradué de forme spéciale, dit tube de Røese; et des tables dressées par Stutzer et Reitmayr donnent directement, connaissant l'augmentation en centimètres cubes de la couche de chloroforme, les impuretés correspondantes en millièmes.

La méthode de Traube est basée sur ce fait que l'élévation d'un alcool dans un tube capillaire est d'autant plus faible que cet alcool renferme davantage d'alcool amylique. L'appareil se compose d'un tube capillaire pourvu d'une échelle divisée en demi-millimètres. Connaissant la hauteur de la colonne avec l'alcool pur on déduit de l'abaissement de cette colonne la teneur en alcool amylique.

La méthode Savalle consiste à traiter l'alcool par un volume égal d'acide sulfurique monohydraté. En chauffant le mélange, il se produit une coloration brune plus ou moins forte, si l'alcool est impur. Avec l'alcool pur, le mélange reste incolore. On apprécie l'intensité de la teinte obtenue en la comparant avec une série de verres types progressivement colorés et allant de 1 à 10. Savalle a donné à cet appareil le nom de *diaphanomètre*; chaque numéro correspond à 1 p. 10.000 d'impuretés.

La méthode de M. Barbet est basée sur l'emploi du permanganate de potasse. Elle peut rendre de grands services pour comparer entre eux les alcools fins d'industrie. On prend 50 centimètres cubes de l'alcool à analyser, on les amène à la température de 18 degrés, puis on y verse rapidement 2 centimètres cubes d'une solution de permanganate de potasse à 0 gr. 2 par litre. On note l'heure exacte, on agite, la coloration rose disparaît peu à peu et fait place à une coloration nuance saumon, puis la teinte passe au jaune citron et finalement disparaît. On observe

soigneusement l'apparition du virage à la nuance saumon, et on note exactement le temps exigé pour que la teinte devienne identique à une teinte type fournie avec le nécessaire à analyse. La décoloration est d'autant plus rapide que l'alcool est plus impur. La durée de décoloration ne doit pas être inférieure à trente minutes pour les alcools extra-fins et à dix minutes pour les alcools surfins; les alcools fins descendent à une minute et même au-dessous.

Pour les flegmes, il est essentiel d'opérer toujours au même degré alcoolique de 42 d., 5, degré auquel M. Barbet a reconnu l'existence d'une sorte de maximum de rapidité décolorante. Il faut aussi prendre soin de saturer préalablement le flegme, car l'acidité fausse les indications. La décoloration des flegmes ou des mauvais goûts est très prompte, quelquefois instantanée.

Cette méthode, adoptée en Suisse, en Russie, en Autriche et dans beaucoup de laboratoires industriels français, est rapide, très simple et constitue un excellent moyen pour la classification et la comparaison des trois-six.

Pour les mauvais alcools, on modifie le mode opératoire. On met dans le flacon d'essai 10 centimètres cubes de la liqueur de permanganate, et on verse l'alcool, au moyen d'une burette graduée, sur le permanganate, en agitant sans cesse, jusqu'à ce que la couleur violacée soit changée en une teinte cuivre rouge déterminée par une seconde teinte type. Moins il faut d'alcool pour atteindre cette nuance, plus l'alcool analysé est impur. On peut ainsi contrôler journallement le fonctionnement des rectificateurs, le pouvoir épurant des filtres, etc.

Méthodes officielles françaises pour l'analyse des alcools et eaux-de-vie.

Titre alcoolique. — On détermine le titre alcoolique *apparent* en notant les indications données par le thermomètre et l'alcoomètre. On a amené, au préalable, le liquide à une température aussi voisine que possible de 15 degrés. On se reporte ensuite aux tables de Gay-Lussac pour faire la correction de température.

Pour déterminer le titre alcoolique *réel*, on distille 250 centimètres cubes de liquide, mesurés à une température aussi voisine que possible de 15 degrés. Si le titre alcoolique de l'alcool à examiner atteint ou dépasse 65 d., on en prend seulement 200 centimètres cubes et on ajoute 50 centimètres cubes d'eau. Si le titre alcoolique est inférieur à 50 d., on distille 275 centimètres cubes, on en recueille 250 et on retranche $\frac{1}{10}$ du chiffre trouvé. On opère la réfrigération au moyen d'un serpentín en étain pur, ayant au moins un mètre de longueur et refroidi au moyen d'un courant continu d'eau froide. Le distillat est recueilli dans un ballon jaugé de 250 centimètres cubes dans lequel on place 10 centimètres cubes d'eau. A l'extrémité du tube du réfrigérant, on ajuste, au moyen d'un caoutchouc, un tube de verre qui vient plonger dans l'eau placée au fond du ballon, de manière à assurer la condensation des produits de tête, et notamment des aldéhydes. Lorsque les premières portions sont condensées, et au fur et à mesure que le ballon se remplit, on abaisse ou on incline le ballon récepteur de manière que le tube ne

plonge pas dans le liquide distillé. On pousse la distillation aussi loin que possible. On amène à 250 centimètres cubes le volume du distillat, et on prend son titre alcoolique.

Extrait sec. — 25 centimètres cubes d'eau-de-vie, placés dans un vase en verre à fond plat, sont évaporés au bain-marie. On chauffe pendant trois heures et on pèse.

On peut vérifier le titre alcoolique réel en employant la formule de M. Blarez; soit A le titre alcoolique réel, a le titre alcoolique apparent, E la teneur en extrait sec par litre, on a :

$$A = a + E \times \alpha.$$

Voici les valeurs de α établies par M. Blarez :

Titre alcoolique.	Valeurs de α .
25	0,35
30	0,30
35	0,28
40	0,25
45	0,223
50	0,20
55	0,179
60	0,16
70	0,151
80	0,125

Si l'extrait renferme de la glycérine, il y a lieu de modifier le coefficient α en le divisant par 1,05.

On fait un examen sommaire de l'extrait et on le goûte. On se rend compte ainsi de la présence dans celui-ci des sucres, tanins, glycérine, substances diverses aromatiques, etc.

Acidité totale. — 25 centimètres cubes d'alcool ou d'eau-de-vie sont placés dans un large vase de verre à fond plat; on ajoute cinq gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine à 1 p. 100, et on titre

au moyen de potasse $\frac{N}{20}$; soit n le nombre de centimètres cubes de liqueur employée, $n \times 0,12$ donne l'acidité par litre exprimée en acide acétique.

Si l'alcool ou l'eau-de-vie renferment une quantité sensible d'acide carbonique en solution, il faut, avant de faire le dosage, les faire bouillir au réfrigérant ascendant. Si le liquide est très coloré, comme c'est le cas pour les rhums, on préparera, dans un vase identique à celui où on a placé l'eau-de-vie, une solution aqueuse teinte au moyen d'une quantité convenable de brun Bismarck, et on pourra ainsi, par comparaison, se rendre compte du moment où se produit le virage de l'indicateur.

Acidité fixe. — On met 25 centimètres cubes d'eau-de-vie dans un vase de verre; on évapore au bain-marie jusqu'à ce qu'il reste environ 5 centimètres cubes, et on termine l'évaporation dans le vide, comme pour les vins. On redissout le résidu dans l'eau, et on le titre comme dans l'essai précédent.

Dosage des impuretés par fonctions. — Ces dosages s'effectuent sur les alcools amenés à 50 d., ou les eaux-de-vie distillées et amenées également à 50 d. On se sert dans ce but du liquide provenant de la distillation et ayant servi à déterminer le degré alcoolique réel. Si le degré alcoolique de ce liquide est supérieur à 50 d., on le dilue avec de l'eau. Si, au contraire, il est inférieur à 50 d., on y ajoute de l'alcool pur à 95 d. en quantité déterminée. Il faut, dans ce dernier cas, tenir compte ultérieurement de la proportion d'alcool ajouté.

Par exemple, une eau-de-vie marque 30 d.; on en distille 275 centimètres cubes, et on recueille 250 centimètres cubes. Ce distillat marque 33 d.; il faut

donc ajouter à 100 centimètres cubes 36 cmc. 5 d'alcool pur à 95 d., ce qui donnera un volume de 134 cmc. 8 (voir les tables ci-après). Tous les nombres obtenus en employant les coefficients ou les tables qu'on trouvera plus loin (et qui donnent la proportion des diverses substances en grammes par hectolitre d'alcool à 100 d.), devront donc, dans ce cas, être divisés par 1,348.

Dosage des aldéhydes. — a) *Dosage colorimétrique.* — On prépare une solution titrée d'aldéhyde éthylique pur renfermant 1 décigramme de ce corps par litre d'alcool pur à 50 d. et une solution de bisulfite de rosaniline.

Pour la préparation de la solution titrée d'aldéhyde éthylique, on purifie d'abord de l'aldéhydate d'ammoniaque pur du commerce en le broyant, à plusieurs reprises, dans un mortier, avec de l'éther anhydre et en décantant chaque fois ce dissolvant. On fait ensuite sécher l'aldéhydate à l'air libre, puis dans le vide sur l'acide sulfurique.

On pèse 1 gr. 386 d'aldéhydate sec (quantité qui correspond à 1 gramme d'aldéhyde); on introduit la matière dans un petit ballon jaugé de 100 centimètres cubes, et on fait dissoudre à froid dans environ 50 centimètres cubes d'alcool pur à 95 d. Quand la solution est opérée, on ajoute 22 cmc. 7 d'acide sulfurique normal dans l'alcool pur à 95 d. Il se produit aussitôt un précipité de sulfate d'ammoniaque. On complète le volume à 100 centimètres cubes avec l'alcool pur à 95 d.; puis on ajoute 0 cmc. 8 d'alcool pour compenser le volume occupé par le sulfate d'ammoniaque formé. On agite, on laisse déposer jusqu'au lendemain et on filtre. On a ainsi une solution d'aldéhyde à 1 p. 100 dans l'alcool pur à 95 d.

On la dilue ensuite avec la quantité d'eau et la quantité d'alcool pur à 50 d. nécessaires pour obtenir une solution à 100 milligrammes par litre d'alcool à 50 d.

Pour la préparation du bisulfite de rosaniline, on verse dans un ballon jaugé de 250 centimètres cubes : 1° 30 centimètres cubes d'une solution de fuchsine à 1 p. 1.000 dans l'alcool pur à 95 d. ; 2° 15 centimètres cubes de bisulfite de soude à 36° Baumé ; 3° 30 centimètres cubes d'eau. On bouche le flacon, on agite et on laisse ensuite reposer pendant une heure. Au bout de ce temps, on ajoute 15 centimètres cubes d'acide sulfurique au tiers, puis on complète à 250 centimètres cubes avec de l'alcool pur à 50 d. Cette solution est légèrement colorée quand elle vient d'être préparée ; elle se décolore complètement ; u bout de quelques temps. Le bisulfite de rosaniline se conserve mieux quand il est préparé en solution alcoolique qu'en solution aqueuse.

En possession de ces réactifs, voici comment il convient d'opérer. On emploie des tubes à essai de 20 centimètres cubes de capacité, bouchés à l'émeri et portant un trait de jauge de 10 centimètres cubes. On introduit dans un tube 10 centimètres cubes de solution d'aldéhyde type à 0 gr. 100 par litre, et dans un autre 10 centimètres cubes de l'alcool à essayer (distillé et amené à 50 d.). On ajoute dans chaque tube 4 centimètres cubes de réactif bisulfite de rosaniline ; on agite et on attend pendant vingt minutes. Au bout de ce temps, on procède à l'essai colorimétrique. Le liquide type est examiné sur une épaisseur de 10 millimètres ; on détermine l'épaisseur de l'autre liquide nécessaire pour obtenir l'égalité de teinte. Si le liquide est peu coloré, on abaisse

Tableau donnant les volumes d'alcool à 95 d. à ajouter à 100 volumes d'alcool titrant moins de 50 degrés pour obtenir de l'alcool à 50 degrés.

DEGRÉ alcoolique.	VOLUME d'alcool à 95° à ajouter.	VOLUME final obtenu.	DEGRÉ alcoolique.	VOLUME d'alcool à 95° à ajouter.	VOLUME final obtenu.
30	42,2	140,2	41	19,2	118,5
31	40,1	138,2	42	17,1	116,4
32	38,0	136,3	43	14,9	114,4
33	36,0	134,3	44	12,8	112,4
34	33,9	132,4	45	10,7	110,3
35	31,8	130,4	46	8,6	108,2
36	29,7	128,4	47	6,4	106,2
37	27,6	126,5	48	4,3	104,1
38	25,5	124,5	49	2,1	102,0
39	23,4	122,5	50	0,0	100,0
40	21,3	120,5			

Tableau donnant les volumes d'eau à ajouter à 100 volumes d'alcool titrant plus de 50 degrés.

DEGRÉ alcoolique.	VOLUME d'eau à ajouter.	DEGRÉ alcoolique.	VOLUME d'eau à ajouter.	DEGRÉ alcoolique.	VOLUME d'eau à ajouter.
100	107,4	83	69,5	66	33,3
99	105,6	82	67,4	65	31,2
98	102,7	81	65,2	64	29,1
97	109,5	80	63,1	63	27,0
96	98,1	79	60,9	62	25,0
95	95,9	78	58,8	61	22,9
94	93,7	77	56,7	60	20,8
93	91,4	76	54,5	59	18,7
92	89,2	75	52,4	58	16,6
91	87,0	74	50,3	57	14,5
90	84,8	73	48,1	56	12,4
89	82,6	72	46,0	55	10,4
88	80,4	71	43,9	54	8,3
87	78,2	70	41,8	53	6,2
86	76,0	69	39,7	52	4,1
85	73,8	68	37,6	51	2,1
84	71,7	67	35,4	50	0,0

l'épaisseur du type à 5 millimètres pour faire l'essai, puis on multiplie par 2 le chiffre lu.

L'intensité colorante obtenue n'est pas proportionnelle à la teneur en aldéhyde. Le tableau suivant permettra d'établir une courbe donnant la teneur en aldéhyde calculée par hectolitre d'alcool absolu :

Indication du colorimètre (épaisseur en dixième de millimètre).	Aldéhyde en grammes par hectolitre d'alcool à 100°.
1000	4
400	9
250	12
167	15
100	20
<hr/> 69	<hr/> 25
54	30
42	35
34	40

On ne devra considérer cet essai que comme approximatif, si la teneur en aldéhyde du type est assez éloignée de celle de l'alcool examiné, et on devra se servir des indications de ce premier essai pour en faire un second dans lequel on diluera convenablement avec de l'alcool pur à 50 d., soit le type, soit le liquide examiné, suivant que ce dernier aura donné une coloration moins ou plus intense que le type.

b) *Dosage volumétrique.* — Si l'alcool ou l'eau-de-vie renferme une proportion élevée d'aldéhydes (certaines eaux-de-vie de marc, par exemple), on pourra effectuer le dosage par la méthode volumétrique. On prépare les solutions suivantes : 1° Solution S : Faire dissoudre dans 400 centimètres cubes d'eau 12 gr. 6 de sulfite de soude pur et sec (1), puis

(1) Si le sulfite de soude n'était pas pur, on y doserait l'acide sulfureux et on en prendrait une quantité contenant 12 gr. 6 de sulfite pur.

ajouter 100 grammes d'acide sulfurique normal et amener à 1 litre avec de l'alcool à 95 d. S'il se dépose des cristaux de sulfate de soude, filtrer pour les séparer. 2^o Solution I : solution décimale d'iode dans l'iodure de potassium. Un centimètre cube de cette solution correspond à 0,0032 d'acide sulfureux ou 0,0022 d'aldéhyde éthylique.

On titre la liqueur S au moyen de la liqueur I. Si le sulfite de soude employé est pur, 10 centimètres cubes de la liqueur S exigent 20 centimètres cubes de liqueur I.

Pour doser l'aldéhyde, on introduit, dans un ballon jaugé de 100 centimètres cubes, muni d'un long col (1), la solution à titrer (10 centimètres cubes, si elle renferme de 5 à 10 p. 1.000 d'aldéhyde, 20 centimètres cubes, si elle en contient de 2 à 5 p. 1.000, et 50 centimètres cubes, si elle n'en contient que de 1 à 2 p. 1.000); on ajoute 50 centimètres cubes de liqueur S; on complète le volume de 100 centimètres cubes avec de l'alcool à 50 d. pur; on agite et on bouche solidement le ballon avec un bouchon de liège.

On prépare un ballon témoin, semblable au précédent, dans lequel on introduit 50 centimètres cubes de liqueur S; on complète également son volume à 100 centimètres cubes et on agite.

Les deux ballons sont placés dans un bain-marie chauffé à 50°; on les y laisse pendant quatre heures, en maintenant cette température. Au bout de ce temps, on fait refroidir; on agite de nouveau; on

(1) Les ballons jaugés de 100-110 conviennent bien. Le volume du col, au-dessus de la graduation à 100 centimètres cubes, est de 15 centimètres cubes environ et ce volume est nécessaire pour permettre au liquide de se dilater par la chaleur sans faire sauter le bouchon.

prélève 50 centimètres cubes de chacun des deux liquides sur lesquels on effectue le titrage de l'acide sulfureux libre au moyen de la liqueur I. Pour cela, il faut ajouter environ 50 centimètres cubes d'eau, puis un peu de solution d'amidon, sans quoi, en présence de l'alcool, la coloration finale est rouge brun sale, au lieu d'être d'un beau bleu.

Soit A le nombre de centimètres cubes de liqueur I exigés par les 50 centimètres cubes de liquide du ballon témoin, et a le nombre de centimètres cubes exigés par le ballon contenant la solution aldéhydique; la teneur en aldéhyde, par litre de cette dernière, sera :

$$\begin{array}{llll} (A - a) 0,44 & \text{si on a opéré sur 10 centimètres cubes.} & & \\ (A - a) 0,22 & \text{—} & 20 & \text{—} \\ (A - a) 0,088 & \text{—} & 50 & \text{—} \end{array}$$

Dosage des éthers. — Dans un ballon de 250 centimètres cubes en verre dur, inattaquable par les solutions alcalines, on introduit 100 centimètres cubes d'alcool à 50 d., deux grains de pierre ponce et cinq gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine à 1 p. 100. On sature exactement les acides libres au moyen d'une liqueur de soude $\frac{N}{10}$ (liqueur préparée fraîchement et exempte de carbonates) : on ajoute ensuite 20 centimètres cubes de la liqueur alcaline $\frac{N}{10}$ et on fait bouillir pendant dix heures au réfrigérant ascendant; on laisse refroidir, puis on ajoute 20 centimètres cubes d'acide sulfurique $\frac{N}{10}$ et on titre l'excès d'acide par la soude $\frac{N}{10}$ (on vérifie bien exactement le titre de la soude par rapport à

l'acide, et, s'il n'y a pas correspondance absolue, on en tient compte dans les calculs).

Soit n le nombre de centimètres cubes de liqueur $\frac{N}{10}$ employés : $n \times 17,6$ donne la teneur en éthers (évalués en éther acétique) par hectolitre d'alcool à 100 d.

Lorsque l'alcool à analyser renferme une proportion appréciable d'aldéhydes, on effectue la saponification par une ébullition de deux heures avec une liqueur titrée de sucrate de chaux. Le sucrate de chaux n'agit pas sur les aldéhydes comme la soude caustique.

Dosage des alcools supérieurs. — On prépare d'abord une liqueur type renfermant 0 gr. 667 d'alcool isobutylique pur par litre d'alcool pur à 66 d. 7.

On place dans un ballon de 250 centimètres cubes 100 centimètres cubes d'alcool ou d'eau-de-vie à analyser, préalablement distillé et amené exactement au titre alcoolique de 50 d. On ajoute 1 centimètre cube d'aniline pure, 1 centimètre cube d'acide phosphorique sirupeux pur et quelques grains de pierre ponce, et on chauffe au réfrigérant à reflux, de manière à maintenir le liquide à une douce ébullition pendant une heure. Au bout de ce temps, on cesse de chauffer, et quand le liquide est refroidi, on le distille. Il faut avoir soin, pour effectuer cette distillation, d'incliner le ballon à 45 degrés environ et de le relier à un serpentín de verre par un tube assez large terminé en biseau. Le réfrigérant doit être bien refroidi et avoir environ 1 mètre de longueur, de manière que le liquide distillé s'écoule à la température ordinaire. On recueille dans un petit ballon jaugé exactement 75 centimètres cubes de liquide, qui renferment la totalité de l'alcool et

marquent par conséquent 66 d. 7 à l'alcoomètre. On rend ce mélange homogène par agitation.

On fait agir de l'acide sulfurique sur ce liquide. Pour cela, on se sert de petits matras d'essayeur d'une capacité de 100 centimètres cubes, dont on coupe le col de manière que celui-ci mesure 20 centimètres de long. Avec une pipette, on mesure exactement 10 centimètres cubes de l'alcool distillé, qu'on introduit dans un matras propre et sec. (Pour nettoyer les matras, on y fait chauffer de l'acide sulfurique, puis on les rince plusieurs fois à l'eau et on les fait égoutter). On introduit 10 centimètres cubes d'acide sulfurique monohydraté pur et incolore, qu'on fait couler le long de la paroi du matras, de manière qu'il se réunisse au fond; on mélange ensuite vivement l'alcool et l'acide et on chauffe le mélange à 120 degrés pendant une heure dans un bain de chlorure de calcium bouillant à cette température et maintenu à un niveau constant par un ballon d'alimentation rempli d'eau.

En même temps que l'alcool ou les alcools à essayer, on met un matras contenant 10 centimètres cubes de liqueur type à 0,667 d'alcool isobutylique pur et 10 centimètres cubes d'acide sulfurique.

On remarquera que cette solution type a une composition telle qu'elle correspond au produit de la distillation d'une solution de 0 gr. 500 d'alcool isobutylique pur dans un litre d'alcool à 50 d., la distillation étant faite dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire en recueillant les trois quarts du liquide distillé. De cette manière, la comparaison entre l'alcool et la liqueur type peut se faire aisément.

Quand l'alcool à essayer et la solution type ont été soumis pendant une heure à l'action de l'acide et à

la température de 120 degrés, on retire les matras du bain de chlorure de calcium et on laisse refroidir, puis on les compare au colorimètre en donnant au type une épaisseur de 10 millimètres.

L'intensité colorante obtenue n'est pas absolument proportionnelle à la teneur en alcool isobutylique. Le tableau ci-dessous permettra d'établir une courbe donnant la teneur en alcools supérieurs évalués en alcool isobutylique, et calculés en grammes par hectolitre d'alcool à 100 d.

Indications du colorimètre (épaisseur en dixième de millimètre).	Alcools supérieurs en grammes par hectolitre d'alcool à 100 ^d .
2600	10
830	20
330	40
195	60
132	88
100	100
<hr/>	<hr/>
44	200
37	250
31	300
23	400

De même que nous l'avons dit pour les aldéhydes, si l'intensité colorante de l'alcool à examiner est très différente de celle du type, il sera bon de faire un second essai en diluant l'un ou l'autre de ces alcools avec une proportion déterminée d'alcool pur à 66 d. 7.

Dosage du furfurol. — On prépare d'abord, comme liqueur type, une solution de furfurol à 0 gr. 010 dans l'alcool pur à 50 d.

On introduit dans un tube 100 centimètres cubes d'alcool à 50 d, 0 cc. 5 d'aniline fraîchement distillée et 2 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable exempt de furfurol. On fait en même temps un essai comparable avec 10 centimètres cubes de

liqueur type de furfurol. Au bout de vingt minutes, on examine comparativement les liqueurs au colorimètre en donnant au type une épaisseur de 10 millimètres.

Les chiffres suivants permettent d'établir une courbe donnant la teneur en furfurol en grammes par hectolitre d'alcool à 100 d.

Indications du colorimètre (épaisseur en dixième de millimètre).	Furfurol en grammes par hectolitre d'alcool à 100 ^d .
2000	0,1
1000	0,2
667	0,3
500	0,4
333	0,6
250	0,8
200	1,0
133	1,5
100	2,0
<hr/>	<hr/>
80	2,5
67	3,0
50	4,0

Manière d'exprimer les résultats d'analyse. — On exprime les divers résultats de l'analyse en grammes par hectolitre d'alcool à 100 d. La somme des divers éléments (acides, aldéhydes, éthers, alcools supérieurs et furfurol) constitue ce qu'on nomme le coefficient non-alcool.

Dosage de l'acide cyanhydrique. — Ce dosage, ainsi que celui de l'aldéhyde benzoïque, ne présente d'intérêt que dans le cas d'analyse du kirsch. 200 centimètres cubes de kirsch, placés dans un ballon de 500 centimètres cubes sont additionnés de quelques gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine, puis d'une solution de soude caustique jusqu'à ce que le liquide soit très nettement alcalin. On ajoute un peu de pierre ponce et on distille

jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans le ballon que 75 centimètres cubes environ. On laisse refroidir; on ajoute 2 centimètres cubes d'acide phosphorique à 60 degrés Baumé et on distille de nouveau, en faisant plonger l'extrémité du serpentin dans un petit ballon contenant 5 centimètres cubes d'ammoniac. On pousse la distillation jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 20 centimètres cubes dans le ballon. Le liquide ammoniacal est additionné de quelques gouttes de solution d'iodure de potassium, et on y verse une solution de nitrate d'argent $\frac{N}{20}$ jusqu'à formation d'un léger louche persistant. Soit n le nombre de centimètres cubes de liqueur d'argent : $n \times 0,00135$ donne la proportion d'acide cyanhydrique par litre de kirsch.

Dosage de l'aldéhyde benzoïque. — Le produit de la distillation obtenu dans l'opération précédente est placé dans un ballon de 500 centimètres cubes : on ajoute 3 à 4 centimètres cubes de réactif de Fischer fraîchement préparé. Ce réactif est formé de : chlorhydrate de phénylhydrazine, 2 grammes; acétate de soude cristallisé, 3 grammes; eau, 20 centimètres cubes. On agite, puis on ajoute 250 centimètres cubes d'eau : il se précipite de la benzilidène-phénylhydrazine. On filtre, on lave à l'eau faiblement alcoolisée; puis on redissout le précipité dans un peu d'alcool absolu en recevant le liquide dans une capsule de verre tarée. On évapore dans le vide et on pèse. Soit p le poids obtenu : $p \times 2,7$ donne le poids d'aldéhyde benzoïque dans un litre de kirsch.

Recherche de l'alcool méthylique. — a) *Procédé Trillat, modifié par Wolff.* — On fait

dissoudre dans un ballon 15 grammes de bichromate de potasse dans 130 centimètres cubes d'eau; on ajoute 70 centimètres cubes d'acide sulfurique au cinquième et 10 centimètres cubes d'alcool à 90-95 degrés ou une quantité d'eau-de-vie contenant la proportion d'alcool équivalente, et on laisse réagir pendant vingt minutes. On distille, on recueille 25 centimètres cubes qu'on rejette : on distille ensuite un peu plus rapidement et on recueille 100 centimètres cubes. On prend 50 centimètres cubes, on les place dans un petit ballon bouché à l'émeri et on y ajoute 1 centimètre cube de diméthylaniline pure. On agite et on laisse en contact pendant vingt-quatre heures à la température ordinaire. On transvase le contenu du flacon dans un petit ballon, on ajoute quelques grains de ponce, 4 à 5 gouttes de solution alcoolique très étendue de phénol-phtaléine; on introduit rapidement 3 centimètres cubes de solution de soude (160 grammes de soude caustique par litre); puis on continue à verser la soude goutte à goutte jusqu'à coloration rose persistante, en ayant soin de ne pas dépasser ce point. On distille 30 centimètres cubes pour éliminer la diméthylaniline; on ajoute au résidu de la distillation 25 centimètres cubes d'eau, 1 centimètre cube d'acide acétique et IV à V gouttes d'eau contenant en suspension un peu de bioxyde de plomb (2 grammes de PbO^2 par litre d'eau). Si l'alcool renfermait de l'alcool méthylique, il se produit une coloration bleue résistant à l'ébullition.

M. Wolff conseille de faire un essai à blanc avec de l'alcool pur à 90-95 degrés et deux autres essais : l'un avec de l'alcool renfermant 2 p. 1000 d'alcool méthylique et l'autre avec de l'alcool contenant 5 p. 1000 d'alcool méthylique.

b) *Procédé Sanglé-Ferrière et Cuniasse.* — 50 centimètres cubes d'alcool au titre maximum de 50 degrés sont additionnés de 1 centimètre cube d'acide sulfurique pur, puis de 5 centimètres cubes environ de solution saturée de permanganate de potassium. On attend quelques minutes; si, au bout de ce temps, il y a un excès de permanganate, on ajoute quelques gouttes de solution concentrée de tannin. On sature avec du carbonate de soude ou du carbonate de chaux pulvérisé, on filtre, on ajoute à la solution filtrée 2 centimètres cubes d'une solution de phloroglucine à 1 gramme par litre et 1 centimètre cube de solution concentrée de potasse. En présence d'alcool méthylique, il se produit une coloration rouge franc.

IX. — CONTROLE DU TRAVAIL RENDEMENT EN ALCOOL

Nous avons vu, au cours de cet ouvrage, les principales méthodes d'analyse des matières premières, des moûts et des liquides fermentés. Ces analyses sont de la plus grande utilité pour la surveillance du travail, et elles permettent d'exercer un contrôle très efficace sur toutes les phases de la fabrication de l'alcool.

Contrôle du travail des betteraves. — Le seul moyen de connaître exactement la quantité de betteraves mises en œuvre consiste à les passer à la bascule après nettoyage, comme on le fait dans les sucreries, car le poids donné à la bascule de réception est faussé par le déchet extrêmement variable occasionné par la terre et les racines. La détermination

de la densité ou de la richesse saccharine de la betterave peut fournir au fabricant une base pour l'achat de la matière première, mais cette méthode est assez rarement employée en distillerie.

Quand les betteraves sont pesées avant d'arriver aux appareils de découpage, on peut connaître très exactement le sucre entré en dosant le sucre dans les cossettes fraîches par les méthodes exposées précédemment. On prélève lors de l'emplissage de chaque diffuseur quelques cossettes qu'on place dans un récipient, et de temps à autre, on procède à un dosage sur cet échantillon moyen. Dans les méthodes par râpage, l'échantillonnage est plus difficile à cause de la rentrée des petits jus au râpage, et il est préférable de faire le dosage du sucre sur un échantillon moyen des betteraves travaillées.

Le contrôle du poste de l'extraction du jus peut être très rigoureux en diffusion. On connaît en effet très exactement le sucre entré, par la méthode précédente. On mesure d'autre part le jus obtenu et on détermine sa richesse en sucre, ce qui donne le sucre sorti. La différence entre le sucre entré et le sucre sorti donne la perte, qu'on vérifie par l'analyse des cossettes épuisées et des petites eaux. Nous avons vu précédemment quel doit être l'épuisement normal par cette méthode. Le même contrôle peut se faire en macération. Dans les méthodes de traitement des betteraves à l'état de pulpe râpée, l'analyse des pulpes épuisées permet de se rendre compte aussi si l'extraction du sucre est normale. Il est utile de joindre de temps à autre au dosage du sucre un dosage d'acidité dans les pulpes et les cossettes épuisées.

Le jus envoyé en fermentation doit être contrôlé

au point de vue de sa température, de sa densité et de son acidité qui doivent atteindre le degré convenable. Pour la surveillance de la cuverie, on doit noter pour chaque cuve l'heure du début du coulage et de la chute de fermentation, les densités initiale, intermédiaires et finale, l'acidité initiale et finale. On doit contrôler fréquemment la température et la maintenir au degré voulu. Quand la cuve est tombée, on détermine en outre l'alcool et le sucre restant. L'augmentation de l'acidité finale sur l'acidité initiale doit être faible et ne pas dépasser 0 gr. 2 par litre dans un bon travail. Le dosage de l'alcool correspondant au sucre disparu montre si la fermentation est normale, et le sucre restant indique si elle a été complète. L'examen microscopique des levures et des liquides fermentés complète le contrôle de la cuverie.

Enfin le contrôle de la distillation comprend l'examen des vinasses au point de vue de leur teneur en alcool, de leur acidité, et aussi de leur richesse en sucre si ce dernier dosage n'a pas été fait dans les cuves après fermentation. La détermination de l'acidité de la vinasse est particulièrement importante dans les usines qui travaillent par macération ou diffusion à la vinasse, car la teneur en acide de ce liquide intervient évidemment pour régler la dose d'acide sulfurique à ajouter aux appareils d'extraction.

La mesure de l'alcool effectivement recueilli renseigne sur la perte de fermentation et de distillation. On peut rapporter le rendement obtenu à 1.000 kilogrammes de betteraves ou à 100 kilogrammes de sucre et on a tous les éléments pour établir les diverses pertes par rapport au rendement théorique

maximum, et pour maintenir ces pertes dans les limites normales.

Le contrôle du travail des topinambours se fait d'après les mêmes principes.

Contrôle du travail des mélasses. — On doit suivre des règles identiques pour le contrôle du travail des mélasses. Le sucre entré est donné par l'analyse des mélasses et des jus mis en fermentation, et le moût doit être vérifié au point de vue de sa température, de son acidité, de sa richesse en sucre et de sa densité avant d'être envoyé à la cuverie. Mais le contrôle est ici beaucoup plus simple, car il n'y a pas de surveillance à l'épuisement. La surveillance de la fermentation et de la distillation doit se faire comme celle des betteraves.

Contrôle du travail des matières amylacées. — Les matières amylacées employées sont pesées et on détermine au laboratoire leur teneur en principes fermentescibles par les méthodes que nous avons indiquées.

Le contrôle de la malterie se fait d'après les principes que nous avons exposés dans notre ouvrage consacré à la brasserie (1).

L'analyse du moût après saccharification permet de se rendre compte si le travail en cuve matière a été normal. Le dosage de l'amidon restant, celui de la dextrine et du maltose donnent des renseignements très utiles. S'il reste des quantités anormales d'amidon non saccharifié, on doit rechercher si la qualité du malt ne laisse pas à désirer au point de vue de sa force diastasique, ou s'il n'a pas été com-

(1) Voy. E. BOULLANGER, *Brasserie*, Tome I. (ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE).

mis une fausse manœuvre qui a conduit à une température de saccharification ou d'empâtage trop élevée. Si la proportion de dextrines est élevée, on doit également en rechercher la cause par l'examen de la température de saccharification et de la qualité du malt. Il est enfin bon de déterminer le pouvoir diastasique du moût après la saccharification pour savoir si les dextrines pourront être transformées assez activement par la saccharification complémentaire.

Le levain doit être examiné avec le plus grand soin au point de vue de la concentration, de la teneur en alcool et de l'acidité. On doit également le contrôler au microscope, et vérifier s'il n'y a pas d'infection et si la levure est bien saine. On prend le degré Balling du moût avant fermentation et son acidité, et on surveille le travail de la cuverie par la méthode exposée en distillerie de betteraves. Quand la cuve est tombée, on dose dans le liquide fermenté l'alcool, l'acidité, le maltose et la dextrine. L'accroissement de l'acidité pendant la fermentation doit être faible si le travail marche bien. Les dosages du maltose et de la dextrine sont très utiles et permettent de se rendre compte si la fermentation est assez complète. Si la quantité de maltose restant est faible, la proportion de dextrines étant élevée, on doit en conclure que l'action de la levure n'est pas en cause mais que l'accident doit être attribué à la pauvreté du moût en amylase ou à l'affaiblissement de l'énergie de cette diastase soit par suite de l'accroissement d'acidité, soit par suite de toute autre cause. C'est donc du côté du malt ou du côté de la pureté de la fermentation que le distillateur doit chercher le remède. Au contraire, si on trouve, après ferment-

tation, une quantité notable de maltose non transformé, l'activité de la levure est en cause et on doit porter son attention sur la qualité du moût principal, des levains, et sur la conduite de la fermentation à la cuverie.

Le contrôle des vinasses est indispensable pour se rendre compte si l'épuisement en alcool est complet. Ce dosage de l'alcool s'effectue par une des méthodes que nous avons précédemment exposées.

La quantité d'alcool obtenu à la colonne à distiller permet d'établir le rendement industriel par 100 kilogrammes de matières premières. Il est facile, en procédant aux analyses de contrôle indiquées ci-dessus, de se rendre compte des fautes qui ont pu occasionner un rendement anormal.

Rendement en alcool. — Le rendement en alcool peut s'établir soit par rapport à un poids donné de matières premières, soit, ce qui est plus exact, par rapport à un poids donné de matières fermentescibles introduites par les matières premières. Dans ce dernier cas, on compare la proportion d'alcool ainsi obtenue au rendement théorique ou au rendement idéal que nous avons défini précédemment et on en déduit le rendement rapporté au rendement théorique ou au rendement idéal.

Betteraves. — On admet fréquemment, dans les distilleries de betteraves, que chaque degré densimétrique doit donner 1 litre d'alcool à 100 d., de sorte qu'une betterave dont la densité est 5 (1,050) doit donner 5 litres d'alcool à 100 degrés par 100 kilogrammes. On en conclut que, pour faire un hectolitre d'alcool à 100 d., il faut :

Avec des betteraves à 5,0 de densité.	2.000 kilogr. de betteraves.
— 5,5 —	1.818 —
— 6,0 —	1.666 —
— 6,5 —	1.540 —
— 7,0 —	1.430 —
— 7,5 —	1.333 —
— 8,0 —	1.250 —

Ces chiffres correspondent à un travail assez médiocre. En effet, prenons par exemple des betteraves à 5,5 de densité, et admettons que ces betteraves renferment 10,2 p. 100 de sucre, ce qui correspond à une pureté de 78 et à une richesse en jus de 95 p. 100. Nous avons vu précédemment qu'on peut, par des méthodes d'extraction appropriées, ne perdre que 2 p. 100 environ du sucre contenu dans la betterave. Il reste donc 10 kilogrammes de sucre par 100 kilogrammes de betteraves mises en œuvre. Or, nous savons que le rendement théorique maximum par 100 kilogrammes de saccharose, déduit des résultats de Pasteur, étant de 64 lit. 36 d'alcool, un rendement pratique normal est de 60 litres, et un très bon rendement, de 61 litres. Si nous prenons le rendement de 60 litres, nous devrions donc obtenir 6 litres d'alcool et non pas 5 lit. 5 par 100 kilogrammes de betteraves à 5,5 de densité. Il faut évidemment déduire du chiffre de 6 litres l'alcool qui correspond au sucre non fermenté et aux pertes par distillation, mais cette quantité est très faible dans un bon travail.

On peut, par l'examen de la chute de densité, déterminer la quantité d'alcool qui doit se former dans un travail normal. La diminution de la densité pendant la fermentation résulte en effet, pour la plus grande partie, de la disparition du sucre et de la formation d'alcool. Or, si on se rapporte aux tables

de M. Barbet qui donnent le poids réel du litre à 15 degrés d'une solution de sucre pur dont le titre pour 100 centimètres cubes est connu, on constate que la diminution de densité pour 1 p. 100 de sucre en moins est constante et égale à 0,00384 pour les richesses saccharines comprises entre 1 et 16 p. 100. La disparition de 1 p. 100 de sucre produit donc une diminution de densité de 0,00384.

Or, 1 kilogramme de sucre peut donner industriellement 600 centimètres cubes d'alcool. Si nous examinons maintenant l'abaissement de densité, par rapport à celle de l'eau, provoquée par ces 600 centimètres cubes d'alcool, nous constatons que pour les richesses alcooliques comprises entre 1 et 10 d., cet abaissement est en moyenne de 0,001386 pour 1 d. d'alcool. Pour 0 d. 6 correspondant à 1 p. 100 de sucre, l'abaissement sera donc de $0,001386 \times 0,6$; soit 0,0008316. Donc par la fermentation de 1 p. 100 de sucre donnant industriellement 0,6 p. 100 d'alcool en volumes, il y a une diminution de densité de $0,00384 + 0,0008316$, c'est-à-dire de 0,0046716, soit 0 degré 46716, en degré régie. Donc un degré régie disparu correspondra à $\frac{0,6}{0,46716} = 1,28$ p. 100 d'alcool formé.

Pratiquement, le chiffre de 60 litres d'alcool par 100 kilogrammes de saccharose mis en œuvre correspond à un travail normal; le chiffre de 61 litres correspond à un très bon travail, le chiffre de 62 litres est tout à fait exceptionnel et n'est le plus souvent obtenu que par suite d'erreurs dans le dosage du sucre mis en œuvre.

Mélasses. — Les mêmes bases peuvent être adoptées pour le travail des mélasses, Le saccharose

de cette matière première doit donner pratiquement, dans un bon travail, de 60 à 61 litres d'alcool à 100 d. par 100 kilogrammes et le glucose de 57 à 58 litres. Connaissant la richesse de la mélasse en saccharose et en sucre réducteur, on peut calculer quel doit être le rendement pratique normal.

Matières amylacées. — 100 kilogrammes d'amidon transformés intégralement en alcool et en acide carbonique peuvent donner théoriquement 71 lit. 61 d'alcool pur à 100 d. Ce chiffre correspond au rendement idéal, mais si nous tenons compte des résultats de Pasteur, nous trouvons que 100 kilogrammes d'amidon peuvent donner 67 l. 90 d'alcool et ce second chiffre représente le rendement théorique du laboratoire.

Ce rendement ne peut pas être atteint dans la pratique, car des causes assez nombreuses viennent diminuer le rendement pratique dans le travail. D'abord, une certaine quantité échappe à la saccharification; cette quantité est faible avec la cuisson à haute pression et elle ne dépasse guère dans un bon travail 0,5 à 1 p. 100 de la quantité d'amidon mise en œuvre. Ensuite, il reste des hydrates de carbone qui n'ont pas subi la fermentation alcoolique. Leur proportion est variable de 4 à 12 p. 100 des hydrates de carbone dissous, suivant la perfection du travail. En outre, une certaine quantité de matières fermentescibles se transforme pendant le travail en donnant d'autres produits que l'alcool. La levure consomme pour la formation de ses tissus une certaine proportion de sucre; elle donne en outre de la glycérine. Les ferments secondaires consomment également une partie du sucre. Le ferment lactique, dans la préparation des levains par la

méthode allemande, dépense une certaine quantité de sucre pour son développement, et en transforme une autre en acide lactique. Ces pertes sont très variables avec les distilleries et le mode de travail adopté et elles s'élèvent à 7,5-15 p. 100 du sucre mis en fermentation, en y comprenant la perte en alcool par évaporation pendant la fermentation. Cette dernière perte est sensible dans les cuves ouvertes. D'après Durin, les vins à 6-7 p. 100 d'alcool perdent 1,5 p. 100 de leur teneur en alcool par évaporation et entraînement par l'acide carbonique. En cuves fermées, la déperdition est plus faible : elle s'abaisse également quand la température devient plus basse.

Le tableau suivant, dû à Maercker, résume les diverses pertes de la fabrication suivant la qualité du travail :

	Travail		
	bon.	moyen.	mauvais.
Amidon mis en œuvre	100,0	100,0	100,0
— restant non saccharifié.	0,5	2,0	3,0
	<hr/> 99,5	<hr/> 98,0	<hr/> 97,0
— restant non fermenté (4 — 7 — 12 p. 100) . .	4,0	6,9	11,6
	<hr/> 95,5	<hr/> 91,1	<hr/> 85,4
— consommé par les fer- mentations secon- daires et pertes (7,5 — 12 — 15 p. 100).	7,2	10,9	12,8
	<hr/> 88,3	<hr/> 80,2	<hr/> 72,6

Si nous admettons maintenant que ces quantités qui restent se transforment intégralement en alcool et en acide carbonique et fournissent 71 l. 61 d'alcool pur par 100 kilogrammes d'amidon, puisque nous avons tenu compte de toutes les pertes, nous

voions qu'on obtiendra par 100 kilogrammes d'amidon mis en œuvre les rendements suivants :

	Rendement en alcool à 100 ^l . litres.	Proportion du rendement théorique.
Travail excellent	63,2	88,3
— bon	60,0	85,0
— moyen	57,4	80,2
— mauvais	52,0	72,6

Le premier rendement est exceptionnel par les procédés ordinaires, où un rendement de 60 litres d'alcool à 100 d. par 100 kilogrammes d'amidon peut être considéré comme bon. Dans le procédé Amylo, ces rendements sont notablement dépassés et on obtient couramment 66 litres d'alcool à 100 d. par 100 kilogrammes d'amidon, soit 92 p. 100 du rendement idéal et 97,5 p. 100 du rendement théorique maximum déduit des résultats de Pasteur.

On voit par ce qui précède, que le maïs d'excellente qualité à 63 p. 100 d'amidon, peut donner un rendement de 32 l. 75 à 39 l. 8 par 100 kilogrammes, suivant la perfection du travail, et que le maïs ordinaire à 60 p. 100 d'amidon peut donner un rendement variant aussi, suivant les conditions de travail, de 31 l., 2 à 37 l., 9. Le dernier chiffre est exceptionnel par les méthodes ordinaires, qui fournissent en moyenne 34 litres dans un travail normal. Le procédé Amylo permet d'obtenir, comme nous l'avons vu, 38 à 39 litres d'alcool avec le maïs à 60 p. 100 d'amidon.

Par les procédés ordinaires, le seigle peut ainsi donner, d'après Maercker et Delbrück, un rendement de 32 l., 75 à 39 l., 8 d'alcool par 100 kilo-

grammes; l'orge à 60 p. 100 d'amidon, de 31 l., 2 à 37 l., 9; le malt vert à 40 p. 100 d'amidon, de 20 l., 8 à 25 l., 3; le malt vert à 35 p. 100 d'amidon, de 18 l., 2 à 22 l., 1; le malt touraillé à 68 p. 100 d'amidon, de 35 l., 35 à 42 l., 95; le malt touraillé à 63 p. 100 d'amidon, de 32 l., 75 à 39 l., 8; les pommes de terre à 15 p. 100 de fécule, de 7 l., 8 à 9 l. 5; les pommes de terre à 20 p. 100 de fécule, de 10 l., 4 à 12 l., 65; les pommes de terre à 25 p. 100 de fécule, de 13 l., 0 à 15 l., 8. Les chiffres moyens par 100 kilogrammes de matière première sont de 36 l., 15 pour le seigle à 63 p. 100 d'amidon, 34 l., 45 pour l'orge à 60 p. 100 d'amidon, 23 litres pour le malt vert à 40 p. 100 et 20 l. 1 pour le malt vert à 35 p. 100 d'amidon, 39 litres pour le malt touraillé à 68 p. 100 et 36 l., 15 pour le malt touraillé à 63 p. 100 d'amidon; 8 l., 6, 11 l., 45 et 14 l., 25 pour les pommes de terre à 15.20 et 25 p. 100 de fécule.

X. — RÉSIDUS DE LA DISTILLERIE

I. — RÉSIDUS DE LA DISTILLERIE DE BETTERAVES

Les résidus de la distillerie de betteraves sont les pulpes, les vinasses et les petites eaux.

PULPES

Les pulpes sont constituées par les cossettes épuisées ou par la râpura qui s'échappe du dernier pressurage. Elles constituent un aliment de grande valeur pour les animaux, comme nous allons le voir en étudiant leur composition.

Composition des pulpes. — La composition des pulpes est assez variable suivant le mode de travail de la distillerie. Les pulpes qui proviennent des usines qui travaillent par presses continues, ne contiennent que 75 p. 100 d'eau environ. Elles sont beaucoup moins aqueuses que celles des distilleries qui traitent la betterave à l'état de cossettes par macération ou par diffusion : ces pulpes de macération et de diffusion contiennent encore 88 à 90 p. 100 d'eau à la sortie des presses à cossettes. La pulpe de presses continues est donc au moins deux fois plus riche en matière sèche que la pulpe de macération ou de diffusion ; aussi se vend-elle plus aisément et à un prix plus élevé.

La pulpe est également différente suivant qu'on travaille par diffusion à l'eau ou à la vinasse. La pulpe des distilleries qui travaillent à la vinasse est plus riche que celle des distilleries qui travaillent à l'eau. Ce fait s'explique aisément. L'extraction des éléments utiles des pulpes, et notamment des matières azotées, se fait sans peine quand le liquide de diffusion, comme l'eau, est très pauvre en ces éléments. Si, au contraire, le liquide de diffusion est déjà chargé de ces substances (et c'est le cas pour la vinasse), la diffusion de ces éléments devient très faible et la pulpe reste donc plus riche en matières utiles. Ainsi la pulpe de sucrerie, où le travail se fait à l'eau, est moins riche en matières azotées que la pulpe de distillerie.

Le tableau de la page suivante, dû à Ammann, permet de constater ces différences. Les résultats des analyses sont rapportés à 100 de matière sèche.

	PULPES			PULPES DE DISTILLERIE					
	DE SUCRERIE			Diffusion.			Macération.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Matières azotées totales.	7,68	8,00	9,06	9,37	10,00	12,37	13,25	11,18	12,12
Matières albuminoïdes.	7,43	7,87	8,75	8,75	9,18	8,31	9,62	8,31	8,75
Matières minérales . . .	14,43	4,58	4,31	6,84	8,72	12,55	20,20	16,14	16,39
Acide phosphorique . .	0,20	0,23	0,21	0,30	0,53	0,77	1,04	0,77	0,90
Matières grasses.	0,16	0,12	0,18	0,18	0,42	0,64	0,70	1,04	0,96
Extrait alcoolique . .	0,56	1,68	1,40	0,73	2,92	15,10	11,32	12,38	15,26
Cellulose saccharifiable..	26,80	34,24	33,10	31,24	28,54	21,74	18,10	20,20	17,20
Cellulose brute	46,84	18,06	17,52	16,84	17,96	12,40	13,54	13,62	13,24

On voit que la pulpe de macération est plus riche que la pulpe de sucrerie ; les pulpes de distillerie par diffusion font, en quelque sorte, le passage entre les deux précédentes. La pulpe n° 4 obtenue avec de l'eau presque pure est très voisine des pulpes de sucrerie ; la pulpe n° 6 travaillée à la vinasse est analogue aux pulpes de macération.

Les analyses de la page 299 permettent de se rendre compte de la composition des pulpes de betteraves, suivant les modes de travail.

La première analyse, due à Briem, se rapporte à une pulpe de presses continues très humide : en général, ces pulpes ne renferment que 75 à 80 p. 100 d'eau et elles sont par conséquent plus riches en matière sèche que ne l'indiquent les chiffres ci-contre :

	PRESSES continues		MACÉRATION Champonnois		MACÉRATION		MACÉRATION à la vinasse		DIFFUSION à la vinasse			DIFFUSION Boullanger	
	fraîche.	sèche.	fraîche.	sèche.	à l'eau.	à la vinasse.	A.	B.	A.	B.	C. avec 4,50/0 de menu paille.	A.	B.
Eau.....	84,68	"	89,20	"	93,41	92,64	91,00	90,80	89,60	89,40	86,42	89,74	90,09
Matière sèche.....	13,32	100,00	10,80	100,00	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Matières azotées.....	1,71	41,20	1,33	42,3	0,24	0,77	1,70	1,79	1,20	1,32	1,78	2,49	2,13
— grasses.....	0,22	4,42	0,12	4,2	"	"	0,68	0,57	0,42	0,45	0,60	0,90	0,67
Cellulose.....	3,63	23,7	2,12	19,6	1,48	1,44	3,12	3,20	4,80	4,60	6,48	3,64	3,80
Sucré.....	8,95	58,41	0,66	6,1	1,72	1,34	1,71	2,28	2,90	3,03	3,15	2,06	2,18
Autres matières hydrocar- bonées.....			4,47	41,2	2,93	2,97							
Cendres.....	0,81	5,27	1,86	17,2	0,55	0,84	1,79	1,36	1,08	1,20	1,57	1,17	1,13
Substances diverses.....	"	"	0,24	2,4	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Poids du litre de pulpe en grammes.....	"	"	"	"	"	"	972	996	950	960	"	"	"
Auteur.....	Briem.		Linter.		Siegel		Sidersky.						

Conservation de la pulpe. — La pulpe fraîche s'altère rapidement; on peut réduire partiellement les pertes par l'ensilage, mais le seul moyen de conserver parfaitement la pulpe est la dessiccation.

Les dimensions des silos à pulpe sont variables avec les quantités de pulpes qu'on veut conserver et l'espace dont on dispose. En général, on donne une largeur de 4 mètres et une profondeur de 1 mètre à 1 m. 50, avec une longueur variable. On protège ordinairement les deux côtés du silo contre les éboulements, par des murs en maçonnerie; mais lorsque la terre est bien ferme, cette précaution n'est pas nécessaire. Le fond doit avoir une légère pente pour assurer l'écoulement des eaux, et au point le plus bas, on creuse une fosse qu'on remplit de mâchefer pour permettre aux eaux de s'y réunir et d'être absorbées par le sol sans former de flaques dans le silo.

Pour bien conserver la pulpe, on doit l'ensiler mélangée avec de la menue paille qui a pour but d'absorber les liquides qui s'échappent de la pulpe en fermentation. On place au fond du silo une couche de 2 à 3 centimètres de menue paille, puis on y dispose la pulpe en une couche de 20 centimètres au maximum. On la recouvre de 3 centimètres de paille hachée, puis on fait une nouvelle couche de pulpe et on continue ainsi jusqu'au niveau du sol. A partir de là, on dispose les couches de menue paille et de pulpe en réduisant peu à peu leur largeur de manière à former finalement un toit à deux versants. On recouvre le silo de longue paille, et on tasse sur cette paille une couche de terre de 25 centimètres d'épaisseur.

La pulpe ainsi disposée fermente lentement et

contracte une odeur spéciale due à la formation d'acides lactique, butyrique, acétique, etc. Pendant la conservation, il se produit donc des pertes qui deviennent considérables quand on attend longtemps avant de faire consommer la pulpe. La perte au bout de trois mois peut atteindre 25 p. 100, au bout de six mois 50 p. 100, au bout d'un an 70 p. 100.

Crolbois a préconisé l'ensemencement des pulpes avec des cultures de ferments lactiques accoutumés aux pulpes acides. On fait un pied de cuve de ces ferments avec du jus de betteraves sortant de la diffusion et on ensemence les silos de pulpes avec ce pied de cuve.

Ce procédé donne des résultats excellents : l'odeur désagréable de la pulpe disparaît pour faire place à une odeur franche; l'engraissement des animaux se fait mieux, sans constipation ni diarrhée. On peut en outre donner sans danger cette pulpe aux agneaux, ce qu'on ne peut pas faire avec les pulpes ordinaires.

Pour éviter les pertes et empêcher la formation des acides organiques et les fermentations, on peut employer la dessiccation.

Dessiccation de la pulpe. — Plusieurs appareils ont été employés pour la dessiccation de la pulpe et nous citerons notamment les appareils de Buttner et Meyer, de Petry et Kœcking, de Huillard qui réalisent la dessiccation par les gaz chauds, et l'appareil Sperber qui réalise la dessiccation par la vapeur. Ces appareils ont été jusqu'ici utilisés surtout pour les pulpes de sucrerie et ils ne sont pas répandus dans les distilleries françaises.

Le four Buttner et Meyer se compose d'un foyer à

air chaud et d'une chambre à sécher à trois étages. Les pulpes à dessécher arrivent à l'étage supérieur, elles sont mélangées par un arbre dont les palettes en hélice projettent en l'air la matière à sécher. Les cossettes tombent ainsi dans le second étage, puis dans l'étage inférieur. L'air chaud, aspiré par un ventilateur, suit le même chemin que la pulpe et ce courant gazeux entraîne peu à peu les particules de pulpes soulevées au fur et à mesure qu'elles se dessèchent. Les pulpes ainsi séchées ne renferment plus que 7 à 10 p. 100 d'eau, et la dépense en charbon est environ de 60 kilogrammes par 100 kilogrammes de pulpe sèche.

Le four Petry-Hœcking est basé sur le même principe : les pulpes circulent dans deux cylindres concentriques où elles sont desséchées par l'air chaud. La dépense en charbon est également de 60 à 64 kilogrammes par 100 kilogrammes de cossettes sèches.

L'appareil Huillard se compose d'une tour circulaire où sont disposés horizontalement 3 ou 4 plateaux perforés cloisonnant autant de chambres superposées selon l'axe de la tour qui est un axe vertical tournant. La matière arrive sur le pourtour du plateau supérieur. Au-dessus de ce plateau est un ensemble de palettes tournant avec l'axe central, qui poussent la matière à sécher de la périphérie au centre jusqu'à un évidement circulaire. La matière tombe alors sur une plate-forme faisant partie d'un tronc de cône mobile avec l'axe central et elle se répartit sur le pourtour du second plateau où les mêmes phénomènes se reproduisent. La matière descend ainsi jusqu'au bas de la tour où elle est extraite automatiquement. Les gaz chauds, pris au

carneau des générateurs, arrivent à 250-280° dans la chambre inférieure, montent d'étage en étage jusqu'en haut, appelés par un ventilateur qui les rejette au dehors à une température qui ne dépasse pas 60°.

Le four Sperber est une étuve divisée en quatre étages par des cloisons demi-cylindriques à double enveloppe. Dans chacune de ces cloisons se trouve un agitateur à bras propulseurs, qui reçoit de la vapeur. La cossette desséchée est très blanche et il n'y a ni caramélisation, ni carbonisation, mais la dépense de charbon est de 70 à 75 kilogrammes par 100 kilogrammes de cossettes sèches.

Utilisation de la pulpe. — La pulpe est utilisée pour l'engraissement et pour l'alimentation des animaux. Pour les bœufs à l'engrais, on donne une ration de 60 à 70 kilogrammes de pulpes; pour les vaches laitières, on réduit beaucoup cette dose et on donne 25 à 30 kilogrammes. Il ne faut pas dépasser la dose maxima de 40 kilogrammes. La pulpe est en effet un aliment extrêmement aqueux, et la qualité du lait devient mauvaise quand les animaux reçoivent de trop fortes rations de pulpe. On produit en quelque sorte ainsi un mouillage physiologique, en faisant absorber à l'animal des quantités d'eau considérables qu'il n'absorberait pas sans ce mode d'alimentation.

La lactation est augmentée, mais la richesse du lait en extrait et en beurre s'abaisse beaucoup. Pour réduire cet inconvénient, on mélange la pulpe avec des aliments secs tels que tourteaux, féveroles, pailles et fourrages hachés, etc.

Quant aux pulpes sèches, elles constituent un excellent aliment. Plongées dans l'eau, elles absorbent très rapidement trois ou quatre fois leur poids

d'eau, et il suffit pratiquement, pour les utiliser, de les arroser avec trois à quatre fois leur poids d'eau, et de les laisser ainsi tremper quelque temps avant de les donner aux animaux.

VINASSES DE BETTERAVES

Composition de vinasses de betteraves.

— Les vinasses sont constituées par le résidu de la distillation des vins de betteraves. Leur composition est très variable suivant la qualité des betteraves travaillées et le procédé de fabrication employé ; aussi les chiffres donnés par les divers auteurs diffèrent-ils très notablement. En effet, en considérant uniquement les vinasses au point de vue de leur teneur en azote, acide phosphorique et potasse, divers auteurs ont trouvé qu'elles renferment, en grammes par hectolitre :

Azote.	56	100	112	90
Acide phosphorique.	130	130	36	20
Potasse.	128	167	165	150

Auteur : Hanicotte. Dejonghe. Sidersky. Ch. Girard.

Un très intéressant travail de MM. P. Verbièse et Darras-Verbièse nous a donné des renseignements utiles sur la composition des vinasses suivant les procédés de travail des usines. Le tableau de la page 305 résume les diverses analyses moyennes des vinasses prises immédiatement à la sortie de la colonne.

Les cinq premières colonnes se rapportent à des usines qui traitent des betteraves pauvres à 4,4-5,2 de densité, les deux dernières (28 et 29, diffusion pulpes pressées), se rapportent à deux distilleries

NUMÉRO D'ORDRE	MACÉRATION	13	17	23	20	28	29
MODE D'EXTRACTION	Champonnois	PRESSES continues (2 pressions)	PRESSES CONTINUES (3 pressions)	PRESSES CONTINUES (3 pressions)	DIFFUSION (Pulpes non pressées)	DIFFUSION (Pulpes pressées)	
Densité à 15°	1011,5	4010	4010	4010	4011	1007	1008
Acidité totale en grammes SO ₄ H ₂ par litre	2,4	4,6	1,75	4,95	2,2	1,30	1,9
Matières réductrices après inversion en grammes par litre	0,174	traces	0,322	traces	0,195	traces	0,390
Extrait sec en grammes par litre	21,472	24,636	22,218	19,566	18,578	14,302	18,062
Cendres en grammes par litre	7,516	6,044	6,858	6,404	6,158	3,056	3,860
Acide sulfurique total par litre	2,77	2,10	2,392	2,31	2,07	4,47	4,47
Azote par mètre cube en kilogrammes	0,971	1,114	1,243	0,485	1,012	0,591	1,043
Acide phosphorique par mètre cube en kilogrammes	0,575	0,211	0,300	0,313	0,409	0,345	0,406
Potasse par mètre cube en kilogrammes	4,595	4,690	4,724	1,668	1,811	0,905	1,344

qui traitent des betteraves riches à 7,2-7,8 de densité.

En tenant compte du volume de vinasses produites par 1.000 kilogrammes de betteraves dans ces différents cas, MM. Verbièse et Darras trouvent pour les quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse par 1.000 kilogrammes de betteraves les chiffres suivants :

NUMÉRO D'ORDRE..	2	13	17	23	20	28	29
	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.
Azote	1,554	1,894	1,616	1,379	1,366	1,064	1,283
Acide phosphorique	0,840	0,359	0,402	0,438	0,552	0,621	0,499
Potasse	2,552	2,873	2,241	2,335	2,445	1,629	1,655

Par hectolitre d'alcool à 100 d., MM. Verbièse et Darras arrivent aux chiffres suivants :

NUMÉRO D'ORDRE..	2	13	17	23	20	28	29
	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.	kgr.
Azote	3,263	3,60	3,232	2,689	3,142	1,224	1,604
Acide phosphorique	1,764	0,682	0,804	0,854	1,270	0,714	0,624
Potasse	5,369	5,459	4,482	4,553	5,623	1,873	2,066

On peut écarter l'usine n° 2 où les rentrées de vinasses atteignent les deux tiers, de sorte que ses résultats ne sont pas comparables à ceux des autres usines où les rentrées de vinasses sont nulles (20 et 29) ou d'un dixième seulement (13, 17, 23, 28). En examinant les résultats fournis par les six autres usines, MM. Verbièse et Darras arrivent aux conclusions suivantes. Malgré la différence entre les modes

de travail et les qualités de la betterave, les teneurs moyennes de la vinasse par mètre cube diffèrent moins entre elles qu'on aurait pu le supposer. L'extrait sec ne varie que de 18 à 25 kilogrammes, l'azote de 0 kgr. 985 à 1 kgr. 243, l'acide phosphorique de 0 kgr. 211 à 0 kgr. 409, la potasse de 1 kgr. 811 à 1 kgr. 344, en laissant de côté le n° 28 où, par suite de circonstances particulières, on extrayait une quantité de jus exagérée par 100 kilogrammes de betteraves (180 litres), ce qui diluait beaucoup les vinasses obtenues.

Si on se rapporte à la proportion d'éléments fertilisants contenus dans les vinasses par 1.000 kilogrammes de betteraves mises en œuvre, on voit que la proportion d'azote est nettement moins élevée en betteraves riches qu'en betteraves pauvres. En outre, pour des betteraves de même qualité, l'azote est moins élevé dans les vinasses de diffusion que dans celles de presses continues, ce qui s'explique aisément par les débris de pulpes que contiennent toujours les jus de presses, beaucoup plus sales que les jus de diffusion. La potasse est en augmentation plus marquée encore dans les vinasses de betteraves pauvres sur celles de betteraves riches. Ici le mode de travail ne paraît pas avoir d'influence. Enfin l'acide phosphorique est plus élevé en betteraves riches qu'en betteraves pauvres, où les quantités sont faibles.

Si nous envisageons maintenant les autres substances contenues dans les vinasses, nous trouvons des traces de sucres, de l'acide sulfurique, des matières grasses, des acides organiques divers, etc. Les vinasses renferment en outre de la glycérine, dont on a tenté l'extraction, comme nous le verrons plus

loin. Les vinasses de betteraves ne peuvent donc pas être employées pour l'alimentation, et leur principale valeur est constituée d'abord par les sels qu'elles renferment et qui en font un engrais précieux, et ensuite par la glycérine qu'on peut récupérer.

Utilisation des vinasses.

Une très intéressante enquête faite en 1905 par le ministère de l'agriculture a permis de réunir des éléments suffisants pour montrer ce qui se faisait à cette époque avec les vinasses dans la généralité des distilleries de France.

Sur 321 distilleries en fonctionnement en 1905, 223 ont déclaré se servir de leurs vinasses en irrigation, 7 ne les utilisent que partiellement, 23, ne disposant d'aucun terrain convenable, les abandonnent à la filtration lente dans le sous-sol par des puits perdus; enfin 68 n'ont pas cru devoir fournir de renseignements à ce sujet. Il semble donc qu'on puisse classer les distilleries en trois catégories : la première, qui est la plus importante, comprend les distilleries où l'utilisation agricole est possible et se fait couramment; la seconde comprend les usines où les vinasses ne coûtent rien, mais ne rapportent rien, l'évacuation se faisant dans des puits perdus, faute de dispositions ou terrains permettant l'irrigation; enfin la troisième comprend les distilleries pour lesquelles les vinasses constituent une source d'ennuis, car ces usines ne disposent pas de l'emplacement nécessaire pour irriguer ou pour faire l'évacuation en puits perdus, et l'administration refuse, avec raison d'ailleurs, l'autorisation de les déverser au dehors dans les cours d'eau sans être préalablement épurées.

Utilisation agricole des vinasses. —

D'après l'enquête précédemment citée, la surface totale des terres de culture soumises à l'irrigation régulière par les vinasses en 1905, s'élevait à 3.995 hectares; 34 distilleries épandent moins de 1.000 hectolitres par hectare et par an, 72 en épandent de 1.000 à 10.000 hectolitres, 45 de 10.000 à 20.000 hectolitres et 15 plus de 20.000. Dans la majorité des cas, il semble que les terres propices à l'épandage peuvent recevoir en 100 jours, durée moyenne de chaque campagne de fabrication, environ 10.000 hectolitres par hectare. Mais il convient d'observer que ce chiffre ne représente qu'une approximation se rapportant aux terrains très perméables argilo-calcaires ou terres franches. Sur les sols argileux ou silico-argileux, il ne peut guère s'élever au-dessus de 3 à 4.000 hectolitres par hectare.

La plupart des distilleries indiquent que l'utilisation des vinasses en irrigation permet à la culture d'économiser de 20.000 à 40.000 kilogrammes de fumier de ferme par hectare et par an, suivant la nature des terrains. Elles signalent en outre, que les cultures qui s'accommodent le mieux de cet engrais sont : en premier lieu, les betteraves, puis les pommes de terre, le tabac et enfin le maïs fourrager et les prairies. Mais, quelle que soit la culture adoptée, il n'est jamais recommandable d'irriguer les mêmes sols deux années de suite. Le retour de la vinasse sur les mêmes terres, malgré un assolement régulier, amène très vite soit la diminution de la pureté de la betterave, soit la verse des céréales, soit le développement intense de plantes acides (rumex, oseille sauvage, etc.).

On doit donc s'efforcer de n'utiliser les vinasses,

sur un même champ, que tous les trois ans environ.

Comme procédé d'épandage, le déversement dans des billons est employé de préférence à la submersion uniforme. Cette dernière n'est en usage que dans 39 exploitations qui ne disposent pas de surfaces suffisamment étendues.

Dans l'immense majorité des cas (132 sur 221 distilleries qui ont répondu à cette partie de l'enquête), les vinasses sont amenées aux champs par des conduites souterraines, 63 exploitations agricoles utilisent des canaux ouverts, et 26 sont obligées d'effectuer le transport par tonneaux.

Les canalisations le plus souvent adoptées sont en fonte (113 usines); 7 distilleries emploient des tuyaux en plomb, 8 en poteries, 2 en ciment, 7 en grès et 1 en cuivre. Plusieurs usines disposent de divers systèmes de canaux, les uns ouverts, d'autres fermés; mais la plupart signalent leur préférence pour les conduites en fonte ou en grès vernissé. Ces dernières, moins coûteuses, ont l'inconvénient de se briser, de se déplacer par suite des affouillements du sol et d'exiger de fréquentes réparations.

Les terres ne sont irriguées avec les vinasses pures que si les exploitants n'ont que des surfaces insuffisantes à leur disposition. En général, on trouve beaucoup plus avantageux de les diluer avec 2 à 5 parties d'eaux de lavage de betteraves. Les vinasses pures, dont l'acidité est très élevée (2 grammes en $\text{SO}^4 \text{H}^2$ en moyenne par litre), sont souvent nuisibles surtout dans les sols argileux; elles gênent l'action des microbes et notamment la nitrification.

Un assez grand nombre de distilleries (84 sur 218) laissent séjourner leurs vinasses dans de vastes fosses ou bassins de décantation pendant deux à cinq jours

avant de les envoyer sur les champs: Cette pratique offre une utilité réelle, car elle a pour effet (surtout lorsque les vinasses se trouvent mélangées dans les fosses de décantation avec une certaine quantité d'eaux de lavage de betteraves) de faire disparaître très rapidement l'acidité. Lorsque l'acidité de la vinasse diluée admise dans la fosse est de 0 gr. 40 par litre, il suffit de quelques heures pour que cette vinasse devienne alcaline. Il s'y établit une fermentation ammoniacale très active et l'effluent de ces fosses dirigé sur les terres, s'y nitrifie avec la plus grande énergie; son épandage sur les mêmes sols ne paraît plus offrir les inconvénients qui sont signalés partout à la suite de l'irrigation par les vinasses brutes acides. Les résidus déposés dans la fosse de décantation sont mélangés à la paille des silos et sont transportés sur les champs où l'irrigation n'est pas possible.

Dans les distilleries industrielles qui vendent leurs vinasses à la culture, la redevance est calculée soit aux 1.000 kilogrammes de betteraves travaillées, soit à l'hectare, l'agencement et l'entretien de la canalisation étant à la charge de l'usine. Les prix adoptés ne correspondent pas du tout à la valeur intrinsèque des vinasses comme engrais.

Il est peu probable cependant que la culture consente à relever les prix qu'elle paie à la distillerie, car l'utilisation des vinasses comme engrais présente un certain nombre d'inconvénients qui diminuent la valeur de cet engrais. MM. Verbièse et Darras ont émis l'idée de la transformation des vinasses en un engrais sec facilement transportable et d'un emploi commode, dans quelques usines spécialement agencées à cet effet. L'idée est intéressante

au point de vue agricole, et il est possible que l'écart existant actuellement entre la valeur payée de la vinasse et sa valeur réelle permette cette transformation tout en laissant encore un bénéfice très appréciable. Le problème a une importance considérable, car si on prend pour base la production annuelle de 1 million de litres d'alcool de betteraves, et une production de 24 hectolitres de vinasses par hectolitre d'alcool, ce qui représente la moyenne généralement indiquée par les principaux distillateurs, on voit que l'ensemble des distilleries de notre pays évacue chaque année environ 24 millions d'hectolitres de vinasses, représentant une valeur très considérable.

Épuration des vinasses en vue de leur rejet dans les cours d'eau. — L'utilisation agricole, aux doses que nous avons indiquées, avec retour tous les trois ans au plus sur les mêmes terres, exige une surface considérable de terres à irriguer. Par suite de l'accroissement des agglomérations, les terres faciles à irriguer sont souvent rares, et nous avons vu que certains distillateurs doivent évacuer leurs vinasses soit dans des puits perdus, soit dans les cours d'eau. Le déversement dans les cours d'eau étant interdit, on a cherché les moyens d'épurer ces eaux de manière à pouvoir les déverser sans inconvénients.

Les vinasses renferment à la fois des matières en suspension et des matières en solution, et pour les épurer, il faut séparer les matières en suspension et éliminer la presque totalité des matières en solution. La précipitation chimique résout bien la première partie du problème, mais pour la seconde, elle est de peu d'efficacité. La chaux en léger excès, qui est le

meilleur précipitant et le plus économique, donne un liquide filtré clair, mais encore putrescible.

Les expériences de M. Rolants, à l'Institut Pasteur de Lille et dans des distilleries de la région du Nord, ont montré que les procédés biologiques sont parfaitement applicables à l'épuration des vinasses de betteraves.

Voici, d'après M. Rolants, comment il convient d'opérer. Les vinasses doivent d'abord être diluées de quatre à cinq fois leur volume d'eaux de lavage de betteraves ou autres, car sans dilution, le travail d'épuration imposé aux microbes serait trop considérable et se ferait mal. Il est indispensable ensuite de laisser décanter les vinasses dans une fosse et de leur laisser subir la fermentation ammoniacale qui fait disparaître l'acidité qui empêcherait le bon fonctionnement des lits bactériens. Les vinasses diluées sont donc déversées dans un grand bassin, dont la capacité doit être telle qu'il puisse contenir les dilutions de deux jours de travail. Une usine qui évacue 400 mètres cubes de vinasses par jour devra donc prévoir une fosse de 4.000 mètres cubes. Si l'espace disponible n'est pas suffisant, on peut procéder à la dilution à la sortie de la fosse, et il suffit alors de prévoir un bassin de 800 mètres cubes. Quand on dispose d'un terrain assez considérable, une excellente solution consiste à diluer les vinasses avec toutes les eaux de presses, les petites eaux, les eaux de lavage des betteraves, à se servir de la fosse qui doit être alors de très grandes dimensions, pour la décantation de toutes ces eaux, à procéder à l'épuration et à se servir des eaux épurées pour les laveurs et les transporteurs.

Il est indispensable, dans la fosse de décantation,

d'amorcer au début la fermentation ammoniacale en neutralisant le liquide avec du carbonate de chaux, et en introduisant de la terre ou un peu de fumier. La fermentation se poursuit ensuite d'elle-même.

Les eaux ainsi décantées et fermentées sortent du bassin par un déversoir et tombent dans un canal qui les conduit dans la rigole de distribution qui alimente les lits bactériens. Nous n'insisterons pas ici sur le principe de cette méthode d'épuration biologique, excellemment exposée dans un autre ouvrage de cette encyclopédie (1), auquel nous renverrons le lecteur. La rigole de distribution alimente des réservoirs de chasse intermittente du type Calmette (2), de 800 litres de capacité, en nombre correspondant au volume de liquide à traiter par jour, chaque réservoir débitant par jour environ 750 hectolitres à raison d'une chasse par quart d'heure. Ces siphons à amorçage lent se vident en une minute à la surface du lit bactérien. Celui-ci doit avoir une largeur maxima de 10 mètres dans le sens du déversement des siphons, et une longueur correspondante à la quantité de liquide à traiter, la surface étant de 2 mètres carrés par mètre cube de liquide. Le lit bactérien doit avoir environ 2 mètres de hauteur, les 30 centimètres inférieurs sont constitués par des grosses scories, et le reste par des scories tout venant, débarrassées de poussières. On dispose le lit en talus pour éviter la construction de murs de soutien. Au bas du lit, un caniveau collecte les eaux épurées.

(1) Voy. E. KAYSER, *Microbiologie agricole*, p. 132 et suivantes.

(2) Pour plus de détails sur cette question, voy. *Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout*, par le D^r CALMETTE, t. II, p. 260.

Les essais qui ont été faits dans plusieurs distilleries de betteraves ont été satisfaisants. La méthode biologique permet d'abord la suppression totale des matières en suspension. Ces matières se dissolvent presque entièrement par fermentation au bout d'un certain temps dans la fosse de décantation. En outre, les eaux ainsi décantées s'épurent, partiellement tout au moins, sur les lits bactériens. L'épuration est d'autant plus parfaite que la vinasse est plus diluée, mais il suffit pratiquement d'obtenir des eaux qui puissent être rejetées sans inconvénients dans les cours d'eau, sans chercher à atteindre des résultats qui entraîneraient des dépenses hors de proportion avec ce qu'on est raisonnablement en droit d'exiger. Or, l'épuration qu'on atteint pratiquement est suffisante : diluées avec de l'eau, les eaux ainsi épurées ne se troublent pas et ne dégagent plus aucune mauvaise odeur. Dans les essais effectués à la distillerie de MM. Lesaffre à Marquette (Nord), le taux de l'ammoniaque est tombé de 84 à 57,1 milligrammes par litre ; l'azote organique, qui était de 115 milligrammes par litre de vinasse diluée à l'entrée du bassin, est tombé à 20 milligrammes par litre à la sortie, soit une épuration de plus de 80 p. 100. La perte au rouge, qui était de 1 gr. 832 par litre sur la vinasse diluée, n'était plus que 730 milligrammes sur la vinasse épurée, soit une perte de 60 p. 100 environ. Les effluents épurés ne contiennent presque pas de nitrates, à cause de la dénitrification intense qui se produit dans les lits quand la vinasse n'est pas suffisamment diluée.

Ces résultats montrent que la méthode est applicable aux vinasses de distillerie, quand les conditions locales ne permettent pas l'utilisation agricole,

qui est évidemment plus avantageuse quand elle est possible.

Concentration des vinasses de betteraves en vue de l'obtention d'engrais. — Nous avons signalé plus haut l'importance qu'il y aurait à transformer les vinasses de betteraves en un engrais solide et facile à manier. La concentration économique de ces vinasses nécessite l'emploi d'appareils à multiple effet.

Nous donnerons ici seulement le principe de ces appareils à multiple effet qui ont été étudiés en détail dans un autre ouvrage de cette Encyclopédie (1). Un appareil à multiple effet se compose, suivant les cas, de deux, trois ou quatre caisses d'évaporation. Chacune de ces caisses porte à la partie inférieure un faisceau tubulaire qui reçoit la vapeur dans l'espace intertubulaire, tandis que le liquide à concentrer circule dans les tubes (fig. 112). Chaque caisse est reliée, à la partie supérieure, par un large tuyau, au faisceau tubulaire de la caisse suivante, de sorte que les vapeurs émises par une caisse vont se condenser dans la chambre de chauffe de la caisse suivante et en échauffent ainsi le liquide. Le liquide entre dans la première caisse chauffée à la vapeur; il est ainsi porté à l'ébullition; ses vapeurs vont chauffer la seconde caisse. Le liquide à concentrer passe de la première caisse dans la seconde, puis dans la troisième, et sort concentré de la dernière caisse de l'appareil. Les vapeurs émises par la seconde caisse vont se condenser dans la chambre de chauffe de la troisième, et ainsi de suite. La première caisse seule est donc chauffée par la vapeur

(1) Voy. E. SAILLARD, *Sucrierie*, tome II. (ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE).

directe ou d'échappement. Des dispositifs spéciaux permettent l'élimination des eaux condensées dans les faisceaux tubulaires, et des gaz non condensables

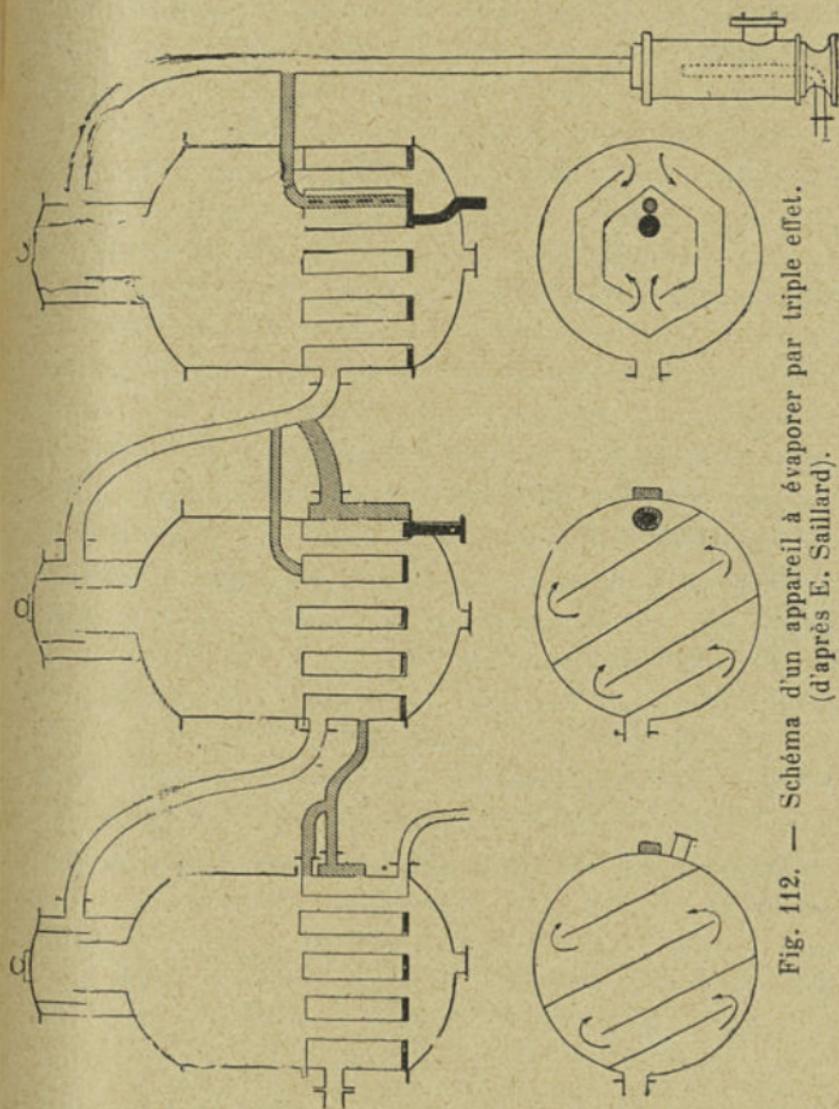


Fig. 112. — Schéma d'un appareil à évaporer par triple effet.
(d'après E. Saillard).

qui se dégagent du liquide pendant l'évaporation.

L'appareil peut fonctionner sous vide partiel; dans ce cas, on fait agir sur la dernière caisse un conden-

seur et une pompe à vide, le liquide se met à bouillir à une température plus basse ; les parois plus froides du faisceau tubulaire du dernier corps, condensant les vapeurs de la caisse précédente, déterminent également un vide sur cette caisse et ainsi de suite, le vide diminuant et la température d'ébullition augmentant de la dernière caisse à la première. Il est préférable, comme nous le verrons plus loin, de faire travailler l'appareil sous pression et non pas sous vide partiel, pour l'évaporation des vinasses de mélasses. On supprime alors la pompe à vide.

M. Barbet, qui a étudié la concentration des vinasses de betteraves dans un appareil à quadruple effet, envisage cette question de la façon suivante. On doit d'abord chercher à faire des vinasses aussi concentrées que possible, et employer par suite la diffusion à l'eau en ne soutirant que 105 à 110 litres de jus par 100 kilogrammes de betteraves. On opère la stérilisation totale de ces jus d'une façon très économique par l'emploi de puissants récupérateurs de chaleur, et cette stérilisation, complétée par l'emploi de levains purs actifs, permet de réduire des deux tiers la quantité d'acide sulfurique employée ordinairement, de sorte que la valeur ultérieure des salins se trouve très augmentée. Supposons alors une usine travaillant par diffusion 150.000 kilogrammes de betteraves, et obtenant ainsi 1.600 hectolitres de jus à 1.050 contenant en moyenne 10 p. 100 de sucre et 2.5 p. 100 de non sucre. La distillation dans une colonne à bas degré à chauffe-vin, mais sans récupérateur, demandera environ 15 kilogrammes de vapeur à l'hectolitre de vin, soit 24.000 kilogrammes. La colonne donnera par vingt-

quatre heures 192 hectolitres de flegmes à 50 d., et il restera 1.408 hectolitres de vinasses. Si le tubulaire de la colonne avait été la quatrième caisse d'un quadruple effet ordinaire, les 24.000 kilogrammes auraient évaporé les 96 centièmes de leur poids, c'est-à-dire 230 hl. 4 au lieu de 192. La différence est donc de 38 hl. 4, et tout se passera comme si nous avions à alimenter le quadruple effet de 1.638 hl. 40.

Nous verrons plus loin que pour que la vinasse obtenue puisse achever sa concentration sans aucune dépense de charbon, la combustion des matières organiques donnant la chaleur nécessaire pour ce travail, il faut concentrer la vinasse à un degré tel qu'elle contienne environ 20 kilogrammes de non-sucre à l'hectolitre. Or, nous avons introduit dans le travail $1.600 \times 2,5 = 4.000$ kilogrammes de non-sucre. Il faudra donc réduire le liquide à $\frac{4.000}{20} = 200$ hectolitres et la quantité à vaporiser sera de $1.638,4 - 200 = 1.438$ hl. 4. Or, dans un quadruple effet, chaque kilogramme de vapeur mis au premier effet doit produire au minimum 3 kgr. 4 d'évaporation effective. La dépense de vapeur vive à la première caisse sera donc de $\frac{143.840}{3,4} = 42.305$ kilogrammes.

Dans la première caisse, le coefficient de rendement en vaporisation étant supposé égal à 90 p. 100, et dans la deuxième et la troisième caisses à 98 p. 100, on évaporera dans la première caisse $42.305 \times 0,90 = 38.075$ kilogrammes; dans la deuxième caisse, $38.075 \times 0,98 = 37.314$ kilogrammes; dans la troisième caisse, $37.314 \times 0,98 = 36.568$ kilogrammes. La

quatrième caisse ne consomme, comme nous l'avons vu, que 24.000 kilogrammes qui ne produisent qu'une vaporisation effective de 192 hectolitres de flegmes. Il reste par conséquent une disponibilité de 12.568 kilogrammes avec lesquels on peut chauffer une grande cuve à air libre servant de réservoir aux vinasses concentrées, de façon à terminer leur réduction à 200 hectolitres par vingt-quatre heures. Ce dernier réservoir, fermé, peut chauffer la stérilisation.

Dans le travail sans concentration, on dépensera donc 24.000 kilogrammes de vapeur à la colonne à distiller, 19.200 kilogrammes au rectificateur continu (96 hectolitres à 200 kilogrammes de vapeur) et 6.000 kilogrammes pour la stérilisation des jus, soit en tout 49.200 kilogrammes de vapeur, sans compter la diffusion, la force motrice, etc., dont les dépenses sont les mêmes dans les deux cas. Dans le travail à quadruple effet, lequel chauffe la colonne et la stérilisation, la dépense est de 42.305 kilogrammes de vapeur pour le multiple effet, et de 19.200 pour le rectificateur, soit 61.505 kilogrammes au lieu de 49.200 kilogrammes, d'où une dépense supplémentaire de 12.305 kilogrammes de vapeur ou de 1.640 kilogrammes de charbon par jour. Si on double ce chiffre pour tenir compte de la main-d'œuvre pour le multiple effet et le four à potasse, on arrive à une dépense de 3.280 kilogrammes de charbon par jour. Or, le jus de diffusion contenant environ 0 kgr. 8 de cendres, on extraira donc $0,8 \times 1.600 = 1.280$ kilogrammes de salins, dont le prix de vente laissera un bénéfice appréciable, déduction faite du prix du charbon consommé en supplément.

M. P. Kestner a étudié également le problème de

la concentration des vinasses de betteraves, et il a proposé l'emploi de la tourbe dont le prix d'achat et de transport est couvert par l'azote qu'elle contient déjà. On doit concentrer les vinasses dans des appareils à effets multiples, puis à simple effet, dont nous parlerons à propos des vinasses de mélasses, jusqu'à 40 degrés Baumé; on mélange le sirop ainsi obtenu avec la tourbe et on fait sécher la masse dans des fours au moyen des chaleurs perdues des chaudières de l'usine. D'après M. Kestner, la concentration à 40 degrés Baumé demande 55 kilogrammes de charbon, ce qui fait ressortir une marge intéressante, suffisante pour justifier des essais industriels.

Extraction de la glycérine des vinasses de betteraves. — On a également proposé l'extraction de la glycérine contenue dans les vinasses de betteraves. La valeur de la glycérine étant beaucoup plus grande que celle de l'alcool, divers procédés ont été proposés pour l'extraction de ce sous-produit rémunérateur. En effet, si nous envisageons, avec M. Barbel, une usine qui met en fermentation 1.600 hectolitres de jus à 10 p. 100 de sucre, soit 16.000 kilogrammes de sucre par jour, ces 16.000 kilogrammes peuvent donner, d'après les chiffres de Pasteur, $16.000 \times \frac{3,4}{100} = 544$ kilogrammes de glycérine (100 kilogrammes de sucre donnant 3 kgr. 4 de glycérine en moyenne).

Divers procédés ont été proposés pour l'extraction de la glycérine des vinasses de distillerie. Il est d'abord nécessaire de concentrer la vinasse à multiple effet jusqu'à environ 70 kilogrammes de matière sèche à l'hectolitre, ce qui peut s'effectuer sans dépense supplémentaire sensible en ajoutant deux

caisses formant quintuple et sextuple effet. Les principales méthodes qui ont été brevetées dans le but de l'extraction de la glycérine sont celles de MM. Sudre et Thierry, de M. Thierry, de M. Savary et de M. Barbet.

La méthode de MM. Sudre et Thierry consiste à évaporer la vinasse par la chaleur, en nappe mince qu'on laisse couler sur un appui animé d'un mouvement de translation de vitesse appropriée et logé dans une chambre bien close et convenablement chauffée à 200-250 degrés. Des jets de vapeur d'eau sont dirigés sur la masse de manière à favoriser le dégagement de la glycérine, et une tubulure permet d'aspirer ainsi, pour les récupérer, l'ammoniaque, la glycérine et les goudrons qui se dégagent. La masse arrivée à l'extrémité de la table sans fin est pulvérisée, elle est râclée et envoyée sur une seconde table sans fin où elle subit la calcination, et on obtient ainsi un salin.

L'appareil de M. Thierry est basé sur le même principe, mais les organes d'évaporation sont fixes au lieu d'être mobiles, et tout râclage des résidus se trouve supprimé. La vinasse arrive assez liquide pour couler facilement sur la surface d'évaporation inclinée placée dans une enceinte où on fait le vide : sous l'action de la chaleur et du vide, l'eau et la glycérine se volatilisent et sont aspirées par la pompe à vide pour aller se condenser dans un réfrigérant. La matière arrive à l'extrémité inférieure de la surface d'évaporation encore assez liquide pour couler dans un récipient collecteur, d'où on l'extrait de temps en temps.

La méthode de M. Savary consiste à évaporer les vinasses à 30-40° B., à les traiter par le sulfate d'am-

moniaque, puis à séparer le sulfate de potasse, à réduire 42°-44° B. et à distiller dans le vide à la vapeur surchauffée pour extraire la glycérine. Le résidu de la distillation se prend en masse par le refroidissement; il est pulvérisé et sert comme engrais.

M. Barbet a fait breveter plusieurs méthodes d'extraction de la glycérine. Dans une première méthode, pour éviter la décomposition de la glycérine par distillation à une température de 200 à 300 degrés, M. Barbet a eu recours à l'osmose alcoolique. A cet effet, on fait circuler à contre-courant, dans un osmoseur spécial, la vinasse et l'alcool à 95 degrés. Dans ces conditions, la glycérine passe plus rapidement dans l'alcool que les sels, et finalement on obtient un alcool glycérineux, contenant un peu de sels, et une vinasse qui a absorbé un peu d'alcool et perdu sa glycérine. On distille l'alcool glycérineux et on concentre l'eau glycérineuse qui reste jusqu'à 80 p. 100 de glycérine anhydre.

M. Barbet a fait breveter aussi une autre méthode qui consiste à traiter les vinasses concentrées à 40-42° B. par la chaux en poudre à moitié éteinte, dans la proportion de 1 kilogramme à 1 kgr. 25 par kilogramme de sirop de vinasses et à ajouter de l'alcool à 95 degrés, qui dissout la glycérine. On distille alors pour récupérer cette dernière.

PETITES EAUX

Les petites eaux comprennent, dans les procédés d'extraction du jus par diffusion, les eaux de vidange des diffuseurs et les eaux de presses. En outre, les eaux de lavage des betteraves, qu'on obtient dans

tous les modes de travail, constituent aussi des eaux résiduaires.

Les eaux de lavage ainsi que celles des transporteurs hydrauliques, sont ordinairement reprises après décantation, et doivent être finalement rejetées.

Les eaux de presses sont souvent mélangées aux eaux de diffusion qui ont une composition analogue. Leur composition par litre varie entre les nombres suivants :

Matières organiques totales.	4	à 6 grammes.	
Matières minérales.	1	à 2	—
Sucre.	2	à 3,5	
Azote total	0,02	à 0,035	
Ammoniaque.	0,002	à 0,007	
Matières en suspension.	5	à 20	— et plus.

Ces eaux fermentent facilement, en dégageant une odeur désagréable, et leur évacuation dans les cours d'eau est une source de difficultés continuelles avec l'administration. Aussi a-t-on cherché à les épurer. La précipitation par les réactifs chimiques n'a donné aucun résultat. On s'est alors tourné vers l'épandage, mais cette méthode est peu avantageuse, car elle exige des superficies très considérables, qu'on n'a pas toujours à sa disposition, et la culture n'a aucun profit à retirer de l'épandage de ces eaux qui ne renferment aucun principe fertilisant.

Diverses usines ont expérimenté les procédés biologiques. Les essais effectués à la sucrerie de Pont d'Ardres et à la sucrerie et distillerie de M. Barrois Brame à Marquillies ont montré que la méthode biologique est susceptible d'épurer très suffisamment ces eaux résiduaires.

Les eaux de vidange des diffuseurs et les eaux de

presses sont d'abord débarrassées de leurs pulpes folles par passage dans deux épulpeurs, puis envoyées dans un bac de dilution où elles reçoivent de l'eau décantée des laveurs et transporteurs, dans la proportion de 100 p. 100. La quantité d'eau à traiter est ainsi de 300 à 400 litres par 100 kilogrammes de betteraves. Les eaux de lavage apportent dans l'eau les ferments nécessaires pour l'épuration dans les lits bactériens. Le mélange doit être immédiatement envoyé sur les lits bactériens, sans fosse intermédiaire, pour éviter la fermentation butyrique et les eaux de diffusion et de presses ne doivent recevoir les eaux de betteraves qu'au moment où elles vont se déverser sur les lits bactériens.

Les eaux, parfaitement débarrassées de leurs pulpes folles afin d'éviter le colmatage des lits, sont répandues à la surface des lits bactériens par un système identique à celui que nous avons décrit plus haut pour les vinasses. La dimension du lit doit être de 1 mètre carré par mètre cube d'eau à traiter journallement, et sa hauteur doit être de 2 mètres. Les grosses scories sont placées au fond sur une hauteur de 0 m. 30, puis on place sur une hauteur de 1 m. 70 des scories tout venant. La répartition de l'eau à la surface du lit se fait par des rigoles parallèles distantes de 0 m. 50, et dont la longueur ne doit pas être supérieure à 15 mètres.

Les eaux qui s'échappent du lit bactérien sont inodores, imputrescibles, et peuvent être rejetées sans inconvénients dans les cours d'eau (1).

(1) Pour plus de détails sur cette question, voy. D^r CALMETTE. *Recherches sur l'épuration biologique des eaux d'égout*, t. II, p. 235. Voir également ROLANTS, *Les eaux usées*, 1925, 1 vol. in-8 (J.-B. Baillièrre et fils).

II. — RÉSIDUS DE LA DISTILLERIE DE MÉLASSES

Le seul résidu de la distillerie de mélasses est constitué par les vinasses qui s'échappent des colonnes à distiller après extraction de l'alcool. Ces vinasses possèdent une grande valeur à cause de la grande quantité d'éléments fertilisants qu'elles renferment. Un grand nombre de procédés ont été préconisés pour l'utilisation des vinasses de mélasses. La méthode ancienne, encore employée dans la plupart des distilleries, consiste à extraire par calcination les sels de potasse que renferment ces vinasses; mais beaucoup de méthodes nouvelles visent en outre à l'utilisation de l'azote qui est perdu dans l'ancienne méthode par calcination. Nous étudierons brièvement ces divers procédés, qui présentent beaucoup moins d'intérêt pour l'agriculteur que l'étude des vinasses de betteraves, les distilleries de mélasses étant des distilleries industrielles qui n'ont avec la culture que des rapports très éloignés. Toutefois, la question est utile à envisager à cause des engrais que cette industrie peut fournir à la culture.

Composition des vinasses de mélasses. — Nous avons vu que les mélasses renferment une moyenne de 11 p. 100 de matières minérales et 11 p. 100 de non-sucre constitué surtout par des acides organiques. Les matières azotées se trouvent presque entièrement sous la forme de bétaine et d'acides amidés. Quant aux matières minérales, elles sont surtout composées, comme nous l'avons vu, de potasse et de soude. Par calcination, ces bases,

qui sont combinées aux acides organiques de la betterave, donnent naissance à des carbonates dans la proportion de 80 p. 100 du poids des cendres.

Les vinasses de mélasses contiennent donc en grande partie les matières azotées, minérales et le non-sucre de la mélasse. Une certaine proportion a été consommée par la levure pour son alimentation, mais les levains peuvent apporter dans certains cas d'autres matières et surtout des matières azotées, notamment quand on utilise des levains au maïs. Ces vinasses contiennent donc les acides organiques de la mélasse partiellement déplacés par l'acide sulfurique, les sels organiques de potasse, de chaux, etc., non décomposés, les sulfates résultant du traitement par l'acide sulfurique et les matières azotées provenant de la mélasse, de la décoction de la levure pendant la distillation et des substances nutritives ajoutées.

Voici, d'après Stammer, la composition de deux vinasses de mélasses :

Saccharomètre.	9,7	13,0
Eau	90,9	88,5
Matières organiques	5,3	7,6
Cendres	3,0	3,9
Azote	0,38	0,5
Potasse en K ² O	1,31	1,94

Delbrück donne l'analyse suivante d'une vinasse examinée à l'Institut des fermentations de Berlin, et dont le degré saccharométrique était de 10,3 :

	Par kilogramme.	Par litre.
	gr.	gr.
Cendres	27,90	29,07
Azote	4,51	4,70
Potasse	14,47	15,08
Acide phosphorique	0,32	0,33

On voit que ces vinasses sont surtout riches en potasse et en azote, et de nombreux procédés ont été employés ou préconisés pour leur traitement.

Calcination des vinasses.

Pour extraire les sels de potasse des vinasses, on les concentre et on les soumet ensuite à la calcination; on obtient ainsi un résidu sec appelé *salin*, riche en carbonate de potasse. La concentration peut se faire soit au four Porion, soit au moyen des appareils à multiple effet, soit au moyen des deux méthodes combinées, soit au moyen des évaporateurs Kestner. Nous examinerons successivement ces différents modes de travail.

Four Porion. — L'évaporation des vinasses se fait très souvent entièrement dans le four à potasse de Porion. Ce four se compose de deux parties : une chambre de concentration et une chambre d'incinération. La chambre de concentration communique avec la cheminée. La vinasse arrive au point le plus rapproché de la cheminée et s'écoule lentement, sur la sole légèrement inclinée, vers la chambre d'incinération. Des agitateurs à palettes, tournant à la vitesse de 200 tours à la minute, projettent dans l'atmosphère gazeuse la vinasse sous forme de fines gouttelettes. De petites portes latérales permettent de surveiller l'évaporation. La vinasse, concentrée par les gaz chauds qui viennent de la chambre d'incinération, arrive à l'entrée de cette chambre quand la concentration atteint environ 20° B. La chambre d'incinération est formée de plusieurs soles chauffées par des foyers. La vinasse achève de s'y dessécher, s'y enflamme; les matières organiques sont

brûlées et les gaz chauds qui se dégagent pendant cette incinération passent dans la chambre de concentration, où ils servent à l'évaporation des vinasses. On brasse constamment, au moyen de râclettes, la masse en ignition, par des portes latérales, afin de rendre la combustion régulière. Quand la calcination est suffisante, vers l'extrémité du four, on fait tomber la masse encore en combustion dans des brouettes en fer, et on vide ces brouettes à l'air libre, de manière à former des tas où la combustion et le refroidissement s'achèvent. On obtient ainsi une masse noirâtre qui constitue le salin brut et qu'on met en barils pour expédier aux raffineries de potasse.

Le four, dont la longueur peut dépasser 15 mètres, reçoit, dans les distilleries bien agencées, presque toutes les chaleurs perdues des générateurs et fours de l'usine; cette chaleur, réunie à celle de la combustion de la vinasse et de la quantité de charbon, plus ou moins grande, brûlée sur les grilles, permet une concentration assez économique des vinasses. La proportion de charbon à brûler varie beaucoup suivant l'utilisation plus ou moins parfaite des chaleurs perdues dans les distilleries et si l'usine n'a pas d'autre cheminée que celle du four Porion et possède le tirage artificiel par ventilateurs, la proportion de charbon dépensée par le four devient très réduite. Un four Porion ainsi installé peut donner une évaporation brute de 25 à 30 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon brûlé sur la grille, mais beaucoup d'usines ne dépassent pas le chiffre de 20 kilogrammes.

Les recherches de MM. Matignon et Kestner sur la valeur calorifique des vinasses ont permis de déter-

miner les conditions économiques que doivent atteindre les distilleries dans leur travail au four Porion. 1.000 kilogrammes de vinasses brutes à 5° Baumé ont un pouvoir calorifique total de 320.830 calories. Le charbon non brûlé qui reste dans les salins représente en moyenne 38.700 calories; la matière organique disparue dans le four a donc donné $320.830 - 38.700 = 282.130$ calories, qui peuvent évaporer 514 kilogrammes d'eau à 90 degrés, la vapeur sortant du four à 90°. Or, l'eau totale à évaporer étant de 900 kilogrammes par 1.000 kilogrammes de vinasses, l'évaporation de 514 kilogrammes représente 56,5 p. 100 de l'évaporation totale. Donc, la matière organique de la vinasse, en brûlant complètement, peut évaporer au minimum 50 p. 100 de l'eau totale, sans le secours d'aucune chaleur extérieure.

D'autre part, dans une usine bien montée, consommant pour ses générateurs environ 130 à 140 kilogrammes de charbon par hectolitre d'alcool, MM. Matignon et Kestner estiment qu'on peut évaporer, par le gaz provenant de la combustion de ce charbon, après avoir traversé des générateurs donnant une évaporation de 7 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon, 20 p. 100 environ de l'eau totale des vinasses, si celles-ci ont 5° Baumé. Les matières organiques des mélasses et les chaleurs perdues de l'usine peuvent donc évaporer gratuitement $50 + 20 = 70$ p. 100 de l'eau des vinasses; il ne devrait donc rester à évaporer par du charbon que 30 p. 100, si l'utilisation des matières organiques de ces vinasses était complète. Une utilisation telle qu'elle existe actuellement dans les bonnes distilleries réalise seulement l'évaporation de 40 p. 100 de

l'eau totale ; le total de l'évaporation gratuite doit donc être 60 p. 100, laissant 40 p. 100 d'évaporation non gratuite. Les nombreuses distilleries qui n'atteignent pas au moins ce dernier résultat perdent donc, d'après MM. Matignon et Kestner, inutilement du charbon.

Concentration par effets multiples. —

La concentration par effets multiples est beaucoup plus économique, comme le démontre nettement l'étude suivante, due à M. Barbet.

M. Barbet envisage d'abord le cas du travail au four à potasse, dans une distillerie travaillant environ 25.000 kilogrammes de mélasses par vingt-quatre heures. Si on fait la dilution au degré de 1075, on aura environ 1000 hectolitres de jus par jour. Au rendement de 27 litres d'alcool à 100 d. par 100 kilogrammes de mélasses, on obtiendra 68 hl. 8 d'alcool par jour. En supposant la mélasse à 60 de pureté moyenne, on aura 29 p. 100 de non-sucre, soit 7395 kilogrammes par vingt-quatre heures. Dans ces conditions, si on suppose une colonne à distiller à bas degré à chauffe-vin et à chauffe-vinasses, la dépense de cette colonne sera de 18 kilogrammes de vapeur environ par hectolitre de vin, soit 18.000 kilogrammes par vingt-quatre heures. En supposant que l'usine rectifie le flegme à bas degré par rectification continue, on dépensera 200 kilogrammes de vapeur par hectolitre de flegme brut à 100 d., soit par vingt-quatre heures $68,8 \times 200 = 13.760$ kilogrammes. Si on opère le dénitrage d'une façon continue avec récupération de chaleur de la mélasse bouillante, le calcul indique une consommation de vapeur de 3.000 kilogrammes. Supposons que la force motrice pour les pompes et l'électricité soit en

moyenne de 10 chevaux effectifs; en comptant ces chevaux à 20 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure à cause de la contre-pression, on dépensera donc par jour $200 \times 24 = 4.800$ kilogrammes de vapeur. Ajoutons 15 p. 100 pour les levains purs, arrêts, pertes diverses, etc., soit 6.440 kilogrammes, la somme de toutes ces dépenses s'élèvera à 46.000 kilogrammes par vingt-quatre heures, soit environ 6.200 kilogrammes de charbon par jour, ou 90 kilogrammes par hectolitre de flegme à 100 d. Les 68 hl. 8 de flegmes, au continu, produiront 75 hectolitres d'alcool rectifié vendu à 90 d. La dépense sera donc de $\frac{6.200}{75} = 82$ kgr. 6 de charbon par hectolitre à 90 d. Quant au four à potasse, il brûle généralement 70 kilogrammes de charbon par hectolitre d'alcool à 90 d. La distillation consommera donc au total $82,6 + 70 = 152$ kgr. 6 par hectolitre d'alcool à 90 d. Si on emploie la vapeur d'échappement de la machine au rectificateur continu, on fait une économie de 7 kgr. 25 à l'hectolitre d'alcool. Il reste donc, net, 145 kgr. 35 quand on évapore au four à potasse.

Voyons maintenant quelle serait la dépense de la même usine, qui concentrerait ses vinasses par multiple effet jusqu'à un point tel que le four puisse achever ultérieurement la concentration sans aucune dépense de charbon, la combustion des matières organiques donnant la chaleur nécessaire pour ce travail. L'expérience montre que la concentration à atteindre par multiple effet, pour arriver à ce résultat, est de 11° Baumé, soit environ 20 kilogrammes de non-sucre à l'hectolitre.

Dans ces conditions, dans le cas de l'usine qui

qui nous occupe, puisqu'il entre journellement 7.395 kilogrammes de non-sucre dans le travail, il faut réduire les vinasses à $\frac{7.395}{20} = 370$ hectolitres

pour qu'elles soient *auto-incinérables*. Les 1.000 hectolitres de vin donnent 862 hl. 4 de vin sortant de la colonne, car il y a 137 hl. 6 de flegme à 50 degrés, enlevés par la distillation. Supposons que le chauffe-vinasses de la colonne constitue la troisième caisse du triple effet. Cette caisse dépensera les 18.000 kilogrammes de vapeur nécessaires à la colonne par vingt-quatre heures. Dans un triple effet ordinaire, ces 18.000 kilogrammes évaporeront environ $18.000 \times 0,96 = 17.280$ litres d'eau. Or la colonne ne distille que 13.760 litres de flegmes, il y a donc un déficit d'évaporation de 3.520 litres. Tout se passe donc comme si le triple effet était normal, mais partait de $1.000 + 35 \text{ hl. } 20 = 1.035 \text{ hl. } 20$ de liquide, au lieu de 1.000 hectolitres. Il faut réduire ces 1.035 hl. 20 à 370 hectolitres de vinasses auto-incinérables; il y a donc en réalité à évaporer 665 hl. 20 d'eau. Or, le rendement moyen d'un triple effet, industriellement, est de 2 kgr. 6 d'évaporation par 1 kilogramme de vapeur vive mise à la première caisse. La dépense sera donc ici de $\frac{66.520}{2,6} = 25.584$ kilogrammes de vapeur.

Dans la première caisse du triple effet, le coefficient de rendement en vaporisation n'est guère que de 90 p. 100 parce qu'il faut réchauffer la vinasse jusqu'à 140°, la pression étant de 2 kgr. 500; mais, en revanche, cet excès de chaleur se retrouve quand le liquide à 140 degrés passe dans la deuxième caisse, puis quand le liquide de celle-ci sort pour

aller au réservoir de vinasses concentrées. On peut donc admettre pour la deuxième et la troisième caisses le coefficient de rendement de 96 p. 100. Donc, dans le haut de la première caisse, la vaporisation sera $25.584 \times 0,90 = 23.025$ kilogrammes. Dans le haut de la deuxième caisse, elle sera $23.025 \times 0,96 = 22.100$ kilogrammes. Telle est la quantité de vapeur de vinasses disponible pour les divers chauffages ultérieurs faisant troisième effet. Si on prélève d'abord les 18.000 kilogrammes nécessaires à la colonne et les 3.000 kilogrammes du dénitrage, soit 21.000 kilogrammes, nous voyons que presque tout y passe. Admettons, en somme, dit M. Barbet, 25.000 kilogrammes de vapeur vive à la première caisse, ces 25.000 kilogrammes conduisent la colonne et le dénitrage; ajoutons à ce chiffre 4.800 kilogrammes pour la machine, qui fournit 4.080 kilogrammes au rectificateur, et prenons pour les autres dépenses les mêmes chiffres que plus haut, soit $13.760 - 4.080 = 9.680$ kilogrammes pour le rectificateur, et 6.440 kilogrammes pour les levains, pertes diverses, etc., nous arrivons à un total de 45.920 kilogrammes de vapeur, ce qui correspond à 82 kgr. 5 de charbon à l'hectolitre à 90 d. Mais toute la dépense de charbon est supprimée au four à potasse, de sorte que 82 kgr. 5 est la dépense totale de l'usine au lieu de 145 kgr, 35, soit une économie de 62 kgr. 85 de charbon par hectolitre d'alcool à 90 d.

M. Barbet envisage enfin le cas de l'évaporation par triple effet dans le vide. Dans ce cas, le chauffeur tubulaire de la colonne à distiller est chauffé à la vapeur vive. Il sort de ce chauffeur 862 hl. 4 de vinasses, de sorte que le triple effet n'a plus à éva-

porer que $862,4 - 370 = 492$ hl. 4. Le rendement d'un kilogramme de vapeur entrant à la première caisse peut être conservé à 2 kgr. 600. Donc il faudra $\frac{49.240}{2,6} = 18.940$ kilogrammes de vapeur.

Pour chauffer cette caisse, on utilisera d'abord l'échappement A de la machine à vapeur, puis l'échappement B de la pompe à faire le vide; si nous admettons pour A 4.080 kilogrammes comme précédemment, et si nous prenons 4.080 kilogrammes pour la dépense journalière de la pompe à vide qui fournira ainsi un échappement de $4.080 - 15$ p. 100, c'est-à-dire de 4.080 kilogrammes, la quantité de vapeur vive à fournir au triple effet sera de $18.940 - 4.080 - 4.080 = 10.780$ kilogrammes. Dans ces conditions, si nous admettons les diverses dépenses : 18.000 kilogrammes pour la colonne, 13.760 kilogrammes pour le rectificateur, 3.000 kilogrammes pour le dénitrage, 4.800 kilogrammes pour la machine à vapeur, 4.800 kilogrammes pour la pompe à vide, 10.780 kilogrammes pour le triple effet, et 6.440 kilogrammes pour les levains purs, cheval alimentaire, pertes diverses, arrêts, etc., nous arrivons à un total de 61.580 kilogrammes de vapeur, soit 8.210 kilogrammes de charbon par jour ou $\frac{8210}{75} = 109$ kgr. 400 de charbon par hectolitre d'alcool à 90 d. rectifié.

Méthodes et appareils employés pour la concentration des vinasses par effets multiples. — Il résulte donc de l'étude qui précède que toutes les circonstances de la fabrication proprement dite restant les mêmes, les dépenses en charbon par hectolitre d'alcool à 90 d. seront les suivantes (voir p. 336).

	kilogrammes.
Ancien système, sans concentration à triple effet	145,35
Triple effet sous vide	109,40
Triple effet sous pression	82,50

On a donc intérêt à faire la concentration des vinasses par effets multiples, soit sous vide, soit, ce qui est encore préférable, sous pression. Certaines usines combinent les deux moyens. Une caisse à pression est disposée de telle sorte qu'on utilise les vapeurs qui s'en dégagent au chauffage des colonnes et des rectificateurs, et la première caisse du triple effet sous vide est chauffée par les vapeurs d'échappement des machines.

La construction des caisses présente une très grande importance : les caisses doivent être faciles à nettoyer, se prêter peu aux incrustations, ne donner lieu à aucun entraînement vésiculaire et posséder un réglage automatique de l'alimentation et de la sortie du liquide concentré. Elles doivent enfin posséder un bon coefficient évaporatoire.

On peut employer pour l'évaporation, soit le triple effet ordinaire, fonctionnant sous vide ou sous pression, soit le multiple effet système Yarian. L'appareil Yarian se compose de 2, 3 ou 4 caisses cylindriques horizontales superposées et munies de tubes longitudinaux réunis en serpentín dans lesquels circule la vinasse à concentrer, tandis que la vapeur de chauffage arrive entre les tubes. Chaque caisse communique avec un séparateur qui sépare le liquide de la vapeur destinée à chauffer la caisse suivante. Une pompe à vide produit un vide partiel dans l'appareil, et trois pompes accessoires servent l'une pour l'alimentation, l'autre pour l'extraction des vinasses concentrées, la troisième pour l'extrac-

tion de l'eau distillée. La pompe d'alimentation envoie la vinasse dans le bas de l'appareil. Cette vinasse s'élève de caisse en caisse jusqu'à la caisse supérieure, qui reçoit la vapeur directe et où elle atteint l'ébullition. Elle entre alors dans le tube en serpentín de la caisse supérieure, la traverse d'un bout à l'autre, vient se diviser, partiellement vaporisée, dans le premier séparateur. Le liquide va alors au tube de la deuxième caisse tandis que la vapeur va chauffer cette caisse, et ainsi de suite. A la sortie du dernier séparateur, la vinasse concentrée est enlevée par la pompe. M. Kestner conseille d'utiliser les vapeurs du dernier corps pour le chauffage de la colonne.

Quand on emploie le triple effet ou le double effet ordinaire sous pression, la vinasse est refoulée, à la sortie de la colonne à distiller, dans la première caisse sous une pression de 3 atmosphères par exemple. Cette caisse est chauffée par la vapeur directe, les vapeurs qu'elle produit chauffent la deuxième caisse où la pression est moindre, et les vapeurs de la dernière caisse servent au chauffage du tubulaire de la colonne. Nous avons vu précédemment une colonne à distiller de la maison Crépelle-Fontaine, munie ainsi d'un chauffage à double effet (fig. 49).

Les établissements Barbet construisent un multiple effet sous pression (fig. 113) dont la dernière caisse constitue le chauffeur de vinasses L de la colonne à distiller M ou du rectificateur continu direct. La vinasse sort assez concentrée pour ne plus nécessiter de charbon au four à incinérer T; elle est devenue *auto-incinérable*. La figure 113 représente un appareil à double effet. Chaque caisse

se compose de deux parties : un faisceau tubulaire A, organe proprement dit de l'évaporation et un cylindre B dit séparateur, car il effectue la séparation des sels incrustants et des mousses. Le liquide à évaporer, refoulé par la pompe P, arrive dans le séparateur B où il prend la température de la masse liquide. Certains sels dont la solubilité décroît avec l'élévation de température et devient même nulle (par exemple, le sulfate de chaux à 140 degrés) sont précipités. Les boues et les précipités tombent dans le cône inférieur. On opère de loin en loin une extraction, par le robinet *b*, de ces précipités, qu'on dirige directement vers le four T. C'est sur le côté de la paroi qu'on fixe le tuyau O qui ramène le jus à la base du faisceau tubulaire A. Le jus s'élève rapidement dans les tubes, d'une longueur de 3 à 4 mètres : émulsionné par les bulles de vapeur qui se dégagent, il est entraîné en même temps que la vapeur et le mélange débouche par le tuyau C dans le séparateur B. Le liquide tombe pendant que la vapeur, purifiée par le mouvement de rebroussement, se redresse pour gagner la partie supérieure du séparateur; la section *y* est assez importante pour ralentir la vitesse de la vapeur. Celle-ci est de plus soumise à l'action d'un puissant émousseur, de sorte que la vapeur est bien sèche quand elle se dirige sur la caisse suivante qu'elle doit chauffer.

La figure 113 représente un appareil fonctionnant sous pression pour la concentration des vinasses d'une distillerie de mélasses : AB constitue le premier effet; la vapeur de jus qui en résulte est à une pression de 1 kgr. 5 à 2 kilogrammes; FG est le deuxième effet, la vapeur qui s'en dégage, sous 0 kgr. 7 environ, se rend dans le tubulaire L qui est le chauffeur de

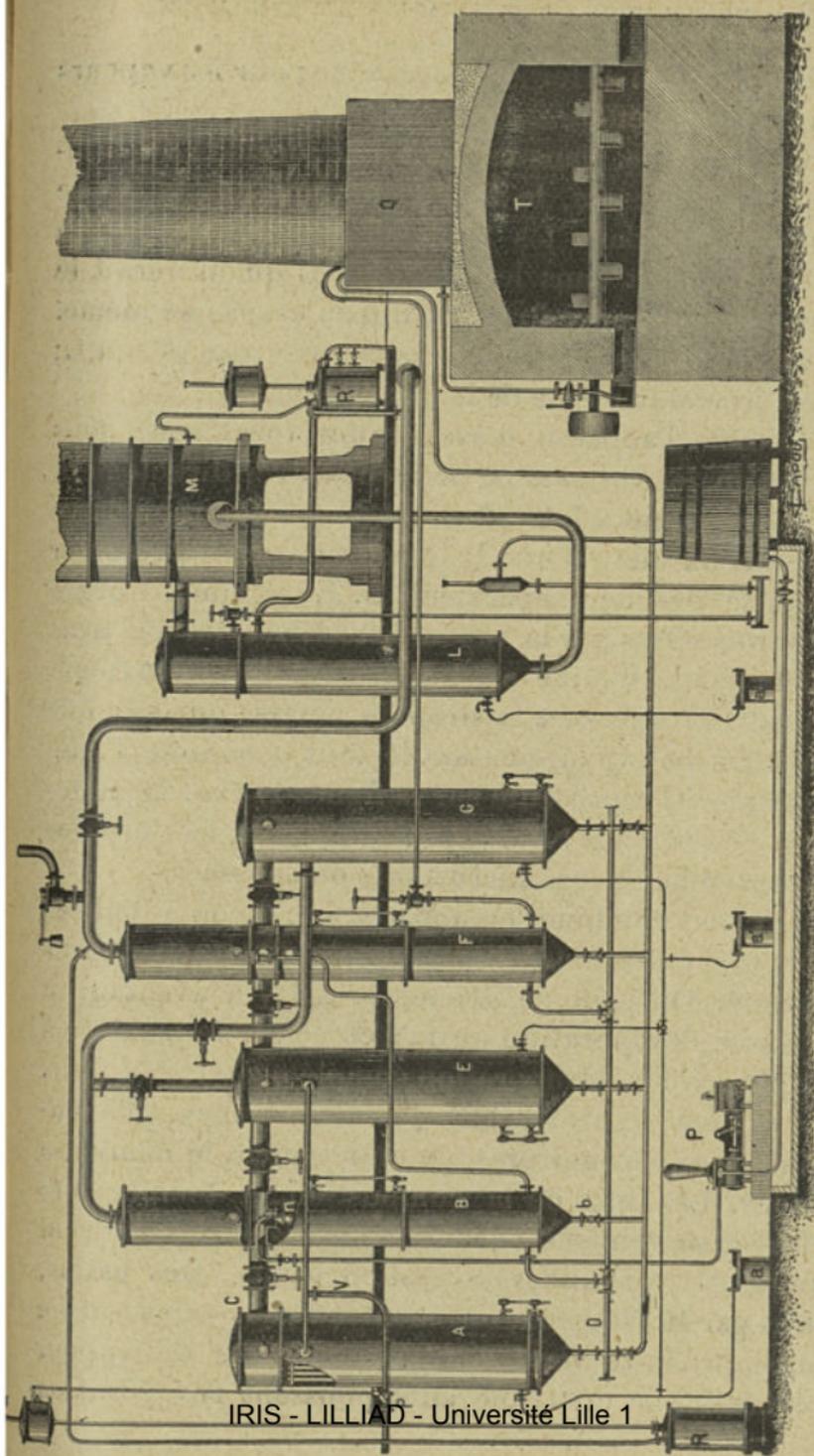


Fig. 113. — Evaporation des vinasses par triple effet sous pression avec colonne à distiller et four à potasse.
(Barbet et Cie).

la colonne à distiller M et constitue pour les vapeurs un troisième effet.

On voit que, dans ce cas particulier de l'évaporation des vinasses, le liquide ne suit pas le même chemin que dans les triple-effets de sucrerie. En sucrerie, c'est dans le tubulaire L qu'on aurait le sirop le plus concentré. Ici, il n'en est pas de même. C'est la vinasse la moins concentrée qui est en L; c'est le résidu même de la distillation.

Comme l'appareil d'évaporation fonctionne sous pression, les vinasses ne peuvent entrer directement dans le premier effet. Elles sont dirigées dans une cuve en bois où une pompe P les puise pour les refouler dans le premier séparateur B. En somme, l'ordre des trois effets par la vapeur est AEL; celui des trois effets par le liquide est LAE. C'est de la deuxième caisse EF' que sort le sirop de vinasse qui s'écoule dans un bac Q alimentant le four à potasse T. Le tubulaire G représenté sur la figure 113 est un tubulaire de rechange; il n'est utile que pour les liquides exceptionnellement incrustants ou salissants.

On peut combiner les appareils de façon à réaliser des concentrations allant jusqu'à 30 et 40 degrés Baumé. On peut se demander s'il y a avantage à pousser l'évaporation jusqu'à ce point, de manière à ne plus avoir d'évaporation complémentaire au four. Ce système, pratiqué dans plusieurs usines, a l'avantage de supprimer presque entièrement la mauvaise odeur. Les gaz de la combustion, à température élevée, se rendent aux générateurs et engendrent ainsi une certaine vaporisation d'eau. Des essais, faits par M. Vasseux, ont montré que la vaporisation ainsi produite vient compenser l'excès de vapeur réclamé par un triple effet poussant l'évaporation

jusqu'à 40° B. En examinant ce mode de travail, M. Barbet a montré qu'il est un peu moins avantageux, au point de vue de la dépense en charbon, que le mode de travail avec concentration jusqu'à 11° B. et auto-incinération. En outre, cette méthode a l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la surface des générateurs et du triple effet, et de donner lieu à des incrustations beaucoup plus considérables dans les caisses. Elle a, par contre, l'avantage de supprimer les mauvaises odeurs, les fumées blanches chargées d'eau et de permettre de faire soit des engrais composés en supprimant la calcination, soit de calciner en vase clos pour récolter l'ammoniaque et les goudrons.

Quand on veut calciner les vinasses, la meilleure solution paraît donc être la concentration jusqu'à 11° Baumé, au double ou triple effet sous pression, ce qui, pour une vinasse à 5°,5 représente une évaporation de 50 p. 100 de la quantité d'eau à évaporer. Dans ces conditions, la vinasse est devenue auto-incinérable et le four fait gratuitement le reste, grâce à la chaleur de combustion des vinasses.

Évaporateurs Kestner. — M. P. Kestner a appliqué ses évaporateurs à grimpage à la concentration des vinasses de distillerie. Ces évaporateurs se composent d'un long faisceau tubulaire vertical, dont les tubes ont 7 mètres de long; la vinasse à concentrer arrive dans les tubes à la partie supérieure. Le chauffage a lieu par admission de vapeur dans l'espace intertubulaire. Les tubes peuvent toujours être lavés sans arrêt de l'appareil, ce qui supprime à peu près complètement les incrustations. La marche est régulière et continue, le liquide ne faisant qu'un passage à travers l'appareil.

Le gros avantage des évaporateurs Kestner est qu'ils permettent de neutraliser les vinasses pour pouvoir employer le fer à la construction, au lieu d'avoir à faire des installations extrêmement coûteuses en cuivre. Comme les vinasses neutralisées moussent beaucoup, il est difficile de procéder avec les autres appareils à cette neutralisation. Au contraire, l'évaporateur à grimpage est un véritable brise-mousses, qui fonctionne mieux encore avec un liquide mousseux. Cette neutralisation se fait avec du salin dans l'appareil lui-même; la pompe qui refoule la vinasse dans l'évaporateur est à deux corps et le corps auxiliaire refoule la solution de salin nécessaire à la neutralisation. Les évaporateurs Kestner peuvent être combinés avec la colonne à distiller et être à simple, double ou triple effet.

Ces appareils, grâce à leur facilité de conduite, de nettoyage, à leur grande puissance d'évaporation et à leurs dispositions spéciales pour éviter les entraînements, conviennent tout particulièrement à la concentration des vinasses de betteraves et de mélasses. Comme ils permettent le travail des mélasses neutralisées, ils peuvent être construits en fer et sont ainsi beaucoup moins coûteux. Enfin, ils permettent la séparation des sels qui se déposent pendant la concentration à un degré élevé, qu'on peut recueillir d'une façon continue grâce à des dispositions spéciales. Le résidu liquide peut alors être incinéré ou mieux traité pour la production d'engrais, par une des méthodes que nous étudierons plus loin.

Évaporateurs Barbet. — La figure 114 représente un type de caisse évaporatoire construite par la maison Barbet et Cie. La tête du tubulaire A est

élargie et construite de telle façon que le liquide projeté hors des tubes par l'ébullition ne puisse y retomber. La tubulure de dégagement vers le séparateur C est placée à un niveau inférieur à la plaque

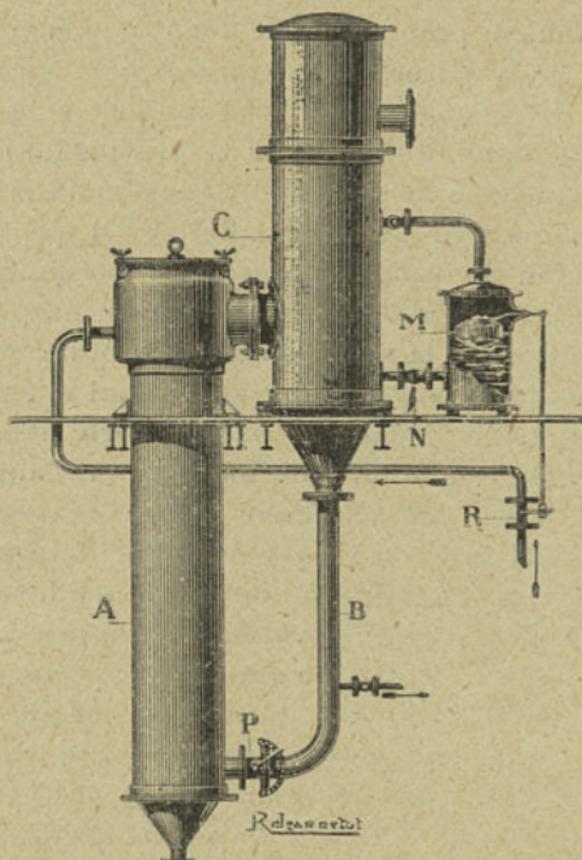


Fig. 114. — Caisse évaporatoire, système Barbet (Barbet et Cie).

tubulaire, de sorte que le dégagement du liquide est immédiat.

D'autre part, le tuyau B, qui ramène ce liquide vers le bas du faisceau tubulaire, est d'un fort diamètre afin d'effectuer une circulation non réversible aussi intensive qu'on peut le désirer. On sait, en

effet, que le coefficient de transmission des calories de la vapeur à travers les parois du tube dépend de la vitesse avec laquelle circulent et le liquide et la vapeur à leur contact. Plus le liquide est visqueux, plus il faut se préoccuper de donner de la vitesse au liquide à évaporer. Le réglage de la circulation dépend directement du niveau auquel le liquide est maintenu dans le séparateur C ou dans le tuyau B. Le niveau dans le séparateur C est maintenu constant grâce à un régulateur à flotteur M qui agit sur un papillon R étranglant l'alimentation de la caisse. Comme la variabilité de la circulation ne peut plus être assurée par la variation du niveau, on interpose en P un autre papillon de réglage dont la fermeture plus ou moins grande crée une perte de charge équivalant à une diminution de la hauteur de colonne d'eau dans B. Pour chaque caisse et pour chaque viscosité, on trouve rapidement le point de fermeture du papillon qui donne le meilleur rendement évaporatoire de la caisse, c'est-à-dire la circulation convenable. On n'a ainsi à régler que la sortie du liquide de la dernière caisse à la densité voulue. Automatiquement, cette dernière caisse s'alimente de ce qui lui est nécessaire pour maintenir un niveau constant. Il en est de même de chacune des caisses précédentes jusqu'à l'alimentation d'entrée elle-même.

Composition des salins. — Voici une analyse complète d'un salin, due à M. Pellet.

La composition est d'ailleurs extrêmement variable suivant la nature des mélasses et le mode de travail qu'on leur a fait subir; le carbonate de potasse, qui est l'élément de valeur, peut être plus ou moins abondant, le sulfate de potasse, le chlorure de potas-

sium peuvent varier entre des limites assez étendues. L'analyse précédente représente donc un type commercial plutôt qu'une moyenne qui exprime la composition véritable.

Eau à 200°	3,75
Matières volatiles au rouge sombre, le creuset fermé.	3,05
Carbone	7,03
Insolubles.	26,40
Sulfate de potasse.	6,41
Chlorure de potassium.	18,93
Carbonate de potasse	28,88
Carbonate de soude	4,14
Sulfure de potassium	0,30
Silicate de potasse	0,77
Chaux, acide phosphorique et pertes.	0,34
	<hr/>
	100,00

Ces salins bruts sont vendus aux raffineurs de potasse qui, par différence de solubilités et concentration, en extraient le carbonate de soude, le sulfate de potasse et le chlorure de potassium.

Analyse des salins. — Les principaux dosages à effectuer sont l'humidité, l'insoluble, les chlorures, les composés du soufre, le titre alcalimétrique et la potasse totale.

L'humidité se dose en chauffant 25 grammes de salins à 180° jusqu'à poids constant. Un chauffage à une température inférieure est insuffisant; le chauffage au rouge donne des résultats trop forts.

Pour doser l'insoluble, on place la matière qui a servi au dosage de l'humidité dans un mortier, on la broie avec un peu d'eau, puis on la fait passer dans une capsule de porcelaine. On fait bouillir avec de l'eau, on laisse déposer et on décante sur un filtre taré. On recommence cette opération à 4 ou 5 reprises, et on est ainsi certain de dissoudre la totalité des

sulfates (méthode de M. Lacombe). On lave le filtre à l'eau chaude, on dessèche et on pèse. Le liquide filtré est amené à un volume connu et sert pour les autres dosages. Avec 25 grammes de salins, on amène ordinairement à 500 centimètres cubes.

Pour le dosage des chlorures, on prend 40 centimètres cubes de cette liqueur, on les sature par l'acide azotique, et on ajoute ensuite de 0 gr. 5 à 0 gr. 6 d'acide calculé en acide monohydraté. On fait bouillir jusqu'à ce que le volume soit réduit à 25 centimètres cubes environ. Dans ces conditions, l'acide sulfhydrique, l'acide sulfureux, l'acide cyanhydrique, etc., qui proviennent des sulfures, des hyposulfites, des cyanures, etc., et qui viendraient fausser le titrage sont sûrement décomposés, éliminés et remplacés par l'acide azotique (méthode de M. Lacombe). On laisse refroidir et on titre au moyen du nitrate d'argent, en employant le chromate comme indicateur ou en appliquant la méthode par reste au moyen d'une solution titrée de sulfocyanure de potassium.

Pour le dosage des composés du soufre, il convient d'évaluer séparément le soufre des sulfates et le soufre total. Pour le dosage du soufre des sulfates, on prend 20 centimètres cubes de la liqueur filtrée, on les place dans un ballon de 500 centimètres cubes fermé par un bouchon percé de deux trous. Dans l'un de ces trous passe un tube à entonnoir par lequel on introduit 200 centimètres cubes d'eau bouillie; l'autre sert au dégagement des gaz. On enfonce le tube jusqu'à ce que son extrémité inférieure affleure à 1 centimètre de distance de la surface du liquide; on chauffe et quand la vapeur a expulsé l'air, on verse par le tube en entonnoir de

l'acide chlorhydrique étendu, jusqu'à saturation, puis on ajoute un léger excès de chlorure de baryum. On laisse le sulfate de baryte se rassembler complètement, on le recueille, on le calcine et on le pèse.

Pour le dosage du soufre total, on fait passer tout le soufre à l'état de sulfate en traitant par le brome les 20 centimètres cubes de solution. On sature alors par l'acide chlorhydrique, et on précipite par le chlorure de baryum.

La différence entre le dosage du soufre total et le dosage du soufre des sulfates se rapporte au soufre des composés inférieurs, sulfures, hyposulfites, etc. On peut d'ailleurs apprécier ces composés approximativement d'une façon globale en les titrant simplement par l'iode et en supposant que les hyposulfites en forment la presque totalité.

Le titre alcalimétrique est le nombre de grammes d'acide sulfurique nécessaires à la neutralisation de 100 grammes de matière. On place 100 centimètres cubes de la solution dans un ballon à fond plat, on fait bouillir et on verse de la liqueur sulfurique normale jusqu'à virage du tournesol. Quand on opère ainsi, il est évident que les sulfures, sulfites et hyposulfites absorbent un certain volume de liqueur sulfurique et le titre obtenu correspond à l'alcalinité du carbonate de potasse et du carbonate de soude augmentée de celle des impuretés. Pour éviter cette erreur, on peut faire le titre alcalimétrique en évaporant d'abord à sec les 100 centimètres cubes de liquide qui correspondent à 5 grammes de salin, en fondant avec 5 grammes de chlorate de potasse qui oxyde toutes ces impuretés à l'état de sulfates, en dissolvant, filtrant et titrant à l'acide sulfurique normal. On peut également faire le dosage de l'acide

carbonique par une des méthodes ordinairement employées dans ce but, par exemple, par la méthode Frésenius et Will qui consiste à expulser l'acide carbonique par l'acide sulfurique et à déterminer la perte de poids de l'appareil. L'opération doit se faire en présence de chromate neutre de potasse qui oxyde et retient les composés inférieurs du soufre. Si on recherche l'équivalent de l'acide carbonique ainsi trouvé en acide sulfurique monohydraté, on a le vrai titre alcalimétrique suivant Descroizilles, c'est-à-dire l'alcalinité totale en carbonates entièrement débarrassés de l'influence perturbatrice des sulfures et même des silicates, aluminates et phosphates s'il en existe (méthode de M. Lacombe).

Le dosage de la potasse totale se fait au moyen du chlorure de platine. A 50 centimètres cubes de la liqueur filtrée, on ajoute un léger excès de baryte caustique pure, puis on fait bouillir et on ajoute quelques centimètres cubes de carbonate d'ammoniaque pour précipiter l'excès de baryte. On filtre, on lave à l'eau chaude, on acidifie légèrement par l'acide chlorhydrique, on évapore à sec et on calcine légèrement aussi, pour détruire les sels ammoniacaux qui peuvent se trouver dans le salin. On redissout dans l'eau distillée, on filtre, on additionne de chlorure de platine et on dessèche presque complètement. On reprend par l'alcool à 80 degrés additionné d'un sixième d'éther et on recueille le chloroplatinate de potasse qu'on pèse (méthode Pagnoul.) On obtient ainsi la potasse totale, et on peut vérifier le résultat en réduisant le chloroplatinate de potasse par le formiate de soude. D'après le platine pesé, on a la potasse, qui doit être sensiblement la même que par le chloroplatinate.

Du chloroplatinate total, on retranche la quantité de chloroplatinate qui correspond à la potasse des chlorures et de tous les composés du soufre transformés en sulfates. La différence donne le chloroplatinate correspondant au carbonate de potasse. On calcule le titre alcalimétrique qui lui correspond, et on déduit ce titre du titre alcalimétrique total. On obtient ainsi le titre alcalimétrique dû au carbonate de soude, et par suite la proportion de ce dernier.

Méthodes de traitement des vinasses sans calcination.

La méthode de traitement des vinasses de mélasses par calcination n'est qu'un pis aller; on perd en effet entièrement, par cette méthode, les matières azotées des vinasses, dont la valeur comme engrais est considérable. Les mélasses contiennent 1,20 à 1,80 p. 100 d'azote, et la valeur du produit azoté seul est plus grande que la valeur des salins obtenus. M. Aulard, dans une communication au Congrès de Chimie appliquée de Berlin, a démontré que si la distillerie récupérait les engrais azotés des vinasses, elle conserverait à l'agriculture 324.953 tonnes de matières organiques azotées, renfermant 48.226 tonnes d'azote organique. M. Vasseux fait de même remarquer qu'une usine travaillant seulement 15 millions de kilogrammes par an, perd en incinérant les vinasses environ 180.000 kilogrammes d'azote. Ces chiffres se passent de commentaires et justifient les nombreux efforts qui ont été faits dans ces dernières années pour la récupération de l'azote des vinasses. Plusieurs procédés ont été préconisés dans ce but et nous les signalerons

brièvement, mais la solution du problème est difficile. Tous les procédés de récupération de l'azote sous forme d'ammoniaque n'ont guère donné de résultats pratiques, car la distillation sèche ne permet de récupérer qu'environ la moitié de l'azote des vinasses et elle donne des mélanges d'amides et d'ammoniaque, et la fermentation ammoniacale entraîne des odeurs infectes qui rendent son emploi difficile. La fabrication d'engrais présente également des inconvénients, à cause des installations très importantes qui sont nécessaires et aussi parce que les bénéfices réalisés par l'utilisation de l'azote sont absorbés en grande partie par la moins-value de la potasse qui est vendue sous la forme de sulfate.

Procédé Vincent. — M. Vincent a cherché à résoudre le problème en soumettant la masse concentrée à la distillation sèche dans des cornues en fer. On obtenait d'une part un charbon contenant les sels minéraux de la mélasse et d'autre part un liquide complexe, renfermant de l'ammoniaque, des méthylamines, des goudrons, des acides gras volatils, de l'alcool méthylique, etc. Ce procédé, autrefois employé, n'est pas entré dans la pratique courante. Le rendement en azote recueilli à l'état d'ammoniaque par rapport à l'azote traité est d'ailleurs assez faible.

Procédé Savary. — Nous avons indiqué précédemment en étudiant la concentration des vinasses de betteraves, le principe de cette méthode et nous n'y reviendrons pas ici. Le procédé Savary est entré dans la pratique et permet d'obtenir les sels de potasse des vinasses et un engrais azoté excellent avec les résidus obtenus après concentration et distillation.

Procédé Vasseux. — Ce procédé consiste à former du sulfate de potasse en traitant la masse concentrée par l'acide sulfurique en quantité suffisante pour transformer toute la potasse en sulfate, diverses réactions s'effectuant au sein de la masse et permettant la transformation complète de tous les sels, même des chlorures, par double décomposition avec les sulfates de soude ou d'ammoniaque qui se forment. Le sulfate de potasse cristallise au sein de la masse à la densité de 32 à 35° B, on le sépare par décantation, filtration et turbinage. Ce sulfate est lavé, turbiné de nouveau : il est alors blanc et pur. Les matières organiques qui forment l'égout sont desséchées ensuite dans des malaxeurs et sous vide. Quand la dessiccation est suffisante, on laisse couler la masse dans des chariots. Elle devient solide par le refroidissement. On broie le produit ainsi obtenu et on a un engrais organique en poudre, riche en azote, dont le taux varie de 5 à 7 p. 100 et ne contenant plus que 6 à 7 p. 100 de potasse. Ce produit presque entièrement soluble dans l'eau, non hygrométrique, se nitrifie très rapidement dans la terre et convient très bien à la culture.

L'addition de tourbe à la matière en dessiccation favorise sa transformation en engrais pulvérulent.

D'après M. Vasseux, on obtient par 1.000 kilogrammes de mélasses, 75 à 80 kilogrammes de sulfate de potasse 75-80 et 150 kilogrammes d'engrais organique azoté.

Si on travaille par calcination, on récupère seulement par 1.000 kilogrammes de mélasses, 90 kilogrammes de salins, et on perd tout l'azote récupérable, c'est-à-dire 75 à 80 p. 100 de l'azote total ou 11 kilogrammes. Ces chiffres montrent l'avantage de

la récupération et sa nécessité même pour les distillateurs de mélasses.

Ce procédé est entré dans la pratique industrielle et donne de bons résultats.

Procédé Gimel. — Cette méthode consiste à concentrer la vinasse jusqu'à 35 degrés Baumé, puis à la distiller en présence de chaux vive; il se dégage de l'ammoniaque et des amines qu'on recueille dans une série de touries renfermant de l'acide chlorhydrique. On évapore la solution à 325 degrés et la masse est ainsi décomposée en un mélange d'ammoniaque, de triméthylamine et de chlorure de méthyle, et les produits ultimes de la décomposition sont le chlorure de méthyle qu'on recueille et le chlorhydrate d'ammoniaque comme résidu. D'autre part, on ajoute de l'acide sulfurique dans le résidu de la distillation de la vinasse à la chaux, de manière à neutraliser à peu près complètement. On sépare le précipité formé et on concentre jusqu'à dessiccation complète. Dans ce processus, la glycérine s'est en grande partie décomposée, après séparation du liquide clair, on enlève la presque totalité de ce qui reste. On obtient ainsi un engrais non hygroscopique.

Procédé Rivière. — Ce procédé consiste à précipiter la potasse au moyen de l'acide hydrofluosilicique et il peut être appliqué soit sur les vinasses, soit sur les vins avant distillation, soit, comme nous l'avons vu en étudiant la préparation des moûts de mélasses, sur les moûts avant fermentation. Ce dernier mode de travail rend la fermentation plus facile, permet de supprimer l'acide sulfurique et les fours à potasse et donne une plus-value au salin qui est exempt de sulfate.

La potasse et la soude des mélasses sont obtenues

par précipitation, au moyen de l'acide hydrofluosilicique, à l'état de fluosilicate de potassium et de sodium. Les fluosilicates obtenus sont transformés en carbonates, dans une série d'opérations qui permettent de régénérer en même temps l'acide hydrofluosilicique. A cet effet, le précipité est d'abord traité, en autoclave, par un lait de chaux, qui fait passer tout le fluor à l'état de fluorure de calcium, tandis que la potasse se transforme en silicate. Le fluorure de calcium est décomposé par l'acide sulfurique qui régénère l'acide fluorhydrique, tandis que le silicate de potasse est traité par l'acide carbonique qui précipite la silice. Cette silice est mise en digestion dans l'acide fluorhydrique pour régénérer l'acide hydrofluosilicique. Il n'y a donc qu'à parfaire la quantité d'acide hydrofluosilicique perdue au cours de la régénération. Cet acide non régénéré s'obtient à l'aide d'un appareil spécial produisant à peu de frais l'acide hydrofluosilicique nécessaire.

On peut également, sur les vinasses, procéder à l'extraction de l'azote et de la glycérine.

Procédé Effront. — D'après M. Effront, les insuccès obtenus avec les méthodes de distillation directe des vinasses viennent de ce fait qu'une grande partie des matières azotées se trouve combinée à des bases alcalines, ce qui rend la matière azotée plus stable et empêche sa transformation en ammoniaque. Cette transformation peut se faire au contraire beaucoup plus aisément quand on défait au préalable la combinaison d'alcalis avec la matière azotée. Dans le procédé Effront, on utilise, pour déplacer la matière azotée de ses combinaisons, soit les résines telles que la colophane, soit les sels acides, soit les acides minéraux. Le choix de la

méthode à suivre se fait suivant les vinasses à traiter. Pour les vinasses de grains on emploie de préférence le bisulfate de soude. Pour les vinasses de betteraves et de mélasses, on a intérêt, à cause de la valeur du salin, à employer la colophane. Cette dernière forme, avec les bases fixées sur la matière azotée, des savons qui se laissent aisément transformer en carbonates.

Le procédé est appliqué de la façon suivante : les vinasses, concentrées à 40-42° B. sont additionnées de la quantité calculée de résine ou d'acide et on soumet le mélange à la dessiccation. Le liquide est maintenu à cet effet à 180-200° dans une étuve où on laisse passer un courant d'air surchauffé. On recueille le distillat dans des laveurs. Le liquide qui distille a une réaction franchement acide et contient l'ammoniaque sous forme de sels. La quantité d'ammoniaque obtenue dans cette phase est environ de 50 p. 100 de l'azote total des vinasses mises en œuvre. Comme résidu, il reste une masse fondue, poreuse, contenant tout le salin et des matières organiques azotées.

Pour récupérer l'azote de ce résidu, on le concasse en morceaux, on l'introduit dans des cornues en fer placées dans un four et chauffées au rouge sombre (700°). Pendant le chauffage, on laisse passer un courant de vapeur surchauffée en même temps que de l'air. Les produits distillés sont recueillis dans des condensateurs à acide.

Les deux phases distinctes du procédé tel qu'il vient d'être indiqué se rapportent surtout aux vinasses traitées par les sels acides ou les acides minéraux. Quand on travaille avec la colophane, on doit changer un peu le mode opératoire. Par 100 ki-

logrammes de vinasse concentrée on introduit 20 à 30 kilogrammes de colophane pulvérisée. On chauffe à l'étuve à 200° pendant trois quarts d'heure. Pendant ce temps, on laisse passer alternativement un courant d'air et d'acide carbonique. Le liquide distillé est simplement recueilli dans l'acide. La dessiccation terminée, on traite la masse résiduaire, composée de savons résineux, résine et matières organiques, par l'eau chaude; on décante la résine surnageante, on filtre ensuite sur une toile. Il reste dans ces conditions sur le filtre une substance azotée peu soluble dans l'eau. Cette substance est desséchée à l'étuve à 100° d'abord; ensuite elle est traitée, comme il est dit plus haut, dans des cornues chauffées à 700°, par de la vapeur et de l'air surchauffés.

M. Effront a préconisé, il y a quelques années, une méthode basée sur la fermentation ammoniacale des vinasses. Les vinasses sontensemencées avec un levain égal à 5 à 10 p. 100 du volume total à fermenter. Ce levain est obtenu soit par culture pure de ferments ammoniacaux provenant du sol, soit par cultures impures. Ces dernières sont préparées en stérilisant pendant 1 heure à 70°-80° de la terre de jardin mélangée avec de la vinasse alcalinisée; cette stérilisation permet d'éviter l'intervention de ferments nuisibles sans détruire ceux qui ont des fonctions ammoniacales. Pour renforcer ces fonctions, on a recours à l'aération du liquide, à une forte alcalinité et à l'emploi d'agglutinants tels que le sulfate d'alumine. Après fermentation, la distillation donne de l'ammoniaque.

Ce procédé a été expérimenté à la distillerie Lesaffre à Quesnoy-sur-Deule. On obtenait 12 kilo-

grammes de sulfate d'ammoniaque par Hl. d'alcool fabriqué avec la betterave, et 25 à 30 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque par Hl d'alcool fabriqué avec la mélasse, ce qui correspond à 75 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque par 1.000 kilogrammes de mélasses. On obtient, en outre, par 1.000 kilogrammes de mélasses, 95 à 120 kilogrammes d'acides gras (acétique, propionique et butyrique). Une installation analogue fonctionnait avant 1914 à Corbehem (Pas-de-Calais).

L'inconvénient de ces méthodes réside dans les odeurs infectes qui s'échappent de ces usines et qui ont donné lieu à des interventions de la part des communes avoisinantes.

III. — RÉSIDUS DE LA DISTILLERIE DE MATIÈRES AMYLACÉES

Les résidus de la distillerie de matières amylacées présentent pour l'agriculture une très grande importance. Les drèches et les vinasses provenant des pommes de terre et des grains contiennent en effet une forte quantité d'éléments nutritifs : les matières azotées, les matières grasses, les sels contenus dans les matières premières se retrouvent dans les résidus, à côté d'une certaine proportion d'hydrates de carbone qui n'ont pas subi la fermentation alcoolique.

La valeur de la drèche est très différente suivant le mode de travail adopté dans la distillerie. Quand on emploie la saccharification par l'acide, il est nécessaire de soumettre les drèches à des traitements spéciaux si on veut les utiliser pour l'alimentation du bétail. En effet, l'acide chlorhydrique

qu'elles contiennent, même neutralisé par la soude ou la chaux, rend ces drèches difficilement utilisables.

MM. Porion et Mehay ont appliqué le procédé suivant pour l'utilisation pratique des drèches de maïs saccharifié aux acides. La vinasse est envoyée au sortir de la colonne dans des filtres-presses pour séparer les parties solides. Les tourteaux ainsi obtenus sont délayés dans l'eau bouillante, et filtrés de nouveau aux filtres-presses. On élimine ainsi à peu près complètement les matières salines qui proviennent de la neutralisation de l'acide. Les tourteaux de deuxième lavage sont alors desséchés, jusqu'à ce qu'ils ne contiennent plus que 10 p. 100 d'eau environ, puis ils sont broyés et traités par le sulfure de carbone ou l'éther de pétrole, afin d'en extraire l'huile. On obtient ainsi finalement des tourteaux qui peuvent être employés pour l'alimentation du bétail. Si les tourteaux doivent servir comme engrais, et non comme aliment, le second lavage au filtre-pressé devient inutile.

Il existe un certain nombre d'autres méthodes qui permettent l'utilisation des résidus qui proviennent des moûts saccharifiés par les acides. Mais c'est par la saccharification au moyen du malt qu'on obtient la meilleure utilisation des matières nutritives; c'est donc ce procédé qui doit être employé dans les distilleries agricoles, et ce qui va suivre s'applique particulièrement aux drèches obtenues par cette méthode.

Composition des drèches. — La composition des drèches de matières amylacées est variable avec la matière première employée. Le tableau de la page 359 donne, d'après Dietrich et Kœnig, la com-

position moyenne des drèches de pommes de terre, de seigle et de maïs.

On voit, par ce tableau, que les proportions relatives des divers éléments utiles peuvent varier beaucoup suivant les conditions de travail dans la distillerie. La drèche dépend d'abord du degré de fermentation. Si la fermentation a été poussée très loin, il ne reste plus dans le liquide que des traces de maltose, de dextrine et d'amidon non transformé. Au contraire, si la saccharification a été mauvaise, si la fermentation a été défectueuse, il peut rester dans les matières solides une proportion sensible d'amidon, et dans la vinasse de la dextrine et du maltose. La composition des matières premières employées influe également sur la qualité de la drèche, puisque cette drèche contient tous les éléments constitutifs des pommes de terre ou des grains, sauf ceux qui ont subi la fermentation alcoolique. On doit aussi tenir compte de la dilution plus ou moins grande du moût fermenté dans l'appareil à distiller, de la concentration de ce moût, etc. On voit donc que la composition et, par suite, la valeur d'une drèche de distillerie sont très variables et qu'il est nécessaire, pour apprécier cette valeur, de soumettre la drèche à l'analyse ou de connaître parfaitement les conditions de son obtention. Ce dernier cas est celui de la distillerie agricole, qui consomme ses propres drèches.

Nous pouvons envisager la composition chimique des drèches avec un peu plus de détails. La drèche de distillerie de matières amylacées est une nourriture très aqueuse, puisqu'elle renferme de 87 à 97 p. 100 d'eau. Au point de vue de la teneur en matière

TENEUR EN ÉLÉMENTS P. 100.

NATURE

DE LA DRÊCHE.

Eau.

Matières
azotées.

Matières
grasses.

Extractifs
non azotés.

Cellulose
brute.

Cendres.

Drêches fraîches

Drêche de pomme de terre...	91,2-97,3	0,9-1,6	0,0-0,3	2,3-3,8	0,5-1,0	0,5-2,0
— de seigle.....	86,8-96,6	1,2-2,3	0,3-0,7	3,7-5,6	0,4-1,3	0,05-0,5
— de maïs.....	87,7-94,3	1,6-2,3	0,4-1,4	3,2-5,8	0,5-1,4	0,3-0,8

Drêches sèches.

Drêche de pomme de terre...	7,8-21,6	18,5-23,1	3,0-8,1	32,4-43,4	7,2-8,6	13,0-16,4
— de seigle.....	5,8-18,9	19,9-26,0	4,2-10,4	36,8-58,2	7,0-13,6	3,2-19,2
— de maïs.....	5,4-12,0	21,1-25,8	4,4-11,4	39,0-54,8	3,8-14,2	0,8-7,4

les drèches de maïs et de céréales, les albuminoïdes constituent la plus grande partie de ces matières, les matières azotées non albumineuses sont en quantité faible et la digestibilité des matières azotées de ces drèches atteint 85 à 90 p. 100. Dans les drèches de pommes de terre, la teneur en albuminoïdes est moindre, et on peut admettre, avec Maercker, que sur 100 parties d'azote de la drèche, il y a 72 parties à l'état d'albuminoïdes et 28 parties à l'état d'amides. La digestibilité des matières azotées de la drèche de pommes de terre est élevée et oscille entre 80 et 85 p. 100.

Les extractifs non azotés comprennent principalement l'amidon, les sucres et les dextrines, ces dernières formant la majeure partie de ces substances. Il faut y ajouter les acides organiques, les hémicelluloses, qui possèdent une certaine valeur nutritive.

Les matières grasses sont très peu abondantes dans les drèches de pommes de terre, mais les drèches de maïs sont beaucoup plus riches et nous verrons plus loin qu'on extrait souvent ces matières grasses sur la drèche desséchée.

— Enfin les matières minérales sont souvent composées de sels de potasse et de phosphates. D'après Wolff, 100 parties de cendres de la drèche renferment 44,79 parties de potasse et 19,51 parties d'acide phosphorique. La chaux est peu abondante, et sa proportion ne dépasse pas 5,2 p. 100 du poids des cendres.

Utilisation des drèches pour l'alimentation du bétail. — L'examen de la composition chimique des drèches nous montre qu'elles constituent un aliment relativement très riche en azote, dans lequel la relation nutritive est de 1 : 1,5-2,5. Aussi est-il recommandable de mélanger la drèche

avec des aliments riches en extractifs non azotés et pauvres en protéine.

Nous examinerons ici très brièvement cette question de l'utilisation des drèches pour l'alimentation du bétail, en renvoyant le lecteur à l'ouvrage spécial de l'Encyclopédie agricole consacré à cette question (1).

Pour faire consommer la drèche utilement par le bétail, on peut employer deux méthodes : 1° la consommation directe en mélange avec d'autres aliments secs ; 2° la concentration ou la dessiccation de manière à obtenir un aliment moins aqueux.

La première méthode est la plus avantageuse pour la distillerie agricole. En effet, le bétail se trouve en général dans le voisinage de l'usine et on peut faire consommer la drèche sur place. Dans les grandes installations industrielles, la seconde méthode est préférable, car si elle exige une dépense supplémentaire de combustible, elle permet d'extraire l'huile qui, dans le cas de drèches de maïs, est un sous-produit important et livre des drèches sèches qui peuvent se conserver facilement et être expédiées au loin.

Quand on utilise les drèches aqueuses, il est nécessaire de prendre certaines précautions, à cause de la grande quantité d'eau qu'elles contiennent. L'absorption d'une nourriture trop aqueuse par l'animal nécessite une dépense de chaleur plus considérable, qui doit être empruntée aux éléments nutritifs ; en outre, les sucs digestifs se trouvent dilués par l'eau contenue dans les drèches. On doit donc ne donner à la drèche, dans l'alimentation des animaux, qu'une

(1) Voy. R. GOUIN, *Alimentation rationnelle des animaux domestiques* (ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE).

place limitée, et on doit la donner mélangée à d'autres aliments secs.

Il importe de faire consommer la drèche par les animaux aussi chaude que possible.

En effet, si un animal absorbe 50 kilogrammes de drèches à 15 degrés, il faudra pour porter cette quantité à la température du sang, c'est-à-dire à 38 degrés,

$$50 \times 23 = 1.150 \text{ calories.}$$

Ces 1.150 calories doivent être fournies par 295 grammes environ d'amidon, qui sont perdus pour l'alimentation. Il est donc beaucoup plus avantageux de donner à l'animal la drèche aussi chaude que possible. En outre, cette méthode a l'avantage d'empêcher le développement des ferments nuisibles et l'altération des drèches, quand la température est assez élevée. Il est donc utile de munir le réservoir de drèches d'un tuyau de vapeur pour pouvoir au besoin rechauffer le liquide.

Maercker a fait l'étude de la quantité de drèches qu'on peut faire prendre aux différents animaux. On ne doit pas employer les fortes rations de 100 à 120 litres, et une ration de 60 litres est suffisante pour l'engraissement des bœufs, quand on mélange cette drèche avec des aliments convenables. Pour les vaches laitières, la dose maxima paraît être de 60 litres et la dose la plus favorable de 40 à 50 litres. Avec ces proportions, on n'a pas à craindre les troubles dans les fonctions de l'organisme, troubles qui se manifestent fréquemment avec les doses plus élevées.

Les aliments à donner en mélange avec les drèches sont le IRIS - LILLIAD - Université Lille 1 foin ou de trèfle, la

paille hachée, et certains aliments concentrés, tels que tourteaux et maïs concassé. Maercker conseille de donner une ration de 2 kgr. 5 à 3 kilogrammes de foin par jour et par tête de gros bétail.

Voici quelques types de rations alimentaires empruntées aux travaux de Maercker (1).

- 1° Rations riches en protéine pour animaux en croissance destinés à l'engraissement : 3 kilogr. matières azotées, 15 kilogr. matières non azotées = 1 : 5.

1

Drèche de pommes de terre	40 kilogr.
Son	3 —
Maïs concassé	4 —

a		b	
	kg.		kg.
Tourteau de coton	2,2	Tourteau de coton	3,00
Farine de riz	3,7	Mélasse	3,25

2

Drèche de pommes de terre	40 kilogr.
Betteraves fourragères	25 —
Son	3 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co- ton	2,5	Tourteau de co- ton	2,8	Tourteau de co- ton	3,5
Farine de riz	4,1	Maïs concassé	3,5	Mélasse	3,5

3

Drèche de pommes de terre	40 kilogr.
Cossettes de diffusion	30 —
Son	3 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co- ton	2,1	Tourteau de co- ton	2,5	Tourteau de co- ton	3,3
Farine de riz	5,1	Maïs concassé	4,5	Mélasse	4,3

(1) MAERCKER-DELBRUCK, *Spiritus Fabrication*, P. Parey, Berlin, 1903.

4

Drèche	40 kilogr.
Pommes de terre	15 —
Son	3 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co-		Tourteau de co-		Tourteau de co-	
ton	2,7	ton	2,9	ton	3,4
Farine de riz . .	3,0	Maïs concassé .	2,7	Mélasse	2,6

5

Drèche de pommes de terre	60 kilogr.
Betteraves	25 —
Son	3 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co-		Tourteau de co-		Tourteau de co-	
ton	1,7	ton	2,00	ton	2,25
Farine de riz . .	4,7	Maïs concassé .	4,15	Mélasse	2,00
				Farine de riz ou	
				maïs concassé.	2,30

6

Drèche de pommes de terre	60 kilogr.
Cossettes de diffusion	30 —
Son	3 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co-		Tourteau de co-		Tourteau de co-	
ton	1,6	ton	1,9	ton	2,15
Farine de riz . .	4,6	Maïs concassé .	4,0	Mélasse	2,00
				Farine de riz ou	
				maïs concassé.	2,20

7

Drèche	60 kilogr.
Pommes de terre	15 —
Son	3 —

a		b	
	kg.		kg.
Tourteau de coton	2,2	Tourteau de coton	2,3
Farine de riz	2,4	Maïs concassé	2,2

2° Rations moyennement riches en protéine pour le début de l'engraissement des animaux adultes, 2 kg. 5 de matières azotées, 15 kg. 5 de matières non azotées = 1 : 6,2.

1

Drèche.	60 kilogr.
Betteraves fourragères	25 —
Mélasse	4 —

a		b	
	kg.		kg.
Tourteau de coton	1,75	Tourteau de coton	1,9
Farine de riz	2,75	Maïs concassé	2,5

2

Drèche.	60 kilogr.
Cossettes de diffusion.	30 —
Mélasse	4 —

a		b	
	kg.		kg.
Tourteau de coton	1,5	Tourteau de coton	1,65
Farine de riz	3,5	Maïs concassé	3,10

3

Drèche	60 kilogr.
Pommes de terre.	15 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co- ton	0,85	Tourteau de co- ton	1,1	Tourteau de co- ton	1,95
Farine de riz	6,20	Farine de riz	3,0	Mélasse	4,00
		Maïs concassé	2,8	Farine de riz ou maïs concassé.	1,50

4

Drèche.	40 kilogr.
Betteraves fourragères	25 —
Son	3 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co- ton	0,9	Tourteau de co- ton	1,25	Tourteau de co- ton	2,5
Farine de riz	5,9	Maïs concassé	5,60	Mélasse	5,0

5

Drèche	40 kilogr.
Cossettes de diffusion	30 —
Son	3 —

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
kg.	kg.	kg.
Tourteau de coton 0,75	Tourteau de coton 1,3	Tourteau de coton 1,6
Farine de riz 3,00	Farine de riz 3,3	Maïs concassé 3,0
Maïs concassé 3,50	Mélasse 3,0	Mélasse 3,0

6

Drèche de pommes de terre	40 kilogr.
Pommes de terre	15 —
Son	3 —

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
kg.	kg.	kg.
Tourteau de coton 1,1	Tourteau de coton 1,4	Tourteau de coton 1,90
Farine de riz 4,3	Maïs concassé 4,2	Farine de riz 1,25
		Mélasse 3,00

3° Rations pauvres en protéine pour animaux adultes :
2 kilogr. matières azotées, 16 kilogr. matières non azotées = 1 : 8.

1

Drèche de pommes de terre	40 kilogr.
Betteraves fourragères	35 —
Son	3 —

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
kg.	kg.	kg.
Tourteau de coton 0,5	Farine de riz 4	Tourteau de coton 0,50
Farine de riz ou maïs concassé 2,0	Mélasse 2	Maïs concassé 2,75
Mélasse 3,0		

	2	3
	kg.	kg.
Drèche	40,0	40,0
Cossettes de diffusion	45,0	45,0
Son	5,8	2,0
Mélasse	4,5	4,5
Tourteau de coton	"	0,4
Farine de riz ou maïs concassé	"	2,5

4	
Drèche	40 kilogr.
Pommes de terre	20 —

a		b		c	
	kg.		kg.		kg.
Tourteau de co-	0,5	Tourteau de co-	0,8	Tourteau de co-	1,0
ton		ton		ton	
Farine de riz	5,0	Maïs concassé	4,5	Farine de riz	2,7
				Mélasse	2,0

4^o Rations pour vaches laitières.

a) Rations fortes : 3 kg. matières azotées, 13 kg. 5 matières non azotées = 1 : 4,5.

	1	2	3
	kg.	kg.	kg.
Drèche de pommes de terre	30	30	50
Betteraves fourragères	20	"	"
Son de blé	2	2	2
Tourteau de cocotier	2	2	2
Tourteau de coton	2,5	3	1,5
Touraillons	2	2	"
Mélasse	"	3	2,75
Tourteau d'arachide	"	"	1,5

b) Rations moyennes : 2 kg. 5 matières azotées, 12 kg. 5 matières non azotées = 1 : 5.

	1	2	3
	kg.	kg.	kg.
Drèche	30	30	50
Betteraves fourragères	20	"	"
Son de blé	2	2	2
Tourteau de cocotier	2	2	2
Tourteau de coton	2	2	2
Mélasse	"	2	1,75

5° Rations pour bœufs de trait.

a) Fort travail : 2 kg. 4 matières azotées, 14 k. 4 matières non azotées.

	1	2	3	4
Drèche	60 lit.	60 lit.	60 lit.	60 lit.
Foin.	5 kgr.	5 kgr.	5 kgr.	5 kgr.
Paille et balles	10 —	10 —	10 —	10 —
Farine de riz	3 —	2 —	3 —	» —
Son de seigle	3 —	3 —	1 ^{re} ,5	2 —
Son de blé.	3 —	»	3,0	»
Tourteau de coton . . .	0 ^{re} ,25	0 ^{re} ,3	0,3	1 —
Mélasse	3,25	»	»	»
Cossettes desséchées.	»	8	»	»
Betteraves.	»	»	30 kgr.	»
Pulpe sèche de pommes de terre.	»	»	»	9 —

b) Travail moyen : 1 kg. 6 matières azotées, 12 kilogr. matières non azotées.

	1	2	3	4
Drèche	10 lit.	50 lit.	50 lit.	60 lit.
Foin.	5 kgr.	5 kgr.	5 kgr.	5 kgr.
Paille et balles.	13 —	13 —	13 —	13 —
Farine de riz.	2 —	»	2 ^{re} ,5	1 —
Son de blé	2 —	»	»	»
Mélasse.	3 ^{re} ,25	»	»	»
Cossettes sèches. . . .	»	8 ^{re} ,25	»	»
Betteraves.	»	»	30 kgr.	»
Pulpe sèche de pommes de terre.	»	»	»	6 —

6° Rations pour moutons et brebis à l'engraissement par 1000 kilogr. de poids vivant, 3 kg. 75 matières azotées, 18 kilogr. matières non azotées.

	1	2	3	4	5	6
Drèche.	120 lit.	120 lit.	60 lit.	60 lit.	120 lit.	60 lit.
Paille et balles	25 kg.	25 kg.	25 kg.	25 kg.	25 kg.	20 kg.
Tourteau d'arachide.	1 kg.	2 ^{re} ,5	2 ^{re} ,5	4 ^{re} ,5	1 ^{re} ,75	2 ^{re} ,75

Drèche	120 lit.	120 lit.	60 lit.	60 lit.	120 lit.	60 lit.
Farine de riz. . .	4 kg.	»	5,0	1,25	»	5
Son de blé	7 —	2	7,75	3,0	3,5	5
Son de seigle. . .	»	2	»	»	2,0	»
Mélasses.	»	5	»	6	»	»
Betteraves	»	»	»	»	30	»
Cossettes sèches.	»	»	»	»	»	5

Ces exemples montrent comment on peut faire varier le mode d'utilisation de la drèche dans les divers cas qui peuvent se présenter en agriculture.

Dessiccation de la drèche. — La drèche contient une forte proportion d'eau et se conserve très difficilement. Aussi a-t-on songé à la dessécher, de manière à obtenir une substance aisément transportable et de conservation facile.

Pour la petite distillerie agricole, le problème ne présente pas grand intérêt. En effet, on peut arriver à faire consommer à l'état liquide les drèches produites sans forcer les animaux à en absorber des quantités trop considérables. On peut aussi donner la drèche, mélangée à d'autres aliments dans les proportions utiles, et l'utiliser ainsi parfaitement, sans qu'il soit nécessaire d'installer un matériel coûteux pour la dessiccation des produits.

Mais la question est très différente pour les grandes distilleries qui vendent leurs drèches, ou qui ne peuvent en utiliser qu'une partie pour ne pas augmenter outre mesure le nombre des animaux. Dans ce cas, la dessiccation des drèches peut être très avantageuse, car elle permet d'obtenir un produit sec, qui se transporte et se conserve facilement, et qui constitue un résidu de grande valeur nutritive. Les distilleries peuvent ainsi écouler leurs drèches à l'époque la plus favorable et les expédier dans les régions où le fourrage manque.

Comme l'évaporation totale des vinasses ne peut se faire économiquement, on sépare d'abord les drèches par filtration et la partie liquide est rejetée. D'après Effront, celle-ci contient 80 à 100 grammes d'azote par Hl, et 100 kilogrammes de grains fournissent environ 3 Hl de liquide. La perte en azote atteint ainsi 1.000 à 1.250 grammes par Hl d'alcool fabriqué, ce qui est considérable.

Il existe un assez grand nombre d'appareils à dessécher les drèches. Ordinairement, la dessiccation se fait dans des cylindres chauffés à la vapeur, et animés d'un mouvement de rotation; des grattoirs enlèvent la drèche desséchée. Dans certains systèmes, on presse d'abord les drèches pour leur enlever la majeure partie de leur eau, mais on perd alors une certaine quantité de matières alimentaires dissoutes.

L'appareil de Buttner et Meyer, dont nous avons parlé pour la dessiccation des pulpes de betteraves, peut être également utilisé pour dessécher les drèches de grains, après séparation des parties solubles.

En France, pour la dessiccation des drèches de maïs, le principal appareil utilisé est l'appareil de Donard et Boulet. La méthode de MM. Donard et Boulet consiste à dessécher les drèches sous un vide partiel, à basse température. On évite ainsi toute altération de l'huile de maïs, et on soumet les tourteaux desséchés au traitement par l'éther de pétrole qui les dégraisse complètement.

Le procédé Donard et Boulet exige deux appareils : 1^o un appareil à dessécher les drèches dans le vide, 2^o un appareil à extraire l'huile.

Les vinasses sortant de la colonne à distiller sont d'abord envoyées aux filtres-presses qui séparent les matières solides. Cette filtration est très facile avec

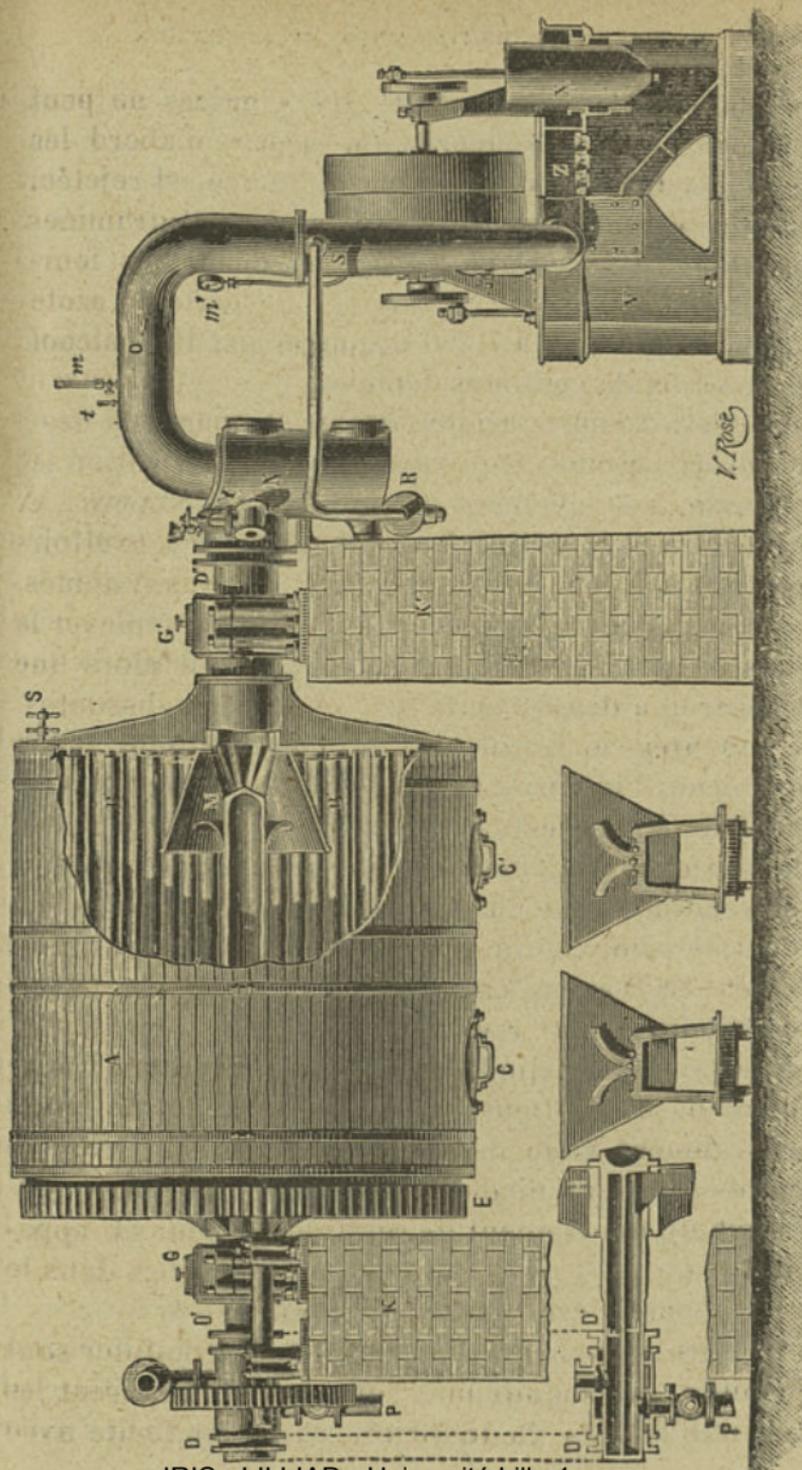


Fig. 115. — Appareil rotatif pour la dessiccation des drèches, Système Donard et Boulet (Fourcy).

les drèches de maïs travaillé par le procédé Amylo, à cause de l'action favorable à la filtration qu'exercent les filaments mycéliens de la mucédinée. Par les autres méthodes, la filtration est souvent pénible et nécessite alors une cuisson complémentaire des drèches.

Les liquides obtenus, qui contiennent une certaine proportion de matières azotées et de sels, peuvent être travaillés par une des méthodes que nous avons étudiées à propos des vinasses de betteraves et de mélasse, soit au point de vue de l'extraction de la glycérine, soit au point de vue de la transformation en engrais.

Les gâteaux fournis par les filtres-presses sont pressés aux presses hydrauliques, puis envoyés dans l'appareil à dessécher.

Cet appareil (fig. 115) se compose d'un grand cylindre A qui peut tourner autour d'un axe horizontal. Cet axe est creux et sert à l'introduction de la vapeur de chauffage et à l'évacuation de la vapeur d'évaporation. Le chauffage est obtenu par une série de tubes de chauffe B, placés à l'intérieur du tambour. La vapeur condensée sort en P; la vapeur d'évaporation se rend, par l'axe creux de l'autre extrémité du cylindre, dans une pompe à vide à condenseur V. Deux tubulures C, C' permettent le chargement et le déchargement de l'appareil. Le tambour est muni d'une denture E qui lui communique un mouvement de rotation de trois tours à la minute.

L'appareil est chargé de 2.500 kilogrammes de drèches provenant des presses hydrauliques; on chauffe en maintenant une pression réduite de 40 millimètres de mercure, et en trois heures et

demie, la drèche est amenée à un taux d'humidité de 15 p. 100.

Les drèches sèches ainsi obtenues sont alors traitées dans l'appareil à extraction de l'huile par l'éther de pétrole, pour les dégraisser.

L'appareil utilisé dans ce but (fig. 116) est constitué de deux chaudières A, A', surmontées chacune de leur appareil extracteur B, B', auquel elles sont reliées par les tuyaux E, E'. A la partie supérieure des extracteurs se trouvent deux serpentins T, T', dans lesquels on peut à volonté envoyer de l'eau par les robinets U, U' ou de la vapeur par les robinets V, V'. Les extracteurs B, B' communiquent par leur partie inférieure avec les chaudières A, A' au moyen des tuyaux F, F' qui aboutissent tous deux au serpentин G, lequel est relié aux chaudières par les tuyaux H et H'. Au milieu de la bache se trouve un second serpentин K, relié par la partie supérieure aux tuyaux F, F' par les conduits J, J'; il aboutit au réservoir M. Les chaudières A, A' sont chauffées par des serpentins de vapeur S, S', et peuvent être vidées en O, O'.

L'opération se fait de la façon suivante. Les extracteurs sont chargés de drèche sèche qu'on veut épuiser d'huile, et il reste dans la chaudière A de l'eau, de l'huile et de l'éther de pétrole provenant d'une opération précédente. La chaudière A' est vide. On ouvre alors les robinets F, J et H, on ferme F', J', H', et on chauffe la chaudière A en ouvrant le robinet de vapeur S. L'éther de pétrole distille, monte par le tuyau E et vient se condenser dans l'extracteur B au contact du réfrigérant T dans lequel passe de l'eau froide.

Il vient tomber en pluie chaude sur la matière,

dissout l'huile, s'échappe par le tuyau F, passe dans le serpentín G, où il se refroidit, et coule dans la chaudière A'. Des thermomètres placés sur les tuyaux E, E' et à l'entrée du serpentín G permettent de suivre la distillation de l'éther de pétrole et de régler la vapeur de chauffage. Quand on a atteint 85° dans le tuyau E, la chaudière A est épuisée d'éther de pétrole, et il n'y reste plus que l'huile et l'eau. En outre, l'huile de la matière contenue dans l'extracteur B est déplacée. On chauffe alors jusqu'à ce que la température atteigne 100°, en remplaçant au préalable, dans le serpentín T, l'eau par la vapeur. La vapeur d'eau provenant de A entraîne les dernières traces d'essence, se condense dans G et va rejoindre dans A' l'huile et l'éther de pétrole. Quand le thermomètre placé à l'entrée du serpentín G marque 100°, l'opération est terminée. La chaudière A contient alors seulement de l'huile et de l'eau, on la vide, ainsi que l'extracteur B qui est rempli de drèche épuisée. L'air entraîné dans A' remonte par E', rencontre le serpentín T', traverse la matière non épuisée de l'extracteur B' où il abandonne l'essence qui ne serait pas condensée, puis traverse par J le serpentín de sûreté K et le réservoir M.

On recharge B de drèches nouvelles, et l'appareil est de nouveau prêt à fonctionner, la chaudière A' fournissant cette fois l'éther de pétrole qui épuise la matière contenue dans l'extracteur B' et qui se rend en A. L'appareil n'a donc d'autres arrêts que ceux qui sont nécessités par la vidange et le rechargement. Pour le rendre tout à fait continu, les inventeurs ont ajouté un troisième vase et quand on veut vider une des chaudières, il suffit d'interrompre la communication avec les deux autres qui continuent

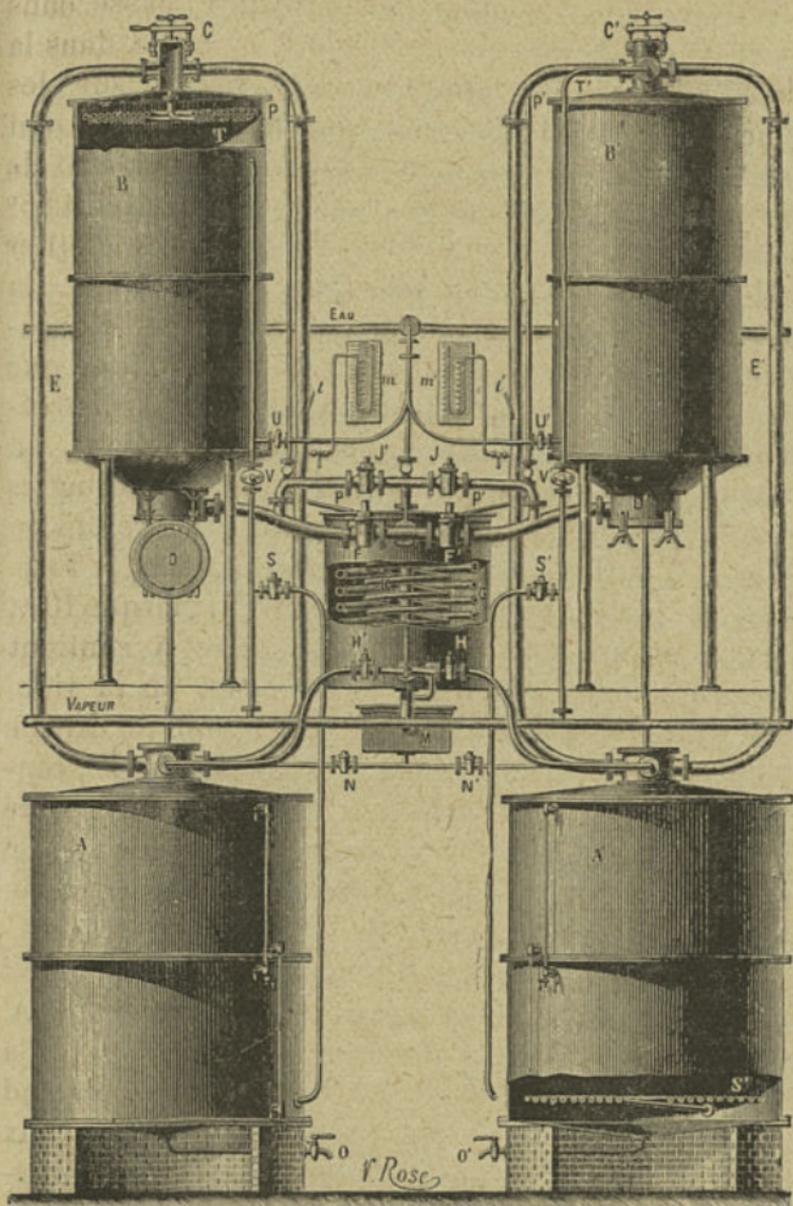


Fig. 116. — Appareil pour l'extraction de l'huile des drèches, Système Donard et Boulet (Fourcy).

à fonctionner. On augmente ainsi beaucoup la puissance de l'appareil.

Les drèches ainsi obtenues sont presque complètement épuisées d'huile. Comme elles sont parfaitement desséchées, elles se conservent bien et peuvent s'expédier au loin; aussi leur écoulement est-il facile.

M. Barbet conseille, pour la concentration des vinasses de grains et de pommes de terre à mouls troubles, l'emploi des appareils à effets multiples. Ces appareils, d'une construction spéciale, dans lesquels les surfaces de chauffe sont constamment brossées, fournissent une drèche assez épaisse pour être mise en silos, dans des conditions de conservation parfaite. En outre, des séchoirs qui utilisent les chaleurs perdues des chaudières à vapeur, permettent de dessécher la drèche pour l'expédier au loin.

TABLES DE LA FORCE RÉELLE
DES LIQUIDES ALCOOLIQUES

TABLES DES RICHESSES ALCOOLIQUES

I. — Table de la force réelle des liquides alcooliques de 1 à 20 degrés

Températures.	INDICATIONS DE L'ALCOOMÈTRE (FORCE APPARENTE)																				
	1 ^c	2 ^c	3 ^c	4 ^c	5 ^c	6 ^c	7 ^c	8 ^c	9 ^c	10 ^c	11 ^c	12 ^c	13 ^c	14 ^c	15 ^c	16 ^c	17 ^c	18 ^c	19 ^c	20 ^c	
0°	1.3	2.4	3.4	4.4	5.4	6.5	7.5	8.6	9.7	10.9	12.2	13.4	14.7	16.1	17.5	18.9	20.3	21.6	22.9	24.2	
1000						1001					1002				1003		1004				
1												1002	13.4	14.7	16	17.3	18.7	20	21.3	22.6	23.9
2												1002	13.4	14.7	16	17.2	18.5	19.8	21.1	22.3	23.6
3												1002	13.3	14.6	15.9	17.1	18.3	19.6	20.8	22	23.3
4												1001	1002			1003		1003			1004
5												1001	1002			1003		1003			1004
1001												1001	1002			1003		1003			1004
6												1001	1002			1003		1003			1004
7												1001	1002			1003		1003			1004
8												1001	1002			1003		1003			1004
9												1001	1002			1003		1003			1004
10												1001	1002			1003		1003			1004
1000												1001	1002			1003		1003			1004
11												1001	1002			1003		1003			1004
1000												1001	1002			1003		1003			1004
12												1001	1002			1003		1003			1004
1000												1001	1002			1003		1003			1004
1.2												1001	1002			1003		1003			1004
1000												1001	1002			1003		1003			1004

13	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.3	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.5
* 1000																				
14	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2
1000																				
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1000																				
16	0.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.8	18.7	19.7
1000																				
17	0.8	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.7	12.7	13.7	14.7	15.6	16.6	17.5	18.4	19.4
1000																				
18	0.7	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.7	9.7	10.7	11.6	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3	17.3	18.2	19.1
1000																				
19	0.6	1.6	2.6	3.6	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.4	12.4	13.3	14.3	15.2	16.1	17	17.9	18.8
999																				
20	0.5	1.5	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.3	8.3	9.3	10.3	11.2	12.2	13.1	14	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5
999																				
21	0.4	1.4	2.3	3.3	4.3	5.2	6.2	7.1	8.1	9.1	10.1	11	11.9	12.8	13.7	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2
999																				
22	0.3	1.3	2.2	3.2	4.1	5.1	6.1	7	7.9	8.9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17	17.9
999																				
23	0.1	1.1	2.1	3.1	4	4.9	5.9	6.8	7.8	8.7	9.7	10.6	11.5	12.4	13.3	14.1	15	15.9	16.7	17.6
999																				
24	.....	1	1.9	2.9	3.8	4.8	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4	11.3	12.2	13.1	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4
.....																				
25	.....	0.8	1.7	2.7	3.6	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1	12	12.8	13.6	14.5	15.4	16.2	17.1
.....																				
26	.....	0.7	1.6	2.6	3.5	4.4	5.4	6.3	7.2	8.1	9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.4	14.2	15.1	15.9	16.8
.....																				
27	.....	0.5	1.5	2.4	3.3	4.3	5.2	6.1	7	7.9	8.8	9.7	10.6	11.5	12.3	13.1	14	14.8	15.6	16.5
.....																				
28	.....	0.3	1.3	2.2	3.1	4.1	5	5.9	6.8	7.7	8.6	9.5	10.3	11.2	12	12.8	13.7	14.5	15.3	16.1
.....																				
29	.....	0.1	1.1	2	2.9	3.9	4.8	5.7	6.6	7.5	8.4	9.2	10.1	11	11.8	12.6	13.4	14.2	15	15.8
.....																				
30	.....	0.0	0.9	1.9	2.8	3.7	4.6	5.5	6.4	7.3	8.1	9	9.8	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5
.....																				

II. — Table de la force réelle des liquides alcooliques de 21 à 40 degrés.

INDICATIONS DE L'ALCOOMÈTRE (FORCE APPARENTE)																				
Températures.	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°
0°	25.6	27	28.4	29.7	30.9	32.1	33.2	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3	39.2	40.2	41.4	42.1	43.1	44	45	45.9
	1005		1006	1007	1007	1007	1008	1008	1008	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1011
1	25.3	26.7	28	29.2	30.4	31.6	32.7	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8	41.8	42.7	43.7	44.6	45.5
	1005	1005	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1008	1008	1008	1009	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010
2	24.9	26.3	27.5	28.8	30	31.2	32.3	33.3	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.3	43.3	44.2	45.1
	1004	1005	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008	1008	1008	1009	1009	1009	1009	1009
3	24.6	25.9	27.1	28.4	29.6	30.8	31.9	32.9	33.9	34.9	36	37	38	39	40	41	42	42.9	43.9	44.8
	1001	1005	1005	1005	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
4	24.3	25.6	26.8	28	29.2	30.4	31.4	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.5	39.5	40.5	41.5	42.5	43.5	44.4
	1001	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008
5	24	25.2	26.4	27.6	28.8	30	31	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1	39.1	40.1	41.1	42.1	43.1	44
	1003	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1008
6	23.6	24.9	26	27.2	28.4	29.6	30.6	31.6	32.6	33.6	34.7	35.7	36.7	37.7	38.7	39.7	40.7	41.6	42.6	43.6
	1003	1003	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
7	23.3	24.6	25.7	26.9	28	29.2	30.2	31.2	32.2	33.2	34.2	35.2	36.2	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2	43.2
	1002	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
8	23	24.2	25.3	26.5	27.6	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8	41.8	42.8
	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1005
9	22.7	23.9	25	26.1	27.2	28.4	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4
	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1005
10	22.4	23.5	24.6	25.7	26.8	27.9	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
11	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	27.6	28.6	29.6	30.6	31.6	32.6	33.6	34.6	35.6	36.6	37.6	38.6	39.6	40.6	41.6
	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1003
12	21.8	22.9	24	25.1	26.1	27.2	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.2	34.2	35.2	36.2	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1002

13	21.5	22.6	23.6	24.7	25.7	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8
1001																				
14	21.2	22.3	23.3	24.3	25.3	26.4	27.4	28.4	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4
1000													1001							
15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1000																				
16	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.6	27.6	28.6	29.6	30.6	31.6	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.5	39.5
1000												999								
17	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.3	27.3	28.2	29.2	30.2	31.2	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1	39.1
999																				
18	20.1	21.1	22	23	24	25	25.9	26.9	27.8	28.8	29.8	30.8	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.7	38.7
999												998								
19	19.8	20.8	21.7	22.7	23.6	24.6	25.5	26.5	27.4	28.4	29.4	30.4	31.3	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3
999					998															997
20	19.5	20.5	21.4	22.4	23.3	24.3	25.2	26.1	27.1	28	29	30	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9	37.9
999		998										997								
21	19.4	20.4	21.1	22.1	23	23.9	24.8	25.7	26.7	27.6	28.6	29.6	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5
998						997														996
22	18.8	19.8	20.7	21.7	22.6	23.6	24.4	25.3	26.3	27.2	28.2	29.2	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1
998			997									996								
23	18.5	19.5	20.4	21.4	22.3	23.2	24.1	25	25.9	26.8	27.8	28.8	29.7	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7
998		997								995										995
24	18.3	19.2	20.1	21.1	21.9	22.8	23.7	24.6	25.5	26.4	27.4	28.4	29.3	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3
997						996						995								994
25	18	18.9	19.8	20.7	21.6	22.5	23.3	24.3	25.2	26.1	27	28	28.9	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9
997				996							995						994			
26	17.7	18.6	19.5	20.4	21.3	22.2	23	23.9	24.8	25.7	26.6	27.6	28.5	29.5	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5
997		996						995					994							993
27	17.4	18.3	19.2	20.1	20.9	21.8	22.7	23.6	24.4	25.3	26.2	27.2	28.1	29.1	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1
996								995				994								
28	17	18	18.9	19.7	20.6	21.5	22.3	23.2	24	24.9	25.8	26.8	27.7	28.7	29.7	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7
996			995						994											992
29	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.1	21.9	22.8	23.7	24.5	25.4	26.4	27.3	28.3	29.3	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3
996		995					994													
30	16.4	17.3	18.2	19.1	19.9	20.8	21.6	22.5	23.3	24.2	25.1	26	26.9	27.9	28.9	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9
995					994						993				992					991

III. — Table de la force réelle des liquides alcooliques de 41 à 60 degrés.

Températures		INDICATIONS DE L'ALCOOMÈTRE (FORCE APPARENTE)																			
		41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°
0°	16.9	47.9	48.8	49.8	50.7	51.7	52.6	53.5	54.5	55.4	56.4	57.3	58.3	59.2	60.2	61.2	62.1	63.1	64.1	65	
	1041						1012											1013			
1	46.5	47.5	48.4	49.4	50.3	51.3	52.2	53.2	54.2	55.1	56	57	57.9	58.3	59.9	60.9	61.8	62.8	63.8	64.7	
	1040				1011													1012			
2	46.4	47.1	48.1	49	49.9	50.9	51.8	52.8	53.8	54.7	55.7	56.6	57.6	58.5	59.5	60.5	61.5	62.4	63.4	64.4	
	1009				1010										1011						
3	45.8	46.7	47.7	48.6	49.6	50.5	51.5	52.4	53.4	54.3	55.3	56.3	57.2	8.2	59.2	60.2	61.1	62.1	63.1	64.1	
	1008	1009												1010							
4	45.4	46.4	47.4	48.3	49.2	50.2	51.1	52.1	53	54	55	56	56.9	57.9	58.9	59.8	60.8	61.7	62.7	63.7	
	1008								1009												
5	45	45.9	46.9	47.9	48.8	49.8	50.7	51.7	52.7	53.6	54.6	55.6	56.6	57.5	58.5	59.5	60.4	61.4	62.4	63.4	
	1007							1008													
6	44.6	45.5	46.5	47.5	48.4	49.4	50.4	51.4	52.4	53.3	54.3	55.2	56.2	57.1	58.1	59.1	60.1	61	62	63	
	1006				1007														1008		
7	44.2	45	46.1	47.1	48.1	49.1	50.1	51	52	52.9	53.9	54.9	55.9	56.8	57.8	58.8	59.8	60.7	61.7	62.7	
	1005																	1007			
8	43.8	44.8	45.8	46.8	47.7	48.7	49.7	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.4	61.4	62.4	
	1005												1006								
9	43.4	44.4	45.4	46.4	47.3	48.3	49.3	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.1	56.1	57.1	58.1	59.1	60	61	62	
	1004						1005														
10	43	44	45	46	46.9	47.9	48.9	49.9	50.9	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.7	60.7	61.7	
	1003	1004																			
11	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.6	48.6	49.5	50.5	51.5	52.5	53.5	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	
	1003																				
12	42.2	43.2	44.2	45.2	46.2	47.2	48.2	49.2	50.2	51.1	52.1	53.1	54.1	55	56	57	58	59	60	61	
	1002																				

34	41.8	42.8	43.8	44.8	45.8	46.8	47.8	48.8	49.8	50.8	51.8	52.7	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7	60.7
1001																				
4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4	49.4	50.4	51.4	52.3	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3
1001																				
15	44	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1000																				
16	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.6	48.6	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6
989																				
17	40.2	41.2	42.2	43.2	44.2	45.2	46.2	47.2	48.2	49.2	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2
989																				
18	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8	44.8	45.8	46.8	47.8	48.8	49.8	50.8	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8
998																				
19	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4
987																				
20	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
987																				
21	38.6	39.6	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.6	48.6	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6
996																				
22	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2	43.2	44.2	45.2	46.2	47.2	48.2	49.2	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2
986																				
23	37.8	38.8	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8	44.8	45.8	46.8	47.8	48.8	49.8	50.8	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8
994																				
24	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4
994																				
25	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
994																				
26	36.5	37.6	38.6	39.7	40.7	41.8	42.8	43.8	44.9	45.9	46.9	47.9	48.9	49.9	50.9	51.9	52.9	53.9	54.9	55.9
983																				
27	36.1	37.2	38.2	39.3	40.3	41.4	42.4	43.4	44.5	45.5	46.5	47.6	48.6	49.6	50.7	51.7	52.7	53.7	54.8	55.8
992																				
28	35.7	36.8	37.8	38.9	39.9	41	42	43	44.1	45.1	46.1	47.2	48.2	49.2	50.3	51.3	52.3	53.3	54.4	55.4
992																				
29	35.3	36.3	37.4	38.5	39.5	40.6	41.6	42.6	43.7	44.7	45.7	46.8	47.8	48.9	49.9	51	52	53	54	55
991																				
30	34.9	35.9	37	38.1	39.1	40.2	41.2	42.3	43.3	44.3	45.4	46.4	47.5	48.5	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.7
991																				

IV. — Table de la force réelle des liquides alcooliques de 61 à 80 degrés.

Températures	INDICATIONS DE L'ALCOOMÈTRE (FORCE APPARENTE)																				
	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	80°	
0°	66	67	68	68.9	69.9	70.8	71.8	72.7	73.7	74.7	75.6	76.6	77.6	78.6	79.5	80.5	81.5	82.4	83.3	84.3	
1	1013	65.7	66.7	67.7	68.6	69.6	70.5	71.5	72.4	73.4	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	79.2	80.2	81.2	82.1	83.1	84
2	1012	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.2	71.2	72.1	73.1	74	75	76	77	78	78.9	79.9	80.9	81.9	82.8	83.7
3	1011	66	67	68	68.9	69.9	70.8	71.8	72.8	73.7	74.7	75.7	76.7	77.7	78.6	79.6	80.6	81.6	82.5	83.5	
4	1010	64.7	65.7	66.6	67.6	68.6	69.5	70.5	71.5	72.5	73.4	74.4	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3	81.3	82.2	83.2
5	1009	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.2	70.2	71.2	72.2	73.1	74.1	75	76	77	78	79	80	81	81.9	82.9
6	64	65	66	67	68	68.9	69.9	70.9	71.9	72.8	73.8	74.7	75.7	76.7	77.7	78.7	79.7	80.7	81.6	82.6	
7	1008	63.7	64.7	65.7	66.7	67.6	68.6	69.6	70.6	71.5	72.5	73.5	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.3
8	1007	63.4	64.4	65.4	66.4	67.3	68.3	69.3	70.2	71.2	72.2	73.2	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.1	82
9	1006	63	64	65	66	67	67.9	68.9	69.9	70.9	71.9	72.9	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.7
10	1005	2.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5
11	1004	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2
12	1003	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	72.9	73.9	74.9	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9
1002																					

13	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6
1002																				
14	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3
1004																				
15	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1000																				
16	60.6	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.7	76.7	77.7	78.7	79.7
993																				
17	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4
998																				
18	59.9	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1
997																				
19	59.6	60.6	61.6	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.8	76.8	77.8	78.8
996																				
20	59.2	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.5	76.5	77.5	78.5
995																				
21	58.9	59.9	61	62	63	64	65	66	67	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1	74.1	75.2	76.2	77.2	78.2
994																				
22	58.5	59.5	60.6	61.6	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.9	76.9	77.9
994																				
23	58.1	59.2	60.2	61.3	62.3	63.3	64.3	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.6	77.6
993																				
24	57.8	58.9	59.9	61	62	63	64	65	66	67.1	68.1	69.1	70.1	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.3	77.3
992																				
25	57.5	58.5	59.5	60.6	61.6	62.6	63.7	64.7	65.7	66.7	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.9	74.9	76	77
992																				
26	57.1	58.1	59.2	60.2	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.4	67.4	68.4	69.5	70.5	71.5	72.5	73.6	74.6	75.6	76.7
991																				
27	56.8	57.8	58.9	60.9	61.9	63	64	65	66	67.1	68.1	69.2	70.2	71.2	72.2	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3
990																				
28	56.4	57.5	58.5	59.6	60.6	61.6	62.6	63.7	64.7	65.7	66.8	67.8	68.8	69.9	70.9	71.9	73	74	75	76
989																				
29	56	57.1	58.1	59.9	60.2	61.2	62.3	63.3	64.3	65.4	66.4	67.4	68.5	69.5	70.6	71.6	72.6	73.7	74.7	75.7
988																				
30	55.7	56.7	57.8	58.8	59.9	60.9	61.9	63	64	65	66.1	67.1	68.2	69.2	70.3	71.3	72.3	73.3	74.4	75.4
988																				

V. — Table de la force réelle des liquides alcooliques de 81 à 100 degrés.

Températures	INDICATIONS DE L'ALCOOMÈTRE (FORCE APPARENTE)																				
	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	96°	97°	98°	99°	100°	
0°	85.2	86.2	87.1	88	88.9	89.9	90.8	91.7	92.6	93.6	94.5	95.3	96.2	97.1	98	98.8	99.7				
1	1014	85.9	86.8	87.8	88.7	89.6	90.5	91.5	92.4	93.3	94.3	95.1	96	96.9	97.8	98.6	99.5				
2	1013	85.6	86.6	87.5	88.5	89.4	90.3	91.2	92.2	93.1	94	94.9	95.8	96.7	97.6	98.5	99.3				
3	1012	84.4	85.4	86.3	87.3	88.2	89.2	90.1	91	91.9	92.9	93.8	94.7	95.6	96.5	97.4	98.3	99.2			
4	1011	84.2	85.1	86.1	87	87.9	88.9	89.8	90.8	91.7	92.7	93.6	94.5	95.4	96.3	97.2	98.1	99			
5	1010	83.9	84.8	85.8	86.7	87.7	88.6	89.6	90.5	91.5	92.4	93.4	94.3	95.2	96	97	97.9	98.8	99.7		
6	1009	83.6	84.5	85.5	86.5	87.4	88.4	89.3	90.2	91.2	92.2	93.1	94.1	95	95.1	96.8	97.8	98.7	99.6		
7	83.3	84.2	85.2	86.2	87.2	88.1	89.1	90	91	91.9	92.9	93.9	94.8	95.7	96.6	97.6	98.5	99.4			
8	1008	84	85	85.9	86.9	87.9	88.8	89.8	90.7	91.7	92.7	93.6	94.6	95.5	96.4	97.4	98.3	99.2			
9	1007	82.7	83.7	84.7	85.7	86.6	87.6	88.6	89.5	90.5	91.5	92.5	93.4	94.4	95.1	96.2	97.2	98.1	99.1	100	
10	1006	82.4	83.4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.3	89.3	90.2	91.2	92.2	93.2	94.2	95.1	96	97	98	98.9	99.9	
11	1005	82.2	83.1	84.1	85.1	86.1	87.1	88	89	90	91	92	92.9	93.9	94.9	95.8	96.8	97.8	98.7	99.7	
12	1004	81.9	82.9	83.9	84.8	85.8	86.8	87.8	88.7	89.7	90.7	91.7	92.7	93.7	94.7	95.6	96.6	97.6	98.5	99.5	
1003																					

13	81.6	82.6	83.6	84.6	85.5	86.5	87.5	88.5	89.5	90.5	91.5	92.5	93.5	94.4	95.4	96.4	97.4	98.4	99.3
1002	81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.3	87.3	88.2	89.2	90.2	91.2	92.2	93.2	94.2	95.2	96.2	97.2	98.2	99.2
1001	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
1000	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
16	80.7	81.7	82.7	83.7	84.7	85.7	86.7	87.7	88.7	89.7	90.8	91.8	92.8	93.8	94.8	95.8	96.8	97.8	98.8
999	80.4	81.4	82.4	83.4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.4	89.5	90.5	91.5	92.6	93.6	94.6	95.6	96.6	97.6	98.7
998	80.1	81.1	82.1	83.1	84.1	85.2	86.2	87.2	88.2	89.2	90.2	91.3	92.3	93.3	94.3	95.4	96.4	97.4	98.5
997	80.8	81.9	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	87.9	88.9	90	91.1	92.1	93.1	94.1	95.2	96.2	97.3	98.3	99.3
996	80.5	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.7	88.7	89.7	90.8	91.8	92.9	93.9	95	96	97.1	98.1	99.1
995	80.2	81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.4	87.4	88.4	89.5	90.5	91.6	92.6	93.7	94.7	95.8	96.9	97.9	99
994	79.9	80.9	81.9	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	87.9	88.9	89.9	90.9	91.9	92.9	93.9	94.9	95.9	96.9	97.9
993	79.6	80.7	81.7	82.7	83.8	84.8	85.8	86.8	87.9	89	90	91.1	92.1	93.2	94.3	95.4	96.5	97.5	98.6
992	79.3	80.4	81.4	82.4	83.5	84.5	85.5	86.5	87.6	88.7	89.7	90.8	91.9	93	94.1	95.2	96.2	97.3	98.4
991	79	80.1	81.1	82.1	83.2	84.2	85.2	86.3	87.4	88.4	89.5	90.6	91.6	92.7	93.8	94.9	96	97.1	98.2
990	78.7	79.8	80.8	81.8	82.9	83.9	84.9	86	87.1	88.2	89.2	90.3	91.4	92.5	93.6	94.7	95.8	96.9	98.1
989	78.4	79.5	80.5	81.5	82.6	83.6	84.7	85.7	86.8	87.9	89	90.1	91.1	92.2	93.4	94.5	95.6	96.7	97.9
988	78.1	79.2	80.2	81.2	82.3	83.3	84.4	85.4	86.5	87.6	88.7	89.8	90.9	92	93.1	94.3	95.4	96.5	97.7
987	77.8	78.9	79.9	80.9	82	83	84.1	85.1	86.2	87.3	88.4	89.5	90.6	91.7	92.9	94.1	95.2	96.3	97.5
986	77.5	78.6	79.6	80.6	81.7	82.7	83.8	84.9	86	87.1	88.2	89.3	90.4	91.5	92.7	93.8	95	96.1	97.3
985																			

Table des richesses alcooliques.

1° De 1 à 25 degrés.

Degrés de l'alcoomètre.

	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	32.3	33.4	34.5	35.6	36.6	37.6	38.6	39.6	40.6	41.5	42.5	43.5	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4	49.3	50.3	51.3	52.3	53.2	54.1	55.1	56.1
1	31.8	32.9	34	35.1	36.1	37.1	38.1	39.1	40.1	41.2	42.2	43.1	44.1	45	46	47	48	48.9	49.5	50.8	51.8	52.8	53.7	54.7	55.7
2	31.4	32.5	33.5	34.6	35.6	36.7	37.7	38.7	39.7	40.7	41.7	42.7	43.7	44.6	45.5	46.5	47.5	48.5	49.5	50.4	51.4	52.3	53.3	54.3	55.3
3	31	32.1	33.1	34.1	35.2	36.2	37.3	38.3	39.3	40.3	41.3	42.3	43.3	44.3	45.2	46.2	47.1	48.1	49	50	51	52	52.9	53.9	54.8
4	30.6	31.6	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.7	38.8	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8	44.8	45.8	46.7	47.7	48.7	49.6	50.6	51.5	52.5	53.5	54.5
5	30.1	31.2	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3	39.3	40.3	41.4	42.4	43.4	44.3	45.3	46.2	47.2	48.2	49.2	50.2	51.1	52.1	53.1	54.1
6	29.7	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8	41.9	42.9	43.9	44.9	45.8	46.8	47.8	48.8	49.8	50.8	51.7	52.7	53.7
7	29.8	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4	49.4	50.4	51.3	52.3	53.3
8	28.9	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	47.9	48.9	49.9	50.9	51.9	52.9
9	28.5	29.5	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.6	39.6	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.5	48.5	49.5	50.5	51.5	52.5
10	28.0	29.1	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1	39.1	40.1	41.1	42.1	43.1	44.1	45.1	46.1	47.1	48.1	49.1	50.1	51.1	52
11	27.7	28.7	29.7	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.7	38.7	39.7	40.7	41.7	42.7	43.7	44.7	45.7	46.7	47.7	48.7	49.7	50.7	51.7
12	27.2	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.2	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3	39.3	40.3	41.3	42.3	43.3	44.3	45.3	46.3	47.3	48.3	49.3	50.3	51.2
13	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.8	40.9	41.9	42.9	43.9	44.9	45.9	46.9	47.9	48.9	49.9	50.9
14	26.4	27.4	28.4	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4	49.4	50.4
15	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
16	25.7	26.6	27.6	28.6	29.6	30.6	31.6	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.5	39.5	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.6	48.6	49.6
17	25.4	26.3	27.3	28.2	29.2	30.2	31.2	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1	39.1	40.1	41.1	42.1	43.1	44.1	45.2	46.2	47.2	48.2	49.2
18	25.0	25.9	26.9	27.8	28.8	29.8	30.8	31.7	32.6	33.6	34.6	35.6	36.6	37.6	38.6	39.7	40.7	41.7	42.7	43.7	44.8	45.8	46.8	47.8	48.8
19	24.6	25.5	26.4	27.3	28.3	29.3	30.3	31.2	32.2	33.2	34.2	35.2	36.2	37.2	38.2	39.3	40.3	41.3	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4
20	24.3	25.2	26.1	27.0	27.9	28.9	29.9	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.9	39.9	40.9	42	43	44	45	46	47	48
21	23.9	24.8	25.6	26.6	27.5	28.5	29.5	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.5	42.5	43.5	44.5	45.6	46.6	47.6
22	23.5	24.3	25.2	26.2	27.1	28.1	29.1	30.1	31	32	33	34	35	36	36.9	38	39	40	41	42.1	43.1	44.1	45.1	46.1	47.1
23	23.1	24.0	24.9	25.8	26.7	27.7	28.7	29.7	30.6	31.6	32.6	33.5	34.5	35.5	36.5	37.6	38.6	39.6	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.7	46.7
24	22.7	23.6	24.5	25.4	26.3	27.3	28.3	29.3	30.3	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2	43.3	44.3	45.3	46.3
25	22.4	23.2	24.2	25.1	26.0	26.9	27.9	28.8	29.7	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.7	38.7	39.8	40.8	41.9	42.9	43.9	44.9	46
26	22.1	22.9	23.8	24.7	25.6	26.5	27.5	28.4	29.3	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3	39.4	40.4	41.5	42.5	43.5	44.5	45.5
27	21.7	22.6	23.5	24.4	25.3	26.1	27.1	27.9	28.9	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.8	35.9	36.9	37.9	39	40	41	42.1	43.1	44.1	45.1
28	21.4	22.2	23.1	23.9	24.8	25.7	26.6	27.5	28.5	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.4	36.5	37.5	38.6	39.6	40.6	41.6	42.6	43.7	44.7	45.7
29	21.0	21.8	22.7	23.6	24.4	25.2	26.2	27.1	28.1	29.1	30.1	31	32.1	33.1	34	35	36	37.1	38.1	39.1	40.2	41.2	42.2	43.3	44.3
30	20.7	21.5	22.4	23.2	24.0	24.9	25.8	26.7	27.7	28.7	29.7	30.7	31.6	32.6	33.6	34.6	35.6	36.6	37.7	38.7	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8

0	81.6	82.6	83.6	84.5	85.5	86.4	87.4	88.3	89.2	90.2	91.2	92.2	93.1	94	95	95.9	96.8	97.7	98.6	99.5	100
1	81.2	82.2	83.2	84.2	85.1	86.1	87	88	89	89.9	90.8	91.8	92.8	93.7	94.6	95.6	96.5	97.4	98.3	99.2	100
2	80.9	81.9	82.9	83.8	84.7	85.7	86.6	87.6	88.6	89.6	90.5	91.5	92.4	93.4	94.3	95.2	96.1	97	97.9	98.9	99.8
3	80.5	81.5	82.5	83.4	84.4	85.3	86.3	87.3	88.3	89.2	90.2	91.2	92.1	93.1	94	94.9	95.8	96.7	97.7	98.6	99.5
4	80.1	81.1	82.1	83	84	85	86	87	88	88.9	89.9	90.8	91.8	92.7	93.7	94.6	95.5	96.4	97.4	98.3	99.2
5	79.7	80.7	81.7	82.7	83.7	84.7	85.6	86.6	87.6	88.5	89.5	90.4	91.4	92.3	93.3	94.2	95.2	96.2	97.1	98	98.9
6	79.3	80.3	81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.3	87.3	88.2	89.2	90.1	91.1	92	93	93.9	94.9	95.9	96.8	97.7	98.6
7	79	80	81	82	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	87.9	88.8	89.8	90.7	91.7	92.6	93.6	94.5	95.6	96.5	97.4	98.4
8	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.5	88.5	89.4	90.4	91.3	92.3	93.3	94.3	95.3	96.2	97.1	98.1
9	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2	84.2	85.2	86.2	87.1	88.1	89.1	90.1	91	92	93	94	95	95.9	96.8	97.8
10	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.9	83.8	84.8	85.8	86.8	87.8	88.7	89.7	90.7	91.7	92.7	93.7	94.7	95.6	96.5	97.5
11	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.5	83.4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.4	89.4	90.4	91.4	92.4	93.3	94.3	95.3	96.2	97.2
12	77.1	78.1	79.1	80.1	81.1	82.1	83.1	84.1	85.1	86.1	87	88	89	90	91	92	93	94	95	95.9	96.9
13	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.8	82.8	83.8	84.8	85.7	86.7	87.7	88.7	89.7	90.7	91.7	92.7	93.7	94.6	95.6	96.6
14	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4	83.4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.3	89.3	90.3	91.3	92.3	93.3	94.3	95.3	96.3
15	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
16	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.6	88.6	89.6	90.7	91.7	92.7	93.7	94.7	95.7
17	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2	84.2	85.2	86.2	87.2	88.2	89.3	90.3	91.3	92.4	93.4	94.4	95.4
18	74.9	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	87.9	88.9	89.9	91	92	93	94	95.1
19	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.6	88.6	89.6	90.7	91.7	92.7	93.7	94.8
20	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.2	82.2	83.2	84.2	85.2	86.2	87.2	88.2	89.2	90.3	91.3	92.4	93.4	94.5
21	73.7	74.7	75.7	76.7	77.7	78.7	79.7	80.8	81.8	82.8	83.8	84.8	85.9	86.9	87.9	88.9	90	91	92	93.1	94.1
22	73.3	74.3	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4	83.4	84.4	85.5	86.5	87.5	88.5	89.6	90.7	91.8	92.8	93.8
23	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
24	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.7	80.7	81.7	82.7	83.7	84.7	85.7	86.8	87.8	88.8	89.9	90.9	91.9	92.9
25	72.2	73.2	74.2	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3	81.3	82.3	83.4	84.4	85.4	86.5	87.5	88.5	89.6	90.7	91.8	92.8
26	71.8	72.8	73.8	74.8	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.9	84	85	86.1	87.2	88.2	89.3	90.4	91.5	92.5
27	71.4	72.4	73.4	74.4	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.6	83.7	84.7	85.7	86.8	87.9	89	90.1	91.2	92.3
28	71.1	72.1	73.1	74.1	75.1	76.1	77.1	78.2	79.2	80.2	81.3	82.3	83.3	84.3	85.4	86.5	87.5	88.6	89.7	90.8	91.9
29	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.7	76.8	77.8	78.8	79.8	80.9	81.9	83	84	85	86.1	87.2	88.2	89.3	90.4	91.6
30	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.4	77.4	78.4	79.4	80.5	81.5	82.6	83.6	84.7	85.8	86.9	87.9	89	90.1	91.2
31	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
32	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.6	88.6	89.6
33	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2	84.2	85.2	86.2	87.2	88.2	89.2
34	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.8	82.8	83.8	84.8	85.8	86.8	87.8	88.8
35	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4	83.4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.4
36	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
37	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.6
38	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2	84.2	85.2	86.2	87.2
39	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.8	82.8	83.8	84.8	85.8	86.8
40	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4	83.4	84.4	85.4	86.4
41	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
42	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6
43	65.2	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2	84.2	85.2
44	64.8	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.8	82.8	83.8	84.8
45	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4	83.4	84.4
46	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
47	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6
48	63.2	64.2	65.2	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2
49	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.8	82.8
50	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4
51	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
52	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6
53	61.2	62.2	63.2	64.2	65.2	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2
54	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8
55	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4
56	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
57	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6
58	59.2	60.2	61.2	62.2	63.2	64.2	65.2	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2
59	58.8	59.8	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8
60	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4
61	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
62	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6
63	57.2	58.2	59.2	60.2	61.2	62.2	63.2	64.2	65.2</												

Table des richesses alcooliques.

3° De 51 à 75 degrés.

Degrés de l'alcoomètre.

	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
0	57.1	58	59	59.9	60.9	61.9	62.9	63.9	64.9	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.7	72.7	73.7	74.7	75.7	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6
1	56.7	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.5	63.5	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.4	70.4	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2
2	56.3	57.2	58.2	59.2	60.2	61.2	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1
3	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6
4	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.5	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3
5	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.1	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1
6	54.7	55.6	56.6	57.5	58.5	59.5	60.5	61.5	62.5	63.5	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5
7	54.2	55.2	56.2	57.1	58.1	59.1	60.1	61.1	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1
8	53.9	54.9	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8
9	53.5	54.5	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4
10	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
11	52.7	53.7	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6
12	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2	60.2	61.2	62.2	63.2	64.2	65.2	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2
13	51.9	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8
14	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4
15	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
16	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6
17	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2	60.2	61.2	62.2	63.2	64.2	65.2	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2
18	49.8	50.8	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8
19	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4
20	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
21	48.6	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6
22	48.1	49.1	50.1	51.1	52.1	53.1	54.1	55.1	56.1	57.1	58.1	59.1	60.1	61.1	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1
23	47.7	48.7	49.7	50.7	51.7	52.7	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7
24	47.3	48.4	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4
25	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
26	46.5	47.5	48.5	49.5	50.5	51.5	52.5	53.5	54.5	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.5	61.5	62.5	63.5	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5
27	46.1	47.1	48.1	49.1	50.1	51.1	52.1	53.1	54.1	55.1	56.1	57.1	58.1	59.1	60.1	61.1	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1	70.1
28	45.7	46.7	47.7	48.7	49.7	50.7	51.7	52.7	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.7
29	45.3	46.3	47.3	48.3	49.3	50.3	51.3	52.3	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3
30	44.9	45.9	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69

Degrés du thermomètre.

0	1.3	2.4	3.4	4.4	5.4	6.5	7.5	8.6	9.7	10.9	12.2	13.4	14.7	16.1	17.5	19	20.4	21.7	23	24.3	25.7	27.1	28.5	29.9	31.1	
1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1	13.2	14.4	15.7	16.8	18	19.2	20.5	21.6	22.8	24.1	25.3	26.5	27.7	28.9	
6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
9	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
10	1.4	2.4	3.4	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.6	11.7	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.2	21.3	22.4	23.5	24.6	25.8	26.9	
11	1.8	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.5	11.6	12.6	13.6	14.7	15.8	16.8	17.9	19.0	20.0	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	
12	2.2	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3	10.4	11.5	12.5	13.5	14.6	15.6	16.6	17.6	18.7	19.7	20.7	21.8	22.9	24.0	25.1	26.1	27.1	
13	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.3	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.5	21.5	22.6	23.7	24.7	25.7	26.7	
14	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2	21.2	22.3	23.3	24.3	25.3	
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
16	0.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.8	18.7	19.7	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	
17	0.8	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.7	12.7	13.7	14.7	15.6	16.6	17.5	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4	
18	0.7	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.7	9.7	10.7	11.6	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3	17.3	18.2	19.1	20.1	21.1	22.0	23.0	24.0	
19	0.6	1.6	2.6	3.6	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.4	12.4	13.3	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.8	19.8	20.8	21.7	22.6	23.6	
20	0.5	1.5	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.3	8.3	9.3	10.3	11.2	12.2	13.1	14.0	15.0	15.8	16.7	17.6	18.5	19.5	20.5	21.4	22.4	23.3	
21	0.4	1.4	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.1	8.1	9.1	10.1	11.0	11.9	12.8	13.7	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.1	21.1	22.1	23.1	
22	0.3	1.3	2.2	3.2	4.1	5.1	6.1	7.0	7.9	8.9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17.0	17.9	18.8	19.8	20.7	21.6	22.5	
23	0.1	1.1	2.1	3.1	4.0	4.9	5.9	6.8	7.8	8.7	9.7	10.6	11.5	12.4	13.3	14.1	15.0	15.9	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.2	22.2	
24	0.0	1.0	1.9	2.9	3.8	4.8	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4	11.3	12.2	13.1	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4	18.2	19.1	20.0	21.0	22.0	
25	0.0	0.8	1.7	2.7	3.6	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1	12.0	12.8	13.6	14.5	15.4	16.2	17.1	17.9	18.8	19.7	20.6	21.5	
26	0.0	0.7	1.6	2.6	3.5	4.4	5.4	6.3	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8	11.7	12.6	13.4	14.2	15.1	15.9	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.2	
27	0.0	0.5	1.5	2.4	3.3	4.3	5.2	6.1	7.0	7.9	8.8	9.7	10.6	11.5	12.4	13.3	14.1	14.8	15.6	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.9	
28	0.0	0.3	1.3	2.2	3.1	4.1	5.0	5.9	6.8	7.7	8.6	9.5	10.3	11.2	12.0	12.8	13.6	14.4	15.2	16.0	16.9	17.7	18.6	19.6	20.6	
29	0.0	0.1	1.1	2.0	2.9	3.9	4.8	5.7	6.6	7.5	8.4	9.2	10.1	11.0	11.7	12.5	13.3	14.1	14.9	15.7	16.6	17.5	18.4	19.3	20.2	
30	0.0	0.0	0.9	1.9	2.8	3.7	4.6	5.5	6.4	7.3	8.1	9	9.8	10.7	11.5	12.3	13.0	13.8	14.6	15.4	16.3	17.2	18.1	19.0	19.8	

TABLE DES MATIÈRES DU TOME II

I. — Distillation, rectification et épuration de l'alcool.	5
I. — <i>Généralités sur la distillation et la rectification de l'alcool</i>	6
Principes théoriques de la distillation, 10. — Principes théoriques de la rectification.	19
II. — <i>Distillation simple</i>	29
Appareils de distillation simple, 29. — Usage des appareils à distillation simple	49
III. — <i>Distillation méthodique.</i>	55
Principaux organes d'une colonne à distiller, 57. — Description de quelques colonnes à distiller.	78
IV. — <i>Rectification des flegmes</i>	149
Rectification discontinue, 152. — Rectification continue	175
V. — <i>Appareils de distillation-rectification</i>	209
VI. — <i>Épuration des alcools</i>	238
VII. — <i>Fabrication spéciale de l'alcool absolu</i>	244
VIII. — <i>Analyse des alcools et eaux-de-vie</i>	265
Analyse qualitative, 265. — Analyse quantitative, 267. — Méthodes officielles française pour l'analyse des alcools et eaux-de-vie	270
II. — Contrôle du travail. Rendement en alcool	285
III. — Résidus de la distillerie.	296
I. — <i>Résidus de la distillerie de betteraves.</i>	296
Pulpes, 296. — Vinasses de betteraves, 304. — Utilisation des vinasses, 308. — Petites eaux.	323

II. — <i>Résidus de la distillerie de mélasses</i> . . .	326
Calcination des vinasses, 328. — Méthodes de traitement des vinasses sans calcina- tion	349
III. — <i>Résidus de la distillerie de matières amy- lacées</i>	356
IV. — Tables	378
I. — <i>Tables de la force réelle des liquides alcoo- liques</i>	378
II. — <i>Tables des richesses alcooliques.</i>	388





TABLE
ALPHABÉTIQUE DES DEUX VOLUMES

A

Accidents de fabrication dans la fermentation des jus de betteraves, I, 353; — des moûts de mélasses de betteraves, I.	366
Acide cyanhydrique (Dosage dans les alcools), II	282
Acide sulfurique (Emploi en distillerie de betteraves), I, 137, 334; — (Emploi en distillerie de mélasses), I, 189, 193	194
Acidification : bactérienne, I, 373, 376, 417, 429; — chimique, I, 382, 419; — des jus de betteraves, I, 179, 334; — des moûts de mélasses, I, 189, 193	194
Acidité (Dosage dans les alcools), II, 271, 272; — (Dosage dans les moûts), I, 294, 300; — (Dosage dans les vins fermentés), I, 451, 454; — (Réglage dans les jus de betteraves), I, 334; — (Réglage dans les moûts de mélasses), I, 193	194
Action de l'oxygène sur les levures, I.	305
Addition d'acides et d'antiseptiques à la fermentation, I, 319,	322
Aéro-levure, I, 427	431
Alambics : à rectification, II, 31; — simples, II, 29; — (Usage des), II.	49
Alcool, I, 40; — (Analyse de l'), II, 265; — (Consommation de bouche), I, 43; — de bois, I, 18; — dénaturé, I, 44; — de lessives sulfiteuses, I, 23; — (Dosage de l'), I, 451. — (Emploi pour la préparation des vinaigres et pour le vinage), I, 58; — (Epuration par le charbon), II, 238; — industriel, I, 44; — (Mouillage de l'), I, 63; — (Production et commerce de l'), I, 34; — (Propriétés de l'), I, 40; — Recherche de petites quantités d'), II, 146; — (Rectification de l'), II, 6, 152, 175; — (Usages de l'), I	43
Alcool absolu, II, 244; — (Fabrication de l'), II	244
Alcool méthylique (Recherche dans les alcools) II.	283
Alcools supérieurs (Dosage dans les alcools), II, 279. — (Recherche des), II	266

Alcoométrie, I.	58
Aldéhyde benzoïque (Dosage dans les alcools), II.	283
Aldéhydes (Dosage des), II, 273; — (Recherche des), II.	265
Alimentation des animaux avec les drèches, II, 360; — des usines en betteraves, I.	126
Amidon (dosage dans les grains), I, 113; — (Dosage dans les moûts), I, 300; — (Dosage dans les vins fermentés), I.	455
Amylomyces Rouxii, I, 395; — (Procédé à l'), I.	398
Analyse des alcools, II, 265; — des betteraves, I, 95; — des grains, I, 112; — des jus fermentés, I, 450; — des levains, I, 442; — des levures, I, 442; — des malts I, 301; — des matières amylacées, I, 112; — des mélasses de betteraves et de cannes, I, 107; — des moûts de matières amylacées, I, 297; — des moûts de matières sucrées, I, 293; — des pommes de terre, I, 121; — des principales matières premières, I, 95; — des pulpes, I, 295; — des salins, II, 345; — des vins de betteraves, I, 450; — des vins de matières amylacées, I, 454; — des vins de mélasses et de topinambours, I.	454
Antiseptiques (Emploi dans les moûts), I, 319, 322.	387
Appareils : de concentration par effets multiples, II, 316; — de cuisson, I, 242; — de diffusion, I, 149; — de distillation méthodique, II, 78; de distillation simple II, 29; — de distillation rectification directe, II, 209; — de fermentation, I, 326; — de macération, I, 143; — de maltage, I, 219; — de préparation des moûts de betteraves, I, 137, 173; — de préparation des moûts de matières amylacées, I, 242; — de préparation des moûts de mélasses, I, 192; — de pressurage des cossettes, I, 157; — de pressurage de la pulpe de betteraves, I, 177; — de râpage, I, 174; — de rectification continue, II, 175; — de rectification discontinue, II, 152; — de saccharification, I, 249; — horizontal Sorel, II.	124
Appréciation de la valeur de l'orge, I.	225
Avoine, I, 90; — (Composition de l'), I, 90; — (Maltage de l'), I.	228

B

Betteraves, I, 65; — (Alimentation des usines en), I, 126; — (Analyse des), I, 95; — (Analyse des moûts de), I, 293; — (Analyse des vins de), I, 450; — (Caractères botaniques), I, 65; — (Composition des), I, 74; — (Conservation des), I, 124; — (Contrôle du travail des), II, 285; — (Découpage des), I, 138; — (Densité des), I, 95; — (Distillerie de), I, 10; — (Dosage du sucre dans les), I, 104; — (Épierrage des), II, 129; — (Epulpage des moûts de), I, 181; — (Extraction du jus de), I, 132; — (Fermentation des moûts de), I, 334;

— (Lavage des), I, 129; — (Préparation des moutés de), I, 132; — (Rapage des), I, 178; — (Refroidissement des moutés de), I, 283; — (Rendement en alcool des), II, 290; — (Transport des), I, 124; — (Variétés de), I.	65
Blé, I, 89; — (Composition du), I, 89; — (Maltage du), I, 229; — (Travail du), I.	270
Bois (Alcool de), I.	18

C

Calcination des vinasses de mélasses, II.	318
Cannes à sucre (Préparation des moutés de), I, 206; — (Fermentation des moutés de), I.	434
Cendres (Dosage dans les jus de betteraves) I, 104; — (Dosage dans la mélasse de betteraves), I, 112; — (Dosage dans les grains), I.	113
Charbon (Filtration sur), II.	238
Chauffage des colonnes à distiller, II.	63
Chauffe-vin des colonnes à distiller, II.	69
Colonnes à distiller, II, 57; — à bas degré, II, 78; — à circuit calorifique fermé, II, 134; — à haut degré, II, 108; Barbet, II, 84, 126; — Champonnois, II, 78; — (Chauffage des), II, 63; — (Chauffe-vin des), II, 69; — Collette, II, 122; — Crépelle Fontaine, II, 99, 115; — (Dépense en vapeur des), II, 143; — Derooy, II, 90; — (Description des), II, 78; — Egrot, II, 110; (Eprouvette de contrôle des), II, 73; — Gazagne, II, 96, 114; — Guillaume, II, 104, 120; — Le Clézio-Ehrard et C ^e , II, 116; — Mariller-Granger, II, 104, 118, 134; — Mollet-Fontaine, II, 102; — (Organes des), II, 57; — Pingris, II, 88, 114; — (Plateaux des), II, 57; — (Récupérateur de chaleur des), II, 72; — (Réfrigérant des), II, 69; — (Réglage invariable des coulages des), II, 74; — (Régulateur d'alimentation des), II, 77; — (Régulateurs d'eau des), II, 76; — (Régulateur de vapeur des), II, 65; — Savalle, II, 80, 109; — Wauquier, II.	114
Colophane (Procédé à la), I.	323
Commerce des alcools en France, I.	34
Comparaison des divers modes d'extraction du jus de betteraves, I.	185
Composition des avoines, I, 90; — des betteraves, I, 74; — des blés, I, 89; — des daris, I, 94; — des drèches de matières amylacées, II, 357; — des fruits, I, 85; — des maniocs, I, 90; — des matières amylacées, I, 88; — des mélasses de betteraves, I, 81; — des mélasses de cannes, I, 83; — des miels, I, 86; — des patates douces, I, 95; — des pommes de terre, I, 91; — des pulpes, II, 297; — des salins, I, 84; — des seigles, I, 89;	

— des topinambours, I, 87; — des vinasses de betteraves, II, 304; — des vinasses de mélasses, II	326
Compte-gouttes de Duclaux, II.	148
Concentration des vinasses de betteraves, II, 316; — des vinasses de mélasses, II	331
Condenseurs des rectificateurs, II	156
Conservation de la levure, I, 433; — des betteraves, I, 124; — des pulpes, II, 300, — des topinambours, I.	201
Consommation de bouche de l'alcool, I	43
Contrôle de l'épuisement des vinasses, II, 146; — du travail des betteraves, II, 285; — du travail des matières amylacées, II, 288; — du travail des mélasses, II, 288; — du travail en distillerie, II	285
Cossettes (Découpage en), I, 157; — (Pressurage des), I.	171
Coupe-racines, I.	138
Cuiseurs, I.	242
Cuisson des matières amylacées, I, 231; — des pommes de terre, I, 277; — des maïs, I, 254; — du seigle, du blé et de l'orge, I, 270; — (Etude théorique de la), I, 233; — (Matériel de), I, 242; — (Principes théoriques de la), I.	231
Culture pure naturelle, I.	325
Cuverie, I.	326
Cuves de fermentation, I.	326

D

Dari (Composition du), I, 94; — (Travail du), I.	280
Découpage de la betterave en cossettes, I.	157
Dénitrage, I.	193
Densité du jus de betteraves (Détermination), I, 95; — (Réglage), I.	334
Dépenses en vapeur des colonnes à distiller, II, 143; — des rectificateurs, II	172, 205
Dessiccation des drêches de matières amylacées, II, 369; — des pulpes de betteraves, II	301
Diffuseurs, I.	149
Diffusion, I, 134; — (Appareils de), I, 149; — continue de pulpe râpée, I, 182; — (Pratique du travail par), I, 164; — (Principes théoriques de la), I	134
Digestion aqueuse : à chaud, I, 104; — à froid, I.	105
Digestion alcoolique, I.	106
Dilution de la mélasse, I.	193
Distillation, II, 5; — (Appareils de), II, 29, 78; — de mélanges azéotropiques, II, 245; — des fruits, II, 49; — des rhums, II, 51; — (Généralités sur la), II, 6; — méthodique, II, 55; — (Pratique de la), II, 144; — (Principes théoriques de la), II, 10; — simple, II	29

Distillation rectification directe, II, 209; — (Appareils de), II, 209, 217, 224, 228; — (Avantages de la), II, 236; — système Barbet, II, 210; — système Crépelle-Fontaine, II, 222; — système Gazagne, II, 224; — système Guillaume, II, 217; — système Mariller-Granger, II, 230; — système Mollet-Fontaine, II, 228; — système Pingris, II, 228; — système Wauquier, II	228
Distillerie : de betteraves (Généralités sur la), I, 10; — (Résidus de la), II, 296; — de matières amylacées (Généralités sur la), I, 13; — (Résidus de la), II, 356; — de mélasses (Généralités sur la), I, 12; — (Résidus de la), II, 326; — de topinambours (Généralités sur la), I	15
Dosage : de l'acide cyanhydrique dans les alcools, II, 282; — de l'acidité, I, 294, 300, 451, 454; II, 271, 272; — de la fécule, I, 121; — de l'alcool, I, 450; II, 146; — de l'alcool méthylique, II, 283; — de l'aldéhyde benzoïque, II, 283; — de l'amidon, I, 113, 300, 455; — de l'eau, I, 108, 113; — de l'extrait sec, I, 302; II, 271; — des alcools supérieurs dans les alcools, II, 279; — des aldéhydes dans les alcools, II, 273; — des cendres, I, 104, 112, 113; — des éthers dans les alcools, II, 278; — des impuretés par fonctions dans les alcools, II, 272; — des matières azotées, I, 113; — des matières grasses, I, 120; — des sucres réducteurs, I, 96, 111, 293, 295, 298, 451, 454; — du saccharose, I, 96, 104, 108, 293, 295, 451, 454; — du titre alcoolique d'un alcool, II	270
Drèches, II, 356; — (Composition des), II, 357; — (Dessiccation des), II, 369; — (Utilisation des), II	360

E

Eau (Dosage), I	108, 113
Eaux-de-vie (Analyse des), II	265
Effront (Procédés), I, 320, 323; II	353
Ensemencement des moûts, I	317
Epierrage des betteraves, I, 129; — des topinambours, I	202
Eprouvette de contrôle, II	73
Epulpage des moûts de betteraves, I, 181; — des moûts de matières amylacées, I	282
Epulpeurs, I	178
Epuration des alcools par le charbon, II, 238; — des vinasses de betteraves, II	312
Ethers (Dosage dans les alcools), II	278
Evaporateurs Barbet, II, 342; — Kestner, II	341
Examen des levains et des levures, I, 442; — des vins fermentés, I	453
Extraction	406

vinasses, II, 321; — du jus de betteraves par diffusion, I, 164; — du jus de betteraves par macération, I, 158; — du jus de betteraves par râpage, I, 172; — du jus de topinambours, I	203
Extrait sec (Dosage), I, 302; II.	271

F

Fabrication de l'alcool absolu, II, 244; — de la levure pressée, I.	410
Fécule (Dosage), I.	121
Fermentation (Accidents en distillerie de betteraves), I, 353; — (Accidents en distillerie de mélasses), I, 366; — continue aseptique système Guillaume, Egrot et Grangé, I, 349; — des jus de betteraves, I, 334; — des moûts en général, I, 303; — des moûts de cannes à sucre, I, 434; — des moûts de fruits, I, 437; — des moûts des matières alcoolisables diverses, I, 441; — des moûts de matières amylacées, I, 371; — des moûts de mélasses de betteraves, I, 357; — des moûts de mélasses de cannes, I, 367; — des moûts de miels, I, 439, — des moûts de topinambours, I, 356; — (Marche de la), I, 350; — (Matériel de), I, 326; — mousseuse, I, 392; — par coupages, I, 346; — par levains, I, 348; — (Pratique de la), I, 346, 364, 370, 388; — (Produits de la — alcoolique), I, 306; — (Rendement en alcool dans la — alcoolique), I, 307; — (Salle de), I.	326
Ferments lactiques en distillerie, I, 312; — secondaires en distillerie, I.	314
Fernbach (Procédé), I, 341.	368
Filtration sur charbon, II.	238
Four Porion, II.	328
Freinte à la rectification, II.	205
Fruits (Composition des), I, 85; — (Distillation des), II, 49; — (Fermentation des), I, 437; — (Préparation des moûts de), I.	208
Furfurol (Dosage du), II, 281; — (Recherche du), II.	266

G

Gimel (Procédé), I, 364; II.	352
Glycérine (Extraction des vinasses), II.	321
Grains (Analyse des), I, 112; — (Composition des), I.	88

I

Impuretés par fonctions (Dosage dans les alcools), II.	272
--	-----

J

Jacquemin (Procédés), I, 339	362
Jus de betteraves (Cendres du), I, 112; — (Comparaison des divers modes d'extraction du), I, 185; — (Extraction par diffusion), I, 164; — (Extraction par macération), I, 158; — (Extraction par râpage), I, 172; — (Sucre du), I, 96; — (Sucres réducteurs du), I	111
Jus de topinambours (Extraction), I.	203

L

Lavage des betteraves, I, 129; — des topinambours, I, 202; — des pommes de terre, I.	276
Lessives sulfiteuses (Alcool de), I.	23
Levains (Emploi des antiseptiques dans la préparation des), I, 345, 363, 387; — (Examen des), I, 442; — (Préparation par acidification bactérienne), I, 373; — (Préparation par acidification chimique), I, 382; — (Préparation pour les fabriques de levure pressée), I, 416; — (Préparation pour les moûts de betteraves), I, 337; — (Préparation pour les moûts de matières amylacées), I, 372; — (Préparation pour les moûts de mélasses de betteraves), I, 357; — (Préparation pour les moûts de mélasses de cannes), I.	368
Levures (Action de l'oxygène sur les), I, 305; — (Conservation des), I, 433; — de distillerie, I, 303; — (Examen des), I, 442; — (Montée des), I, 421; — pressée (Fabrication), I, 410; — (Récolte des), I, 381, 423, 431; — (Traitement après récolte), I, 423; — (Variétés de), I.	303

M

Macérateurs en distillerie de betteraves, I, 143; — en distillerie de matières amylacées, I.	250
Macération, I, 143; — (Matériel de), I, 143; — méthodique, I, 161; — (Pratique du travail par), I.	158
Maïs (Composition du), I, 89; — (Maltage du), I, 230; — (Travail avec saccharification par les acides), I, 267; — (Travail sans pression), I, 254; — (Travail sous pression), I.	257
Malaxage (Appareils de), I, 175; — (Pratique du), I.	179
Malaxeurs, I.	175
Malt (Analyse du), I, 301; — d'avoine, I, 228; — de blé, I, 229; — de maïs, I, 230; — d'orge, I, 224; — de seigle, I, 229	
Maltage, I, 215; — de l'avoine, I, 228; — de l'orge, I, 224; — du blé, I, 229; — du maïs, I, 230; — du seigle, I, 229; — (Modes de), I, 219; — (Principes du), I.	215

Manioc (Composition du), I, 90; — (Travail du), I.	280
Matériel de cuisson, I, 242; — de diffusion, I, 137, 149; — de distillation méthodique, II, 78; — de distillation simple, II, 29; — de distillation rectification directe, II, 209; — d'extraction du jus de betteraves, I, 137, 173; — d'extraction des moûts de topinambours, I, 204; — de fermentation, I, 326; — de macération, I, 137, 143; — de maltage, I, 219; — de préparation des moûts de matières amylacées, I, 242; — de préparation des moûts de mélasses, I, 192; — de pressurage des cossettes, I, 157; — de pressurage de la pulpe de betteraves, I, 177; — de râpage, I, 174; — de rectification continue, II, 175; — de rectification discontinue, II, 152; — de saccharification, I.	249
Matières amylacées (Analyse des), I, 112; — (Analyse des moûts de), I, 297; — (Analyse des vins de), I, 454; — (Composition des), I, 88; — (Contrôle du travail des), II, 288; — (Généralités sur la distillerie de), I, 13; — (Préparation des moûts de), I, 214; — (Rendement en alcool des), II, 293; — (Résidus de la distillerie de), II.	356
Matières azotées (Dosage dans les grains), I.	113
Matières grasses (Dosage dans les grains), I.	120
Matières premières de la distillerie, I.	65
Meichage, I.	166
Mélasse de betteraves (Analyse de la), I, 107; — (Analyse des moûts de), I, 293; — (Analyse des vins de), I, 454; — (Composition de la), I, 81; — (Contrôle du travail), II, 288; — (Généralités sur la distillerie de), I, 12; — (Préparation des moûts de), I, 189; — (Rendement en alcool de la), II, 292; — (Résidus de la distillerie de), II.	326
Mélasse de cannes (Analyse de la), I, 107; — (Composition de la), I, 83; — (Préparation des moûts de), I.	198
Miel (Composition du), I, 86; — (Préparation des moûts de), I, 211; — (Fermentation des moûts de), I.	439
Montée de la levure, I.	421
Moûts (Analyse des), I, 293; — (Ensemencement des), I, 317; — (Fermentation des), I, 303; — (Préparation des), I.	124
Moûts de betteraves (Analyse des), I, 293; — (Epulpage des), I, 181; — (Fermentation des), I, 334; — (Mise en fermentation des), I, 337; — (Pratique de la fermentation des), I, 346; — (Préparation des), I, 124; — (Refroidissement des), I, 283; — (Réglage de la densité, de la température et de l'acidité des), I.	334
Moûts de cannes à sucre (Fermentation des), I, 434; — (Préparation des), I.	206
Moûts de fruits (Fermentation des), I, 437; — (Préparation des), I.	208
Moûts de matières amylacées, I, 234; — (Analyse des), I,	

297; — (Epulpage des), I, 282; — (Fermentation des), I, 371; — (Préparation des), I, 231; — (Refroidissement des), I.	283
Moûts de matières sucrées diverses (Fermentation des), I, 441; — (Préparation des), I.	212
Moûts de mélasses (Analyse des), I, 293; — (Appareils pour la préparation des), I, 192; — (Fermentation des), I, 357; — (Pratique du travail de la préparation des), I, 193; — (Préparation des), I, 189, 198; — (Principes théoriques de la préparation des), I, 189; — (Refroidissement des), I.	283
Moûts de miel (Fermentation des), I, 439; — (Préparation des), I.	211
Moûts de pommes (Préparation des), I.	210
Moûts de topinambours (Fermentation des), I, 356; — (Préparation des), I.	201
Mucédinées en distillerie, I.	310, 394
Mucors, I.	310, 394

O

Orge (Appréciation), I, 225; — (Maltage), I, 224; — (Préparation des moûts d'), I.	270
Osmose, I.	134
Oxygène (Action sur les levûres), I.	305

P

Patates douces (Composition), I.	95
Petites eaux en distillerie de betteraves, II.	323
Phénomènes osmotiques, I.	134
Plateaux des colonnes à distiller, II.	57
Pommes (Distillerie de), I, 17; — Préparation des moûts de), I.	210
Pommes de terre (Analyse des), I, 121; — (Composition), I, 91; — (Cuisson), I, 277; — (Lavage), I, 276; — (Travail), I.	276
Pompes à pulpe, I.	176
Préparation des levains : par acidification bactérienne, I, 373; — par acidification chimique, I, 382; — (Emploi des antiseptiques dans la), I, 345, 363, 387; — pour les fabriques de levure pressée, I, 416; — pour les moûts de betteraves, I, 337; — pour les moûts de matières amylicées, I, 372; — pour les moûts de mélasses de betteraves, I, 357; — pour les moûts de mélasses de cannes, I.	368
Préparation des moûts : de betteraves, I, 124; — de cannes à sucre, I, 206; — de fruits, I, 208; — de matières amylicées, I, 212; —	

de mélasses de betteraves, I, 189; — de mélasses de cannes, I, 198; — de miel, I, 211; — de pommes, I, 210; — de pommes de terre, I, 276; — de topinambours, I.	201
Presses continues, I.	177
Pressurage de la pulpe de betteraves, I, 179; — des cossettes épuisées, I.	171
Principes théoriques de la diffusion, I, 134; — de la distillation, II, 10; — de la rectification, II.	19
Procédé aéro-levure, I, 427; — Amylo, I, 398; — Effront, I, 320, 323; II, 353; — Fernbach, I, 341, 368; — Gimel, I, 364; II, 352; — Jacquemin, I, 339, 362; — hollandais, I, 426; — Mandl, I, 266; — Mariller-Granger, II, 249; — Ricard-Allenet, II, 245; — Rivière, II, 352; — Savary, II, 350; — Vasseux, II, 351; — viennois à moûts troubles, I, 411; — Vincent, II.	350
Production des alcools en France, I.	34
Produits de la fermentation alcoolique, I.	306
Pulpes, II, 96; — (Analyse des), I, 295; — (Composition des), II, 297; — (Conservation des), II, 300; — (Dessiccation des), II, 301; — (Utilisation des), II.	303

R

Râpage de la betterave (Appareils de), I, 174; — (Pratique du), I.	178
Râpe à pousseurs, I, 174; — centrifuge, I.	174
Récolte de la levure, I.	423
Rectification : continue, II, 175; — continue directe, II, 210, 222, 228, 230; — continue indirecte, II, 212; — continue système Barbet, II, 175; — continue système Crépelle-Fontaine, II, 187; — continue système Gazagne, II, 194 — continue système Guillaume, II, 197; — continue système Mariller-Granger, II, 201; — continue système Mollet-Fontaine, II, 191; — continue système Pingris, II, 189; — continue système Sorel, II, 191; — continue système Wauquier, II, 191; — (Dépenses de vapeur à la), II, 172, 205; — discontinue, II, 152; — (Freinte à la), II, 205; — (Généralités sur la), II, 6; — (Pratique de la — discontinue), II, 161; — (Principes théoriques de la), II.	19
Rectificateurs, II, 152; — continus, II, 175; — continus système Barbet, II, 175; — continus système Crépelle-Fontaine, II, 187; — continus système Gazagne, II, 194; — continus système Guillaume, II, 197; — continus système Mariller-Granger, II, 201; — continus système Mollet-Fontaine, II, 191; — continus système Pingris, II, 189; — continus système Sorel, II, 191; — continus sys-	

DICTIONNAIRE D'AGRICULTURE ET DE VITICULTURE

par

Ch. SELTENSPERGER
Professeur spécial d'agriculture.

1923, 1 volume in-8 de 1064 pages, à deux colonnes..... 30 fr.
Cartonné, 35 fr.

— 6709 MOTS —

Illustré de 1721 figures nouvelles

Depuis un demi-siècle, le domaine de l'Agriculture et des sciences agricoles qui s'y rattachent s'est élargi considérablement. Il s'est enrichi de nombreuses notions nouvelles, appelant des mots nouveaux, dont le sens est souvent incomplètement connu du grand public, qui, en général, ne dispose pas de moyens suffisants de renseignements.

L'auteur, qui a pratiqué l'agriculture et a professé dans les principales régions de la France, dont il connaît ainsi toutes les ressources, était tout particulièrement désigné pour élaborer ce travail, que nous offrons avec confiance au public agricole. Et, en effet, le *Dictionnaire d'agriculture et de viticulture* de M. SELTENSPERGER, recueil complet de mots, vient à son heure pour combler de façon heureuse cette lacune.

Evitant le double écueil du dictionnaire purement encyclopédique, dont le prix élevé est peu accessible, et du petit dictionnaire élémentaire, trop résumé et forcément incomplet, l'auteur a su condenser, sous un format commode et d'une lecture facile, tous les mots et renseignements qui peuvent intéresser l'agriculteur : Viticulture, horticulture, élevage, maladies du bétail et des plantes, aviculture, apiculture, industries agricoles, laiterie, alimentation, législation et économie rurales, etc., en faisant ressortir très judicieusement, au cours des mots, que la pratique et la théorie, basées sur les sciences et la saine observation, étaient faites pour se soutenir la main dans la main et s'éclairer mutuellement.

Dans un style simple et clair et en restant toujours essentiellement pratique, l'auteur a apporté des développements encyclopédiques en rapport avec l'importance de chaque mot et donné à l'ensemble de l'ouvrage, unique en son genre, un caractère d'originalité qu'apprécieront les lecteurs.

Enfin, le grand nombre de gravures, extraites de l'immense collection des 15 000 figures de l'*Encyclopédie agricole*, éditée par MM. J.-B. Baillièrre et fils, en fait un ouvrage du plus haut intérêt et sans précédent.

LA VIE AGRICOLE ET RURALE

Revue hebdomadaire illustrée

Paraissant tous les Samedis par numéros de 32 à 52 pages, in-4^o

COMITÉ DE DIRECTION :

VIGER

Ancien ministre
de l'Agriculture,
Sénateur du Loiret.

TISSERAND

Membre de l'Institut,
Directeur honoraire
de l'agriculture.

FERNAND DAVID

Ancien ministre
de
l'Agriculture.

MIR

M. du Cons. sup.
de l'agriculture,
Sénateur de l'Aude.

DABAT

Directeur généra
des
Eaux et Forêts.

REGNARD

Directeur honoraire
de l'Inst. nat. agronomique.

WERY

Directeur
de l'Inst. nat. agronomique.

GROSJEAN

Inspecteur général
de l'agriculture.

DE LAPPARENT

Inspecteur général
de l'agriculture.

COUANON

Inspecteur général
de la viticulture.

FERROUILLAT

Directeur de l'Éc. nat^{le}
d'agric. de Montpellier

JOUZIER

Directeur de l'Éc. nat^{le}
d'agriculture de Grignon.

TROUARD RIOLLE

Dir. honor. de l'Éc. nat^{le}
d'agric. de Grignon.

SECRETAIRE DE LA RÉDACTION :

DIFFLOTH

Ingénieur agronome,
Professeur spécial d'agriculture.

Abonnement annuel : France 25 fr., Étranger 40 fr.

La création d'un nouveau journal d'Agriculture pouvait sembler inopportune : la Presse agricole compte des organes déjà nombreux qui s'appliquent à répandre dans le public les méthodes les plus rationnelles de culture et d'élevage. Jamais, cependant, le besoin ne s'est fait autant sentir, pour l'agriculture, d'être renseigné sur l'admirable mouvement de rénovation qui caractérise notre époque ; chaque jour, l'alliance féconde de la science et de la pratique fait réaliser à l'Agriculture un progrès nouveau ; chaque jour, une connaissance acquise, un problème élucidé viennent donner au cultivateur les moyens de réduire la part, si considérable, de ses aléas professionnels. Absorbé par des préoccupations multiples, le praticien n'a malheureusement pas le loisir de parcourir les revues diverses d'où il pourrait extraire le bénéfice des progrès réalisés. Et il nous a paru qu'il y

LA VIE AGRICOLE

avait place pour un journal agricole, dont le but serait précisément de mettre l'agriculteur en rapport intime avec l'évolution actuelle des esprits, un journal documenté, averti de tout ce qui touche aux multiples manifestations de l'activité agricole, un journal dont la collaboration choisie autant que variée bannirait toute uniformité et assurerait l'attrait, un journal d'actualité, traduisant fidèlement la vie ardente, réfléchie et laborieuse de notre Agriculture.

La *Vie agricole*, — nous n'aurions su adopter pour notre journal un titre traduisant mieux notre but, — met tout en œuvre pour intéresser les lecteurs. Elle réalise un équilibre heureux entre le texte, chroniques et articles, et l'illustration, se tenant à distance des deux extrêmes, dont l'un consiste à donner à l'illustration une importance excessive, qui nuit au développement des questions traitées, et dont l'autre laisse des articles érudits sans le secours du dessin ou de la photographie, empêchant ainsi le texte de prendre tout en valeur et une plus facile compréhension.

Le monde agricole a accueilli avec plaisir un journal donnant une impression réelle de force et d'activité, suivant pas à pas la marche de notre Agriculture vers le progrès, et sans cesse préoccupé d'être pour ses lecteurs « l'utile et l'agréable ». Au surplus, ces lecteurs, nous les connaissons bien : ce sont des agriculteurs avisés, soucieux de toute amélioration, ces éleveurs possédant en juste partage la pratique et la théorie, qui, groupés autour de l'*Encyclopédie Agricole* des ingénieurs agronomes, en ont assuré le succès et ont permis la diffusion par la France et par le monde, à raison de plus d'un million de volumes, de cette œuvre considérable, véritable bilan de l'agriculture scientifique française au début du xx^e siècle. Dans la *Vie Agricole*, ils retrouveront, sous une forme plus actuelle et plus vivante encore, les qualités qui impriment à cette belle collection son cachet particulier ; ils y retrouveront cette pléiade de collaborateurs distingués, praticiens ou professeurs, qui les tiendront, chaque semaine, au courant de tous les progrès, de toutes les découvertes, de toutes les tentatives susceptibles de les intéresser.

Chaque numéro comprend cinq ou six *Articles originaux* ; plusieurs articles d'*Agriculture pratique* ; des articles d'*Actualités agricoles*, résumant les travaux publiés, en France et à l'Étranger ; des *comptes rendus de Sociétés* ; enfin, un *Bulletin* renseignant le lecteur sur les faits saillants de la semaine.

Pour remplir ce vaste cadre et donner à la *Vie Agricole* la tenue et la valeur scientifique nécessaires, un Comité de direction, composé des plus éminents représentants de la science agronomique, a bien voulu assumer la charge de définir et de régler le programme des études et des recherches poursuivies.

Enfin les éditeurs de la *Vie Agricole*, MM. Baillières, apportent à l'administration et à la publication du journal leurs précieuses qualités, qui ont déjà assuré le succès de l'*Encyclopédie Agricole*.

Ainsi rédigée, illustrée, assurée par un parfait service d'informations de suivre méthodiquement l'évolution scientifique de la culture française, la *Vie agricole* se présente aux lecteurs avec les conditions les plus assurées d'intérêt, de vivacité et d'utilité générale.