

réalisé à la demande de la Régie, pour permettre le contrôle obligatoire du volume de vin produit et envoyé à la distillation.

« Le moût arrivant au bout de son circuit est entièrement fermenté, et c'est alternativement soit dans la 10^e, soit dans la 11^e cuve qu'aspire la pompe qui refoule les vins au séparateur centrifuge Alfa-Laval, pour obtenir, d'un côté, le vin de levure, qui retourne à la cuve 12, et de l'autre le concentré de levure, qui est mélangé au jus de diffusion pour le coulage sur les 7 premières cuves...

« La densité des jus au coulage est réglée à environ 5°5 à 15°. On refroidit ces jus à 19-21°C. La densité dans les cuves de tête est maintenue à 0.3-0.5 et la température vers 31-33°C ; l'élévation de température au cours de la fermentation est d'ailleurs relativement faible, elle ne dépasse par 1°C... Tournfier recommande de conduire le coulage de manière à maintenir aussi constante que possible une richesse des vins égale à 7°7 G.L. Il a remarqué en effet qu'au-dessous la valeur de sa saturation cellulaire augmentait rapidement ».

Les méthodes de fermentation par coupage présentent des avantages très appréciables par rapport à celles d'amorçage par cuve isolée. La durée de la fermentation étant réduite, la capacité de la cuverie est sensiblement moins grande, ce qui diminue les dépenses de premier établissement. La dépense en levure est aussi bien moindre. Par contre, la pureté de la levure ne peut pas se conserver intacte, à moins que le moût normal ne soit préalablement stérilisé. Dans le cas des jus de canne verts notamment, riches en microorganismes, les ferments naturels arriveraient à prédominer rapidement sur la levure cultivée. Il faut, pour avoir des fermentations relativement pures, liquider de temps à autre la cuve mère et la remettre en marche avec un nouveau levain. Enfin, la fermentation par coupage ne peut être utilisée qu'avec des moûts légers, fermentant facilement (jus de betteraves). Dans le cas de moûts denses et de ceux dont la fermentation est difficile (mélasses de betterave), il faut amorcer chaque cuve avec un pied de levain.

En rhumerie, les moûts de vesou et les moûts de mélasse de densité moyenne se prêtent bien à l'emploi de la méthode par coupage. Celle-ci est cependant peu utilisée : dans certaines distilleries de la Guadeloupe, on applique le procédé de coulage sur 2 cuves.

Reprise des levures.

La méthode par reprise des levures consiste à récupérer par centrifugation les levures qui se trouvent en suspension dans le liquide fermenté et à les utiliser pour la fermentation d'une nouvelle cuve. La quantité de levure mélangée au moût de coulage doit être telle que celui-ci soit saturé de levures, et que la formation de nouvelles cellules soit limitée dans la plus large mesure possible. En prenant certaines précautions, il est possible d'effectuer le réemploi de la levure d'une façon continue pendant toute une campagne.

Le *procédé Usine de Melle* — F. Boinot (1) est appliquée de la façon suivante. Avant d'être envoyé au bac à vin de l'appareil à distiller, on fait passer le moût fermenté par une centrifuge. Celle-ci donne, d'une part, un liquide alcoolique à peu près exempt de levures, qui est envoyé à la colonne, d'autre part, un liquide boueux, sorte de dilution concentrée de levure, qui est recueilli dans un bac jaugeur spécial muni d'un agitateur. Le lait de levure est additionné de sels nutritifs (sels ammoniacaux, phosphates) et d'une dose élevée d'acide sulfurique pour amener le pH très bas (parfois à 2.5-2.7). Au bout d'un certain temps de contact, le bac de levure est soit envoyé totalement dans une cuve sur laquelle on coule le jus à fermenter (fermentation par cuve isolée), soit mélangé petit à petit au jus frais (fermentation par coupage). Le liquide sucré doit avoir après coulage une légère sursaturation cellulaire, c'est-à-dire un nombre de cellules un peu supérieur au « chiffre limite » de Brown, ce dont on se rend compte par des comptages de globules. En réglant la vitesse du séparateur centrifuge on arrive facilement à ne laisser dans le lait de levure que la quantité de cellules nécessaires pour obtenir ce résultat.

Dans le *procédé Hildebrandt et Erb* (2), qui s'inspire de celui des Usines de

(1) Int. Sug. J. XLI, 466, 1939.

(2) U. S. Patent 2,169,244, 1939.

Melle, on réalise la concentration cellulaire adéquate, de manière qu'il n'y ait plus multiplication de la levure au cours de la fermentation, dans une solution de vinasse diluée, et l'on ajoute ensuite à cette dernière la mélasses de façon à ce que la richesse du moût atteigne 15 gr. de sucre par 100 cc.

Le procédé de Melle peut être considéré comme le plus important progrès réalisé en distillerie depuis un demi-siècle. La reproduction cellulaire étant très limitée, le sucre du moût est entièrement utilisé pour la fonction zymasique la levure, ce qui permet une augmentation appréciable du rendement en alcool. Ce rendement atteint par 100 kgs de saccharose 61 à 62 litres d'alcool et même, dans des conditions très favorables, jusqu'à 100 % du rendement de Pasteur (64 l. 3). D'après Boinot, l'accroissement du rendement, par rapport au procédé ordinaire, varierait de 3 à 30 %, suivant la nature de la matière première employée, l'augmentation maxima étant obtenue avec les moûts difficilement fermentescibles, telles les lessives sulfiteuses.

Le moût étant ensemencé d'un seul coup avec la quantité normale de cellules de levure, l'activité diastasique est portée à son maximum et la durée de la fermentation fortement diminuée. Comparativement au procédé ordinaire, la méthode de Melle augmenterait la vitesse de la fermentation de 40 à 80 % (Boinot). Il en résulte qu'il est possible de réduire la capacité de la cuverie. Cette réduction est encore rendue plus sensible, du fait qu'il est possible de faire fermenter des moûts beaucoup plus denses. Suivant Hildebrandt et Erb, ce serait même avec les moûts à forte concentration en sucre (20 gr. par 100 gr. de moût) que les accroissements de rendement seraient les plus sensibles.

Au cours de la centrifugation du vin fermenté, les bactéries et les levures sauvages sont éliminées pour la plus grande partie, par suite de la différence de densité existant entre ces ferments et la levure cultivée ; suivant la vitesse de rotation du séparateur centrifuge, l'influence de la pesanteur est multipliée par un facteur de l'ordre de 20 000 à 100 000, ce qui rend le classement par densité instantané. Il résulte que non seulement la levure se conserve pure, mais encore qu'il est possible d'obtenir, à partir d'une cuve contaminée, un concentré de levures purifié. Pratiquement, des cuveries bloquées par l'infection ont pu être remises en ordre de marche en moins de 36 heures, sans avoir à employer un levain nouveau, par le seul emploi des levures retirées du milieu infecté (Boinot).

Un arrêt accidentel du travail n'a pas de répercussion sur la bonne marche de la fermentation. L'action d'un bas pH pendant la période d'inactivité de la levure, entre deux fermentations successives, assure à celle-ci une excellente protection, notamment contre les bactéries de floculation (1). Les fermentations que l'on produit à partir des levures conservées pendant 2-3 jours et même jusqu'à 8 jours, sont tout aussi actives que les autres. On constate seulement que la proportion de cellules qui se colorent au bleu de méthylène a un peu augmenté. La quantité d'acide sulfurique ajouté au concentré de levure vient d'ailleurs en déduction de celle utilisée pour l'acidification des moûts, de sorte que la consommation d'acide n'est pas augmentée.

Si l'on ajoute que, par l'emploi du procédé de reprise des levures, il est possible d'opérer la rentrée des vinasses sur une échelle importante et de réduire la souillure des colonnes à distiller, qui sont alimentées seulement avec des vins clairs, dépourvus de levures, on comprendra que ce procédé de fermentation se soit rapidement propagé. En 1939, quelques années après sa mise au point par F. Boinot et les usines de Melle, la méthode était appliquée dans 70 installations, dont 278 en France, et 21 au Brésil, traitant les jus et mélasses de betteraves, la mélasses de canne, etc.

En ce qui concerne le cas particulier des mélasses de canne, Vergnaud (2) a observé au Brésil que, par l'emploi du procédé de Melle, il était possible d'obtenir avec des moûts à 21° Brix, additionnés de 0.5 à 1 % d'acide sulfurique, des augmentations de rendement de 7 à 11 %. La durée de la fermentation était réduite à 24 h., au lieu de 48 h. ou plus précédemment. Enfin, les

(1) Dans certains cas, il se produit une agglutination de la levure, que l'on peut considérer comme un état morbide des cellules et qui est généralement due à l'action de bactéries spéciales dites de « floculation ».

(2) *Brasil Assucareiro VIII*, 92, 1936.

fermentations étaient très pures, ce qui ne rendait plus nécessaire la stérilisation des moûts, ni l'utilisation d'appareils à culture pure.

Les critiques qui ont été formulées contre le procédé, surtout par Bettinger (1), sont plutôt d'ordre théorique. Si cet auteur a enregistré quelques déboires en distillerie de pommes, ceci peut tenir à une mise au point insuffisante de la méthode en ce qui concerne les moûts de cidrerie (vins à 4-5° d'alcool).

En résumé, « il est permis d'affirmer, écrit Boinot (2), que le procédé de récupération des levures est tout à fait adapté à l'industrie... Il est assuré que les levures récupérées en fin de fermentation sont vigoureuses et peuvent être réutilisées d'une manière très prolongée dans les fermentations successives. Sa rusticité et sa souplesse assurent une réussite parfaite du travail, en supprimant tout danger d'infection et en permettant des arrêts volontaires de travail pendant plusieurs jours, sans qu'il soit nécessaire de répartir avec des levains nouveaux ».

Il reste cependant qu'en rhummerie, l'application du procédé peut entraîner des modifications du taux et de la nature des impuretés préjudiciables à la qualité de l'eau-de-vie. Il ne semble pas cependant que ces craintes soient fondées, du moins dans le cas de la fabrication des rhums légers. Cette méthode de fermentation est en effet appliquée à l'usine Darboussier (Guadeloupe) depuis 1939, et la qualité du rhum obtenu s'est révélée aussi bonne qu'antérieurement, lorsque l'on travaillait par le procédé ordinaire aux levains purs.

Pratique de la fermentation

Marche de la fermentation.

Suivant la composition des moûts et les méthodes de fabrication appliquées, la marche de la fermentation est assez variable.

Pairault décrit comme suit le processus, dans le cas des *moûts de vesou* livrés à la *fermentation spontanée* et ayant une densité initiale de 1045 — 1050 une acidité voisine de 2 gr. par litre et une teneur en sucres de 115-13 %.

« La température ambiante étant de 25 à 28°, la fermentation s'établit très rapidement d'elle-même ; au bout de 12 heures, la cuve est en train. La fermentation dure en général 3 jours, parfois 4, mais souvent aussi moins... La température s'élève rapidement à 37-38°, parfois même jusqu'à 40 et 41°, sans que le rendement en soufre d'une façon appréciable. En même temps, l'acidité s'élève à 5 et même 6 gr. par litre ; le sucre disparaît entièrement. Il se fait peu d'écumes, qui d'ailleurs sont enlevées en une seule fois après 24 heures de fermentation. Le bouillonnement est intense...

« Lorsque la fermentation est terminée, la densité du moût est tombée à 1 000, parfois même un peu au-dessous (3) (à cause de la température). A ce moment, la grappe a perdu sa saveur sucrée ; elle est devenue amère, elle s'éclaircit facilement. On laisse quelques heures au repos, on soutire le liquide et on l'envoie de suite à l'alambic. Ensuite, on enlève un tampon de bois qui bouche une ouverture pratiquée au fond de la cuve. On fait écouler au dehors le dépôt de levure, on lave légèrement avec quelques seaux d'eau, on remet le tampon en place et la cuve est prête pour un nouveau chargement ».

Aujourd'hui que l'on emploie des doses plus élevées d'acide sulfurique et de sulfate d'Am, la durée de la fermentation est généralement ramenée à 48-72 heures (4). Quand on utilise des levains ou que l'on pratique le coupage, la fermentation peut même être terminée au bout de 24 heures. L'atténuation ho-

(1) Bull. Ass. Chim. LV, 200, 260, 1938.

(2) Bull. Ass. Chim. LV, 372, 1938.

(3) 0.985 - 0.995, à la température de l'observation (28 - 30 C).

(4) Les principaux facteurs qui influent sur la durée de la fermentation sont la température, l'acidité et la concentration en sucre du moût, le mode d'ensemencement, la race de levure, l'utilisation éventuelle de sels minéraux et d'activateurs (charbon, etc). La concentration initiale du moût en sucres n'a pas une grande importance, si elle se maintient entre certaines limites (10 - 13%).

raire atteint couramment 0°1 régie. L'augmentation d'acidité au cours de la fermentation est aussi beaucoup plus faible qu'autrefois.

La fermentation des *moûts de mélasse* est plus tumultueuse que celle des moûts de vesou. Si elle se fait par voie spontanée, elle dure en général 5 ou 6 jours, mais dans le cas des moûts à haute densité, comportant une proportion élevée de vinasse, la durée peut être portée à 10-12 jours. Lorsqu'elle est amorcée par pied de cuve, la fermentation des moûts ordinaires est terminée au contraire au bout de 48 à 72 heures, et même de 24-36 h. (4), si l'on opère par coupage. L'augmentation de l'acidité est très variable : de 4 à 5 gr. à l'origine, elle passe souvent en fin de fermentation à 6-8 gr., dans le cas de fermentation spontanée. Exceptionnellement, pour certains moûts destinés à la préparation de rhums corsés, l'acidité initiale atteint 12-15 gr. et l'acidité finale 18-20 gr. (1). Dans les fermentations rapides, en présence d'antiseptiques, l'accroissement d'acidité est faible.

En réglant convenablement l'acidité initiale du moût (au voisinage de pH 4.5), on peut arriver, dans le travail à l'aide de levains purs, à supprimer toute formation d'acides au cours de la fermentation. Utile en distillerie d'alcool industriel, où l'on cherche à obtenir le rendement alcoolique maximum, cette façon de faire ne convient plus en rummerie, où les acides formés jouent un rôle utile dans la constitution du bouquet de l'eau-de-vie.

La chute de densité au cours de la fermentation (*atténuation*) est variable suivant la richesse du moût en sucre. A la Martinique, où l'on charge à faible densité et où l'on emploie une proportion souvent élevée de vinasse, elle est généralement comprise entre 32 et 40 degrés régie. En Guyane anglaise, elle est de 50° en moyenne et à la Jamaïque, elle atteint parfois jusqu'à 60°.

Au lieu de distiller le moût aussitôt la fermentation alcoolique terminée, certains rhummiers attendent un ou deux jours ou quelquefois plus (rhum à grand arôme). La cuve se recouvre alors d'une pellicule d'un gris sale de mycodermes et de moisissures. Le rendement en alcool est un peu diminué, mais on obtient un produit plus aromatique et plus moelleux. Arroyo, conseille, même, particulièrement lorsqu'on veut obtenir du rhum grand arôme du type Jamaïque, d'ensemencer le moût, une fois la fermentation principale terminée, avec des microorganismes susceptibles d'attaquer les sucres résiduels et de donner des produits aromatisés contribuant à améliorer le bouquet de l'eau-de-vie. Certaines bactéries butyriques pourraient présenter de l'intérêt à cet égard.

Contrôle de la température.

La quantité de chaleur dégagée par la fermentation alcoolique est élevée : 20 à 23 calories par 180 gr. de sucre décomposé (Bouffard). Dans les distilleries tropicales, le thermomètre peut monter, au cours de la fermentation, jusqu'à 40 et même 42 ° C.

Les hautes températures réduisent l'activité de la levure, surtout en présence des doses d'alcool élevées, et favorisent les phénomènes d'autolyse des cellules. Elles accroissent aussi les dangers d'infection par certains microorganismes thermophiles (bactéries lactiques, etc.), surtout lorsque la fermentation se fait par voie spontanée, ainsi que les pertes d'alcool par évaporation. En même temps que le rendement alcoolique se trouve réduit, il se forme des produits secondaires de fermentation (acroléine, huiles empyreumatiques, etc.) qui déprécient l'eau-de-vie. Jankovic (2), par exemple a observé que, dans le cas des moûts de mélasse de betterave, la production d'huiles empyreumatiques augmentait avec l'élévation de la température et la concentration des moûts. Elle diminuait au contraire avec l'accroissement de l'acidité.

Arroyo a constaté que les rhums produits à des températures relativement basses (27-30°) étaient toujours plus moelleux, plus frais et d'un bouquet plus agréable que ceux obtenus aux températures élevées (35-40°). La levure forme

(1) On signale même dans la fabrication du German rum de la Jamaïque des acidités finales de 30 gr. par litre, dont 15 - 20 % d'acides volatils.

(2) Arch. Hemiju I, 218, 1927.

davantage d'esters et d'autres principes aromatiques, quand elle travaille en milieu frais.

L'auteur précité a obtenu les résultats suivants dans des essais effectués

Temp. de ferm. (Deg. C.)	Durée de la ferm. (h.)	Rend. alc. % sucres	Sucres résiduaires (gr. par 100 cc. moût)	Alc. sup. (gr. par hl. alc. à 100°)	Non-alcool (gr. par hl. alcool à 100°)	Examen organoleptique du rhum obtenu	
						Arôme	Goût
<i>Levure 1 (Schizosaccharomyces)</i>							
28	90.0	46.5	0.70	40.0	258.0	Très bon	Très bon
30	77.0	46.0	0.70	55.5	304.9	Très bon	Très bon
32	60.0	46.7	0.68	59.8	284.7	Très bon	Très bon
34	52.0	45.0	0.85	76.0	262.9	Bon	Bon
36	56.5	44.5	1.00	91.7	245.2	Bon	Bon
<i>Levure 2 (Saccharomyces)</i>							
28	72.5	47.2	0.55	60.6	284.5	Excellent	Excellent
30	66.0	46.5	0.70	77.2	257.3	Très bon	Très bon
32	60.0	43.9	1.20	114.4	242.7	Bon	Bon
34	55.6	39.8	2.11	137.9	266.2	Passable	Désagréable
36	48.0	38.2	2.70	155.1	282.0	Passable	Désagréable

avec une levure résistante (N° 1) et une levure très susceptible (N° 2) aux hautes températures.

Les températures élevées ont accéléré la fermentation, accru la proportion des alcools supérieurs formés, diminué le rendement alcoolique et la qualité du distillat. Elles ont agi d'une façon beaucoup plus accentuée sur la levure à bourgeonnement, peu résistante (température optimale 28°), que sur celle à scissiparité (température optimale 32°). Le distillateur doit donc s'efforcer d'éviter les températures excessives et de rester si possible au-dessous de 35°C.

Les principaux moyens dont on dispose pour contrôler la température sont : le choix d'un emplacement convenable, frais et aéré, pour l'établissement de l'atelier de fermentation ; l'emploi de cuves de capacité modérée ; le réglage de la concentration en sucre ; enfin la réfrigération des moûts.

Lorsque la composition a été faite à l'aide de vinasse chaude, il est nécessaire de refroidir le moût avant de l'envoyer en cuverie. On utilise à cette fin, dans les distilleries modernes, des réfrigérants tubulaires. Ceux-ci, dont il existe de nombreux modèles (Venuleth et Ellenberger, Egrot et Grangé, Paucksch, etc) sont constitués essentiellement par un faisceau de tubes, à l'intérieur desquels circulent le moût, tandis qu'on fait passer de l'eau froide en sens inverse, dans l'espace intertubulaire. Lorsqu'il y a pénurie d'eau, on peut refroidir celle ayant déjà servi, par passage sur des aéro-refroidisseurs à fascines (bâtimens de graduation).

Le refroidissement des cuves se fait soit par ruissellement d'eau sur les parois (cuves en tôle), soit plus fréquemment à l'aide d'un serpentin à circulation d'eau froide, que l'on dispose à la partie supérieure de la cuve. Celui-ci doit pouvoir être démonté facilement pour être nettoyé.

Sous les Tropiques, la température de l'eau de réfrigération, située généralement aux environs de 25-28°, ne permet d'agir que faiblement sur la température de fermentation. Il faudrait, pour obtenir un refroidissement appréciable du moût ajouter à l'eau de la glace ou abaisser la température au moyen de machines à froid, ce qui constitue une opération trop coûteuse pour être pratique. Aussi en rhummerie, se contente-t-on généralement d'amener le moût à 28-30°, avant de l'envoyer en cuverie, sans chercher à le refroidir au cours de la fermentation. Il y a une vingtaine d'années, certaines distilleries industrielles de la Martinique avaient installé dans les cuves des serpentins pour la réfrigération. Ces appareils, qui présentent l'inconvénient de réduire la capa-

cité des cuves et d'exiger de fréquents nettoyages, ont été partout abandonnés dans la colonie

Pratiquement, on évite les températures trop élevées en employant des cuves de capacité modérée (60.000 litres au maximum et très souvent beaucoup moindre) et en réduisant la richesse saccharine des moûts : 8-10 % en général, sauf dans le cas de fermentation lente, où le taux de sucre peut être porté à 15 %. Le procédé sans doute le plus pratique, consiste à appliquer la méthode par coupage, en réglant le coulage de façon que la densité se maintienne constante dans la cuve de fermentation : dans ces conditions, l'élévation de la température est très faible.

Matériel et atelier de fermentation.

Capacité et nombre de cuves. — La grandeur des cuves de fermentation varie beaucoup avec les pays et les conditions de travail de l'usine.

Dans les débuts de l'industrie rhummière, on utilisait couramment, comme récipients à fermentation, les barriques de vin et les boucauts à sirop. L'usage de ceux-ci, malgré leurs multiples inconvénients, s'est maintenu dans les petites rhummeries des Antilles jusqu'à la fin du siècle dernier.



FIG. 22. — Atelier de fermentation d'une distillerie industrielle de St-Pierre, d'après Paicault.

Wray, en 1848, recommande des cuves de 1.000 à 1.500 gallons, ayant chacune la même capacité que la chaudière de l'appareil distillatoire (alambics discontinus). Ces cuves, construites en bois dur et au nombre de 20, doivent d'après l'auteur, être de préférence noyées dans le sol de façon à avoir une température de fermentation plus régulière et moins de fuites. Pour les garantir contre l'attaque des termites, on les enduit à l'intérieur d'une bonne couche d'un mélange de « doumier », de goudron et d'huile avec une petite quantité d'arsenic. « Ces citernes ou cuves sont alors, écrit Wray, disposées en lignes, séparées entre elles par un intervalle d'environ 2 pieds ; elles doivent laisser libre, au milieu du local réservé à la fermentation, un espace de 6 pieds de large sur toute la longueur de ce local. L'espace entre les cuves, aussi bien que le grand espace vide du centre, est comblé immédiatement avec de la bonne argile sèche, jusqu'au niveau du bord supérieur des cuves ; l'argile est fortement tassée, afin de le rendre ferme et solide ».

Les citernes à fermentation se sont maintenues à la Jamaïque, où elles tendent cependant à être de plus en plus remplacées par les cuves surélevées au-dessus du sol. La capacité de ces dernières est généralement faible : 3 à 4.000 gallons en général.

A la Martinique, les cuves utilisées à la fin du siècle dernier avaient également une faible capacité, aussi bien dans les grandes distilleries industrielles de St-Pierre que dans les rhummeries agricoles. « Il y en avait, écrit Pairault, de toutes dimensions, depuis 400 litres jusqu'à 2.000 et 2.500 litres, grandeur rarement dépassée. Les cuves de 700, 900 et 1.200 litres étaient les plus utilisées ». Il n'était pas rare de voir dans la même distillerie, et souvent dans le même atelier, des cuves de différentes grandeurs. Certaines rhummeries de cette époque ayant une forte capacité de production (3 à 5.000 litres de rhum par journée de 12 heures), il fallait multiplier outre mesure les cuves, dont le nombre atteignait parfois jusqu'à 400. L'espace étant limité à St-Pierre, on était souvent dans l'obligation de disposer les cuves sur 2 ou 3 étages superposés, séparés seulement par un plancher à claire-voie. Il va de soi que cette disposition était très mauvaise, car il était impossible de laver le plancher ou les cuves d'un étage, sans risquer d'infecter les cuves inférieures.

Aujourd'hui, on emploie aux Antilles françaises des vaisseaux beaucoup plus grands. Si dans les petites distilleries agricoles, on trouve encore des cuves de 2 à 3.000 litres, la capacité de celles des distilleries importantes varie généralement de 20.000 à 60.000 litres. Les plus utilisées sont les cuves de 10.000 (rhummeries agricoles), 20.000, 40.000, 50.000 et 60.000 litres (rhummeries industrielles). Leur nombre varie généralement de 8 à 12. Exceptionnellement, à la rhummerie du Galion, où l'on fabrique du rhum à grand arôme par fermentation de longue durée, on trouve 42 cuves de 10.000 litres.

Suivant Pairault, la capacité des cuves est, en Guyane anglaise, de 2.500 à 10.000 gallons (5.000 gallons le plus souvent) ; en Guyane hollandaise, de 18.000 litres ; en Haïti, de 200 à 10.000 litres ; à l'île Maurice, de 30.000 litres.

Calcul de la cuverie. — Ce sont les cuves moyennes qui se présentent comme les plus intéressantes au point de vue économique. Les petites cuves ont l'inconvénient d'être coûteuses (en raison de leur grande surface latérale), d'occuper beaucoup plus de place et d'exiger une main-d'œuvre abondante pour les manipulations. De plus, elles se refroidissent facilement, ce qui peut contrarier la fermentation lorsque la température ambiante, à certaines époques de l'année, n'est pas assez élevée. Par contre, dans le cas d'ensemencement spontanée, les fermentations y sont, sous les tropiques, plus rapides et plus régulières.

Les grandes cuves coûtent également plus cher que celles de moyenne capacité, du moins quand elles sont construites en bois. Elles exposent à des pertes considérables, en cas d'accident. Elles ont une tendance à s'échauffer beaucoup au cours de la fermentation. Enfin, le moût fermenté peut s'acidifier pendant la distillation et la vidange, qui sont longues.

Dans les grandes distilleries d'Europe, on considère que les cuves de 60.000 à 70.000 litres sont les meilleures, mais dans certains cas la capacité peut être portée jusqu'à 150.000 litres. Sous les tropiques, les cuves de 30.000 à 40.000 litres sont préférables, en raison de la tendance à l'échauffement ; il n'est pas indiqué de dépasser la capacité de 60.000 litres. Cependant dans les grandes distilleries brésiliennes, et notamment dans celle de Santa Teresinha, on utilise des cuves fermées, en fer, de 75.000 litres, mais celles-ci doivent être obligatoirement munies d'un dispositif pour le refroidissement.

Outre la quantité de moût à traiter et l'économie d'installation et de fonctionnement, diverses considérations peuvent intervenir dans la détermination du volume des cuves. Il convient notamment, lorsqu'on utilise des alambics discontinus, que la capacité de chaque cuve soit, suivant le nombre d'appareils dont on dispose, égale, double ou moitié de celle de la chaudière de l'appareil distillatoire, de façon à ne traiter que des moûts convenablement fermentés. Quand on amorce la fermentation par pied de levain, il importe que la capacité des cuves soit telle qu'on puisse commencer le chargement suivant le rythme

de la production des levains (toutes les 6 heures, par exemple). En cas de fermentation de longue durée, la capacité unitaire des cuves devra être plus faible et leur nombre plus élevé que dans celui de fermentation de courte durée, de façon à assurer le fonctionnement continu de l'usine, etc.

Le nombre de cuves est lié à leur volume par la formule suivante :

$$N = 1 + \frac{T J}{24 V}$$

où N est le nombre et V le volume des cuves, T la durée d'occupation d'une cuve (remplissage, fermentation, nettoyage) et J la quantité journalière de moût à traiter.

Dans le cas d'amorçage par cuves isolées, on prend généralement $J/N = 6$, lorsque J est très grand, et $J/N = 4$ lorsque J est plus petit (Lévy). Il faut en outre prévoir pour la préparation des levains, une ou deux cuves intermédiaires, dont le volume est généralement égal au tiers de celui des grandes cuves.

Lorsqu'on opère par coupage, la grandeur des cuves est un peu arbitraire, car on peut travailler avec un nombre variant de 5 à 12. Pérard, en se basant sur des considérations théoriques, arrive à conclure qu'il est préférable d'avoir en ce cas 10 ou 12 cuves.

Types de cuves — Jusqu'à ces 20 dernières années, les cuves en bois étaient à peu près les seules utilisées en rhumerie. Elles présentent l'inconvénient de favoriser les infections en raison de leur porosité (1), et d'être difficiles à nettoyer, le bois étant mauvais conducteur de la chaleur et la pénétration des antiseptiques étant lente. Pour éviter l'absorption du moût par le bois, on a recommandé de les badigeonner à l'huile de lin bouillante ou avec le vernis à la gomme laque, à la colophane et à la térébenthine.

Les cuves en tôle, faciles à nettoyer, tendent à être de plus en plus utilisées. Elles présentent l'inconvénient d'être attaquées par les acides du moût : le fer qui entre en solution peut dans certains cas exercer une action toxique sur les levures (Owen). Pour parer à cet inconvénient, on emploie plutôt aujourd'hui des alliages d'acier et de cuivre (environ 0.20 à 0.25 % de cuivre). Ce dernier métal tend, d'après Weiner, à maintenir le fer oxydé à la surface de l'acier et à produire par suite un enduit très résistant à la corrosion. L'acier inoxydable convient remarquablement pour la construction des cuves, mais son prix de revient est encore trop élevé.

Dans quelques vieilles distilleries de l'Amérique du Sud, on rencontre des vaisseaux de fermentation entièrement en cuivre. Ce métal présente aussi le défaut d'être attaqué par les acides de moût. Or, les sels de cuivre, à la dose de plus de 28 mg par litre, gênent beaucoup la reproduction de la levure et déterminent des fermentations languissantes.

Les cuves en pierre et en ciment sont parfois utilisées, mais elles sont à déconseiller. La pierre est rugueuse et pleine de petites cavités difficiles à nettoyer. Le ciment a l'inconvénient d'être poreux et de donner naissance pendant longtemps à des suintements alcalins.

L'alimentation des cuves se fait encore souvent, surtout dans les petites distilleries, par des noçères en bois à section carrée ou rectangulaire. Ces conduites, qu'il est presque impossible de désinfecter convenablement, sont à proscrire formellement et à remplacer par des tuyaux métalliques, de préférences en cuivre. Ceux-ci doivent, pour éviter les accumulations de germes, pouvoir être démontés facilement et ne pas présenter de coudes brusques.

Nettoyage des cuves — Le nettoyage des cuves est souvent très sommaire et limité au rinçage avec quelques seaux d'eau. Lorsqu'on travaille avec des levains purs, il est nécessaire d'effectuer une désinfection plus sérieuse, en les badigeonnant, par exemple, avec un lait de chaux et en terminant par un

(1) Lamer a trouvé des levures sauvages et des moisissures jusqu'à 5mm dans l'épaisseur des douves.

rinçage à l'eau pure. Si la pureté des fermentations laisse à désirer, il est préférable de recourir à des antiseptiques : hypochlorite de chaux à 5° Baumé, bisulfite de chaux étendu de 10 fois son volume d'eau, etc. Pour les cuves de bois, un des meilleurs désinfectants est l'acide sulfurique dilué. Eviter l'emploi de la soude ou de la chaux, qui altèrent les fibres du bois et rendent celui-ci spongieux.

Le nettoyage des canalisations doit se faire avec le plus grand soin, en y faisant passer la vapeur pendant au moins 3/4 d'heure, de manière à atteindre sûrement la température de destruction des microbes.

Atelier de fermentation — La salle dans laquelle sont installées les cuves de fermentation, ou *cuverie*, doit être claire, assez haute et convenablement aérée. Des orifices grillagés doivent être établis au niveau du sol, pour l'élimination du gaz carbonique, qui tend, en raison de sa densité, à s'accumuler dans les parties inférieures de l'atelier.

Il importe de placer les cuves sur des dés en maçonnerie, de manière à pouvoir les visiter facilement en-dessous et se rendre compte des fuites. Un plancher de service à claire-voie est établi à une hauteur convenable.

Le sol de l'atelier doit être imperméable, dallé ou cimenté, avec un écoulement facile pour les eaux de lavage. Les murs, construits généralement en pierres ou en briques, seront recouverts jusqu'à la hauteur des cuves d'un revêtement de ciment. On peut aussi les peindre au goudron ou au vernis émail.

Il est indispensable, pour obtenir des fermentations pures, que la cuverie soit maintenue dans un grand état de propreté.

Récupération de l'alcool et du gaz carbonique. — On tend de plus en plus, dans les grandes distilleries d'Europe et des Etats-Unis, à utiliser des cuves fermées, permettant la récupération des vapeurs d'alcool et du gaz carbonique.

Le gaz carbonique produit pendant la fermentation entraîne une quantité d'alcool relativement importante, due à la saturation du gaz par les vapeurs d'alcool. De plus, l'évaporation au contact de l'air, qui se manifeste surtout dans les cuves tombées, occasionne une perte dont l'importance peut être égale à la première. La température exerce une grande influence sur les pertes par évaporation qui doublent, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque l'on passe de 30 à 36° C.

Le procédé le plus efficace pour capter le gaz carbonique consiste à utiliser des cuves étanches, dans lesquelles on pratique la fermentation sous une légère pression (300-500 gr.).

L'alcool contenu dans le gaz capté est récupéré par absorption au moyen de charbon actif et distillation subséquente avec de la vapeur vive ; ou bien par lavage à l'eau dans une tour remplie d'anneaux Raschig, Kestner ou autres, au sommet de laquelle on fait arriver de l'eau en pluie. La quantité d'alcool ainsi récupéré atteindrait en moyenne, dans les distilleries agricoles de betterave en France, 1,4 l par hl d'alcool produit (Grimaud (1)). Sous les tropiques, où les pertes par évaporation sont sensiblement plus importantes (jusqu'à 10 % de l'alcool produit), par suite des hautes températures de fermentation, le taux de récupération serait beaucoup plus élevé.

Le gaz carbonique de la fermentation, dont la production atteint 44 kilogs environ pour 46 kg d'alcool formé, représente une matière première très économique pour la préparation de CO₂ liquide ou de neige carbonique. Cette dernière est l'objet d'une grande consommation aux Etats-Unis et pourrait avantageusement remplacer, dans les pays tropicaux, l'ammoniaque importée pour la production du froid.

L'installation nécessaire à la production de neige carbonique est constituée essentiellement comme suit : les cuves sont disposées par batteries de 3, pour-

(1) Divers procédés de récupération de l'alcool perdu en cuverie. C. R. 8^e Cong. Int. des Ind. Agr. 1935.

vues d'un collecteur commun, de façon à obtenir un courant de gaz régulier. Les gaz dégagés au début et à la fin de la fermentation sont envoyés dans l'atmosphère, et c'est seulement lorsque la concentration en CO_2 atteint 99.5 % qu'on les recueille. Ils sont d'abord soumis à un lavage à l'eau, pour les débarrasser de l'alcool, des aldéhydes, etc., entraînés. Puis, en vue d'éliminer les dernières traces d'impuretés organiques qui pourraient affecter l'odeur ou le goût de la neige carbonique, laquelle doit être inodore et sans saveur, on les fait passer dans un laveur alimenté par une solution de bichlorate de potasse, un second laveur à acide sulfurique, qui absorbe l'humidité, et une colonne renfermant du carbonate de soude déshydraté. Le gaz carbonique ainsi purifié est liquéfié par compression à 160-180 kg, puis transformé en blocs solides d'environ 55 lbs, par réfrigération et passage à la presse hydraulique. Le rendement en neige carbonique atteint 75-78 % du poids du gaz carbonique dégagé pendant la fermentation, soit environ 57 kg par hl d'alcool pur (Owen).

On peut également capter le gaz carbonique dégagé au cours de la fermentation dans des cuves ouvertes, soit par succion directe au centre de la cuve, au moyen d'une goulotte cylindrique terminée par une partie tronconique descendant un peu au-dessus du niveau supérieur de la cuve ; soit par débordement de gaz dans une couronne circulaire de 30 cm. de large sur 4 cm de profondeur environ, fixée autour de la cuve et dans laquelle les gaz sont aspirés par un ventilateur. En ce cas, la quantité d'alcool récupéré est de l'ordre de 0.8 l. environ par hl. d'alcool produit (Grimaud).

Dans les pays tropicaux, les installations pour la récupération de l'alcool et du gaz carbonique, sont rares. Toutefois, les centrales brésiliennes, qui fabriquent de l'alcool à haut degré ou de l'alcool anhydre à partir des mélasses de canne, sont pourvues de cuves closes à grande capacité, munies de laveurs pour la récupération de l'alcool. Il en est de même des grandes distilleries de mélasse des Etats-Unis, qui fabriquent en outre fréquemment de la neige carbonique.

Accidents de fermentation.

Les accidents qui se produisent dans la fermentation des moûts peuvent être dus à des causes physicochimiques (températures excessives, présence de certains sels, etc) ou à l'envahissement des cuves par des ferments nuisibles, dont le développement est favorisé par le manque de propreté, la mauvaise qualité de la matière première, une acidification sulfurique inadéquate, etc.

Fermentation languissante. — Le phénomène qu'on observe sans doute le plus souvent est la langueur ou même l'arrêt complet de la fermentation, avant la transformation complète du sucre en alcool. Suivant Arroyo, le taux normal des sucres résiduels dans les moûts de mélasse de canne serait compris entre 0.5 et 1.5 %. Une proportion plus élevée indique une fermentation incomplète.

De nombreuses causes peuvent intervenir pour amener le ralentissement de la fermentation. On peut signaler surtout : une densité de chargement trop forte ; une élévation excessive de la température ; un épuisement prématuré du moût en matières nutritives nécessaires à la levure et une proportion trop élevée de non-sucre vers la fin de la fermentation ; une diminution de l'activité diastasique de la levure, résultant d'un pH mal ajusté ou de la présence de certaines substances toxiques (sels de cuivre, acides formique, butyrique et citrique pré-existants dans la mélasse, ou produits par l'action de ferments étrangers, antiseptiques à doses trop élevées, etc...).

D'une façon générale, les cellules placées dans des conditions défavorables languiront et seront en dégénérescence. Ce n'est qu'après avoir déterminé quels sont les facteurs défavorables, que l'on pourra enrayer toute tendance à la fermentation anormale. Si celle-ci est due à l'épuisement du moût en matières nutritives par exemple, l'addition de sulfate d'Am, et éventuellement de phosphates solubles, déterminera un nouveau départ de la fermentation. Lorsqu'il y a à incriminer la présence de sels de cuivre, dissous au cours de la prépara-