

au rebut. Les rhums obtenus sont considérés sur le marché français comme nettement supérieurs à ceux de la Guadeloupe, où les méthodes de fermentation pure se sont maintenues, et bénéficient par rapport à ces derniers d'une plus-value intéressante. Beaucoup de distillateurs ont, en conséquence, conclu à la supériorité des procédés de fermentation spontanée, qui permettent d'obtenir un rhum plus corsé, à bouquet plus intense et plus caractéristique.

Ainsi que l'a fait remarquer, avec juste raison, Arroyo, les divergences de vue et les controverses ci-dessus sont dues à des malentendus et à des généralisations trop hâtives.

Tout d'abord, il apparaît bien démontré que les bactéries, ainsi que des levures sauvages et levures-moississures, jouent un rôle très important dans certaines fermentations rummières. Il en est notamment ainsi dans la fabrication des rhums à grand arôme et des rhums moyennement corsés à fermentation relativement lente. Par contre, l'action de ces microorganismes est faible ou nulle dans le cas des rhums légers, obtenus par fermentation rapide, où interviennent exclusivement ou presque exclusivement les levures à bourgeonnement.

Dans ce dernier cas, les levures sélectionnées peuvent être utilisées avantageusement. « Nous ne saurions trop insister, dit Arroyo, sur le fait que si le bouquet et l'arôme de certains types de rhum sont renforcés par les bactéries, celles-ci ne sont cependant pas indispensables pour faire du bon rhum. En fait, dans le cas de certains rhums légers et à parfum très délicat, très en vogue à l'heure actuelle, l'intervention des bactéries au cours de la fermentation est indésirable et nuisible ». Pratiquement, de nombreuses rhumeries produisant des rhums peu corsés, ont mis en application les procédés de fermentation pure, particulièrement à Cuba, à la Guadeloupe, etc. Les échecs qui ont pu être éprouvés tiennent le plus souvent à ce que les levures n'ont pas été judicieusement choisies.

La question est plus délicate pour les rhums à grand arôme. La diversité des organismes et la complexité des réactions biochimiques qui interviennent dans les conditions de la pratique industrielle paraissent rendre « a priori » bien difficile l'emploi des ferments purs. La chose ne serait cependant pas impossible, d'après Arroyo, à la condition de ne pas se limiter aux *Saccharomyces* ou aux *Shizosaccharomyces*, mais d'associer à ceux-ci des bactéries et éventuellement d'autres ferments (moisissures, levures à voile, etc.), sélectionnés et multipliés par voie aseptique. L'auteur prétend être parvenu à obtenir des rhums à grand arôme type Jamaïque, en effectuant la fermentation au moyen d'une symbiose *Schizosaccharomyce Pombé* - *Clostridium saccharo-butyrificum*. Au lieu de 10-15 jours dans le procédé de la Jamaïque, la durée de la fermentation était ramenée à 2-3 jours.

Quoi qu'il en soit, la mise en application des méthodes de fermentation pure, surtout lorsque l'on se propose d'obtenir un rhum relativement corsé, demande des études préliminaires relatives à la sélection des levures, à la composition des moûts, etc., ainsi qu'un contrôle chimique et biologique rigoureux de la fabrication. Vouloir, comme cela se pratique trop souvent dans les rhumeries, effectuer des fermentations aseptiques sans la présence d'un chimiste averti, c'est s'exposer à de sérieux déboires.

Levains.

On appelle généralement *levain* un milieu où la levure doit se multiplier et s'acclimater avant d'être introduite dans les moûts. Dans un sens plus restreint, le terme désigne un milieu préparé avec des éléments différents du moût à faire fermenter, par opposition à *piéd de cuve*, que l'on applique quelquefois à un milieu de culture fait du moût lui-même.

Jusqu'à une époque récente, la fermentation des moûts de rhumerie se faisait généralement par ensemencement spontanée. Ce n'était guère qu'au début de la mise en marche de la distillerie ou bien dans certaines fabrications spéciales, comme celle de l'arak de Batavia, que l'on préparait des levains. Aujourd'hui, bien que l'ensemencement spontanée des moûts soit encore couramment pratiqué, les *levains naturels*, mélanges de levures préparés à partir de la canne ou des mélasses, et les *levains de levure pure*, obtenus avec un seul

germe, tendent cependant à être de plus en plus utilisés, surtout dans la fabrication des rhums légers. En distillerie de mélasse de betterave et de matières amylacées, l'emploi des levains est indispensable.

Ensemencement spontané.

En Guyane anglaise et à la Jamaïque, les fermentations rhummières se font toujours par voie d'ensemencement spontané. Dans le premier pays, le développement des organismes étrangers (microbes, levures sauvages, etc.), est empêché par l'adjonction au moût d'un antiseptique (généralement acide sulfurique). A la Jamaïque au contraire, on favorise la pullulation de ces organismes par des artifices spéciaux (prolongation de la fermentation, macération de certains éléments du moût en présence de bagasse, etc).

Aux Antilles françaises, particulièrement à la Martinique et dans les rumeries agricoles travaillant le vesou cru, la fermentation spontanée, sans emploi de levains, est aussi souvent pratiquée. Il en est de même à la Réunion. Dans ces colonies, comme en Guyane anglaise, le développement des ferments étrangers est contrôlé par l'addition d'acide sulfurique au moût.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, le vesou apporte toujours de la levure, provenant des cannes à sucre sur lesquelles elle existe, en compagnie d'ailleurs de toutes sortes d'autres germes (bactéries, moisissures, levures sauvages). La fermentation débute en conséquence bien et se poursuit rapidement (2-3 jours en général).

La mélasse, si elle n'est pas travaillée immédiatement, contient aussi des levures provenant des poussières de l'air. Le départ de la fermentation, au début de la campagne rhummière, est parfois difficile. Mais par la suite, la levure restant sur les parois des cuves permet d'obtenir une fermentation assez rapide. Cette rapidité est évidemment fonction de la quantité de levure disponible. Elle sera plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, dans les petites que dans les grandes cuves, dans les cuves en bois que dans celles en tôle et dans les vieilles cuves que dans les cuves neuves.

Pairault attribue la préférence accordée dans les anciennes distilleries industrielles de St-Pierre (Martinique) aux petites cuves (700 à 1.200 l.), au fait que celles-ci, ayant plus de levure disponible sur leurs parois par rapport à une même masse de liquide que les cuves de grande capacité, fermentaient plus rapidement et donnaient souvent un meilleur rendement. C'est pour une raison analogue que les cuves sont très sommairement nettoyées, par lavage au moyen de quelques seaux d'eau, après vidange du moût fermenté.

La durée de la fermentation d'un moût de mélasse normal est généralement de 4 - 6 jours. Elle peut s'abaisser toutefois (notamment en Guyane anglaise) à 2 - 3 jours, ou s'élever dans certains cas à 8 - 10 jours. Les moûts de vesou cuit et de sirop de batterie, qui ont été rendus stériles au cours de la défécation et de la concentration du jus, fermentent très difficilement, s'ils ne sont pas ensemencés. La durée de la fermentation est d'une huitaine de jours.

La fermentation spontanée présente l'avantage de donner des rhums plus corsés et plus aromatiques que les fermentations rapides, obtenues par ensemencement avec des levains purs. Ainsi, les rhums de mélasse produits à la Martinique au début du siècle, lorsque les fermentations spontanées étaient la règle, dosaient en général 400 - 600 d'impuretés par hl. d'alcool pur (Zizine), avec un taux d'esters de 100 - 200, alors qu'aujourd'hui à la Guadeloupe, où les ensemencement et les coupages sont couramment pratiqués, le coefficient d'impuretés est tombé à 200 - 350 et le taux d'esters à 30 - 60.

Cette méthode de travail présente malheureusement par ailleurs de sérieux inconvénients. Les fermentations sont longues, ce qui oblige à avoir une importante cuverie, et souvent irrégulières. Les accidents de fermentation, notamment l'infection acétique, sont à craindre. La qualité de l'eau-de-vie est variable, l'état d'équilibre qui existe entre les différents ferments étant susceptible de se modifier facilement. C'est un fait bien connu aux Antilles françaises que le rhum de vesou produit dans une distillerie donnée varie facilement d'une année à l'autre, et même au cours d'une campagne rhummière, sans qu'aucune modifi-

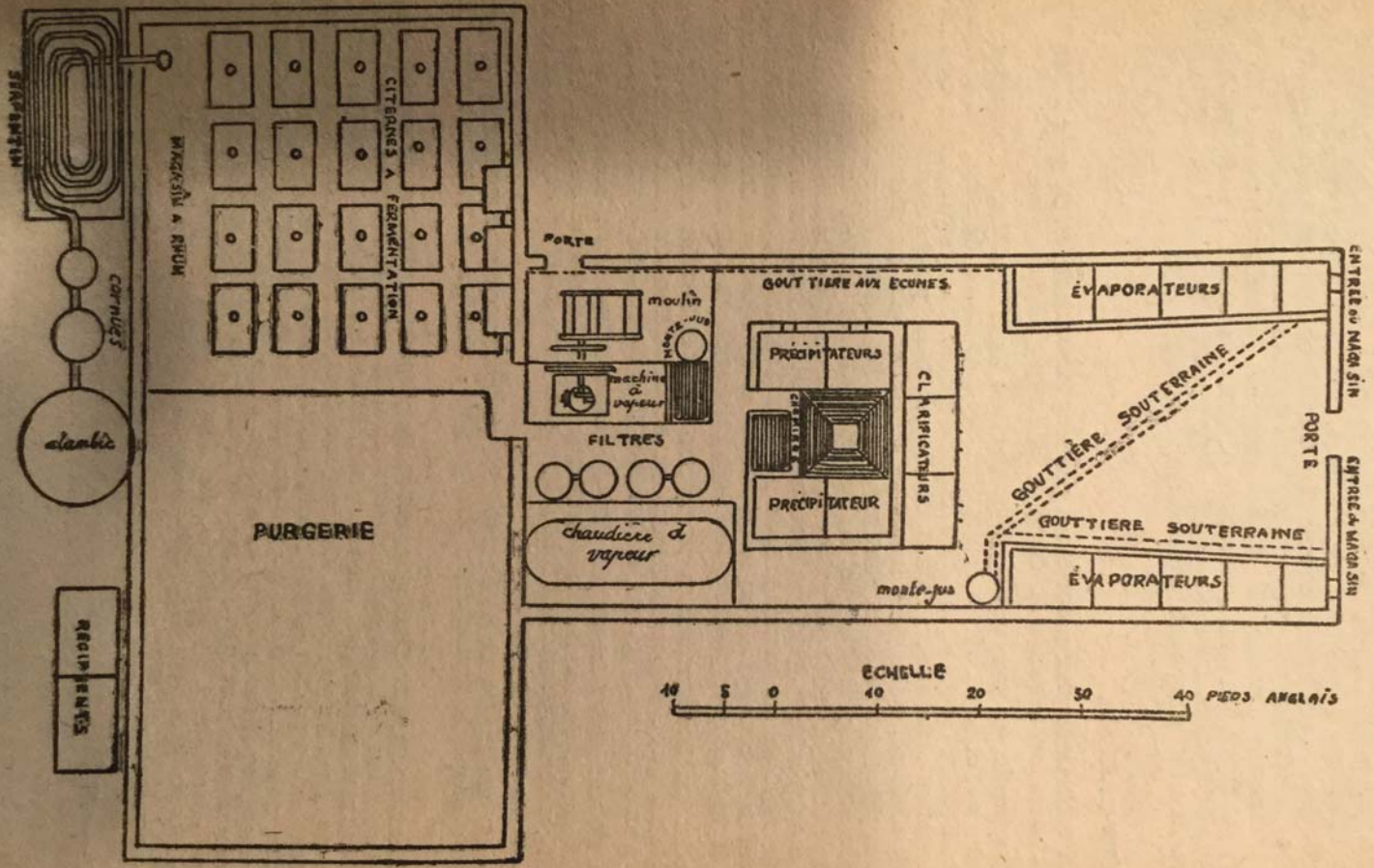


FIG. 18. — Plan d'une sucrerie-distillerie au XIX^e siècle; d'après Wray.

21 164

cation ne soit apportée à la technique de fabrication. Enfin et surtout, le rendement alcoolique est généralement très médiocre.

Pairault, par exemple, indique comme rendements moyens obtenus dans les distilleries de mélasse de la Martinique à la fin du siècle dernier, 75 à 80 % du chiffre théorique (coefficient de Pasteur), mais ces rendements étaient très variables d'une distillerie à l'autre. En travaillant avec des levures pures, cet auteur a pu obtenir une production de 20 % au moins supérieure aux rendements ordinaires. Tumang (1) signale avoir fait passer, dans une distillerie de mélasse du Brésil, le rendement moyen de 40.03 l. à 50.52 l. d'alcool par 100 kgs de sucres totaux, en substituant à la fermentation spontanée la fermentation par les levures pures, mais sans stérilisation des moûts.

Levains naturels.

L'emploi de levains naturels est pratiqué depuis longtemps, pour obtenir le départ de la fermentation au début de la campagne rhummière.

Charpentier de Cossigny écrivait, au début du XIX^e siècle, « Lors des expériences que j'ai faites sur la fabrication des eaux-de-vie de sucre, j'ai reconnu que les liqueurs contenues dans les cuves ou tonneaux n'avaient pas un degré de fermentation simultanée ; d'où il résulte que telles parties des substances qui y sont dissoutes fermentent avant les autres, et que les premières ont déjà passé le degré spiritueux, et sont parvenues à l'état acide, qui ne fournit point d'esprit ardens ; tandis que les secondes n'étant entrées en fermentation qu'après celles-là, n'ont pas encore le degré convenable à la distillation. Il faut donc employer les moyens que l'art peut suggérer d'approcher autant que possible du degré de simultanéité. Pour parvenir à ce but, je conseille de brasser souvent la liqueur qui est en fermentation, et d'y ajouter un levain qui l'accélère. Je vais indiquer plusieurs ferments qui rempliront l'objet que j'ai en vue :

« 1^o) On laissera dans la cuve qu'on vient de distiller un peu de grappe (c'est ainsi qu'on nomme la liqueur qui est en fermentation), et on la mélangera avec la nouvelle grappe, en brassant le mélange à plusieurs reprises ;

« 2^o) On peut faire couper plus de cannes qu'on n'en a besoin pour remplir la cuve ; on les tiendra exposées à l'air, et même au soleil, si l'on est pressé ; on les exprimera au bout de quelques jours et on versera leur suc dans la cuve qui contient la grappe ;

« 3^o) On mettra du vesou dans des chaudières qu'on entretiendra un peu tièdes ; lorsque la fermentation sera en pleine activité, on les versera dans la cuve... »

Ducœurjoly, à St-Domingue, indique la préparation d'un levain spécial, employé au début de la campagne rhummière, « Ce levain se compose, écrit-il, avec les bagasses qui tombent, en très petits brins, des baquets du moulin sur le terre-plein qui les environne. On les jette dans des futailles, où leurs qualités fermentescibles se développent ; les proportions sont de 5 baquets, de 5 gallons chacun, pour une pièce de 100 gallons, qu'on remplit ensuite d'eau ; on agite fortement, avec un brassoir, ce mélange au moins trois fois, et même plus souvent si on le peut, par vingt-quatre heures ; au bout de 30 heures la fermentation commence à s'y établir ». La liqueur claire, soutirée par un robinet placé au bas de la cuve, était utilisée dans la préparation des moûts, à raison de 10 % du volume de ceux-ci.

Porter (1830) signale que certains distillateurs trempaient des étoffes de laine dans les écumes récoltées à la surface des moûts, les séchaient soigneusement et les conservaient, pour être introduites dans les cuves, au début de la campagne suivante.

« Il arrive souvent, écrit Payen (2), que l'on active la fermentation, en même temps que l'on améliore la qualité du produit, en ajoutant à la dissolution de la mélasse du jus obtenu, à l'aide de la pression, des cannes plus ou moins altérées ou entamées sur pied par la dent des rats ».

(1) Sugar News XIII, 276, 1932.

(2) Traité complet de la distillation, 2^e éd. Paris, 1861.

Le mode de préparation des levains naturels est assez variable. Souvent on se contente de prendre du vesou que l'on maintient à une température modérée, parfois en présence de bagasse, et une fois le liquide en pleine fermentation, on l'introduit dans les cuves.

Quelquefois on ajoute au vesou, des jus de fruits et divers autres ingrédients. Dans les petites rhummeries du Brésil, par exemple, le levain se préparerait comme suit, d'après Godoy : On prend 50 - 60 litres de jus de canne, auxquels on ajoute des oranges surs, du son de maïs, de la paille brûlée, etc., et on porte le mélange près du feu, pour qu'il entre plus rapidement en fermentation. Le ferment préparé est envoyé dans la première cuve, qui procurera par la suite le levain nécessaire aux cuves suivantes.

Denys signale que dans les petites distilleries d'Amérique du Sud travaillant le sirop batterie, on ajoute au moût, pour mettre en marche la première cuve, une bonne quantité d'oranges surs ou de citrons, parfois quelques épis de maïs grillés. Les oranges aigres présentent l'avantage de fournir à la fois l'acidité et une levure très pure.

A la fin du siècle dernier, le procédé suivant était assez souvent appliqué à la Martinique, en distillerie de mélasse. Au début de la campagne, le premier levain était obtenu en faisant macérer de la bagasse dans du moût. Par la suite, on plaçait, dans un récipient disposé à côté des cuves, les écumes recueillies à la surface des moûts en fermentation et on y ajoutait 5 % de la mélasse fraîche. Au bout d'un jour environ, une fois la densité tombée de moitié, le levain était ajouté aux cuves venant d'être remplies. Au cours de la campagne rhummière, le levain était constamment alimenté avec de nouvelles écumes. Malgré les ensemencements, la fermentation était lente (5-6 jours en général), ceci étant probablement dû à ce que le levain ainsi préparé était constitué principalement par des levures hautes à scissiparité, peu actives.

Signalons aussi que les écumes de défécation, très utilisées autrefois en rhummerie et encore employées à la Jamaïque, constituent de puissants levains naturels, surtout quand on leur fait subir une fermentation préliminaire avant de les faire entrer dans la composition des moûts.

De Sornay décrit comme suit le procédé de préparation des levains en usage à l'île Maurice « Un petit barril de 15 à 20 l., rempli de solution de mélasse à 10° Baumé, est exposé à l'air pour permettre aux ferments qui s'y trouvent de se développer. On y ajoute parfois de l'avoine et des fonds de bouteilles de Porter. La fermentation établie, le praticien en charge augmente le volume du liquide fermenté, en le transvasant dans une barrique de 200 l. et en ajoutant constamment du nouveau liquide non bouilli à 10° Baumé. En général, 24 h. après la dernière charge, la fermentation est en pleine activité : il l'envoie alors dans les deux bacs à ferment, où au préalable il a fait délayer du sirop au degré voulu, 10°B. Certains distillateurs préfèrent cependant ensemercer d'abord un des bacs, puis, lorsqu'il est en pleine fermentation, en verser une certaine quantité dans l'autre. Au bout de 18 h., la masse est déjà à 4 ou 5°B, ils laissent alors écouler le liquide fermenté dans les cuves, où la masse est brassée. Le quantum de levure qu'ils jugent indispensable est en général de 2 bacs pour 4 cuves, et les 2 bacs ne sont pas vidés entièrement vu qu'ils en réservent une partie comme pied de cuve, qu'ils augmentent et préparent pour le lendemain matin. Au bout d'une quinzaine, quand les rendements commencent à baisser, ils renouvellent leur ferment, comme nous l'avons dit plus haut.

« Il est bon cependant d'indiquer un « modus operandi » assez différent de celui que nous venons de décrire. Certains distillateurs, dès le début, après avoir obtenu une masse fermentée par des sirops de 10°B, augmentent la concentration à 18, 19 et même quelquefois 20°B., de façon à empêcher partiellement la chute du degré. Ils paralysent par ce fait l'action du ferment, et plus il est vivace plus ils haussent la densité du sirop en incorporant moins d'eau. Ils augmentent alors comme d'habitude leur volume et transvasent dans les 2 bacs toujours à 20°B. Le lendemain, quand ils ensemencent les grandes cuves, le degré du liquide fermenté est souvent inférieur à 10 ou 12° Baumé ».

Le *ragi*, ou levain javanais, utilisé dans la fabrication de l'arak de Bata-

via, est l'objet d'une préparation tout à fait spéciale, que nous examinerons dans un autre chapitre.

De nos jours, on prépare assez souvent des *levains naturels purifiés*, à partir du jus de canne. Le vesou obtenu par le broyage de cannes mûres, est additionné d'un antiseptique (ac. sulfurique par exemple et abandonné à la fermentation spontanée. Celle-ci terminée, le sédiment de levure est utilisé pour faire fermenter à nouveau, en présence d'antiseptique, du jus de canne frais et stérilisé. Le processus est renouvelé plusieurs fois, jusqu'à disparition des bactéries, de façon à avoir un mélange de levures pures qui, réunies, possèdent des propriétés que l'on ne peut trouver dans les races isolées. La propagation ultérieure des levains se fait par les méthodes ordinaires.

Ce procédé a été utilisé à la distillerie de Santa Therezinha, à Pernambuco (Brésil), avec beaucoup de succès. Les levains obtenus possédaient une vigueur exceptionnelle et pouvaient être employés pendant une période moyenne de 25 jours sans renouvellement. Le rendement en alcool des moûts de mélasse à 21-22° Brix s'élevait à 9,42 % (Lebedeff) (1). Ces levains présentent malheureusement souvent l'inconvénient de donner un rhum trop neutre, insuffisamment aromatique.

Levains de levure pure.

Les levains de levures pures sont assez couramment utilisés dans certains pays (Cuba, Etats-Unis, Guadeloupe, etc.) pour la production des rhums légers. Leur emploi en rhumerie, surtout si l'on veut obtenir un produit corsé, doit se faire avec beaucoup de discernement et après avoir minutieusement étudié, par des expériences de laboratoire et des essais semi-industriels, les caractéristiques de la levure choisie.

Sélection des levures. — Kayser, Bettinger et surtout Arroyo insistent avec juste raison sur l'importance primordiale du choix de la race de levure.

« Nos expériences nous ont montré, écrit Arroyo, que les facteurs qui interviennent dans la fabrication d'un rhum de qualité sont nombreux et variés, mais aucun ne joue un rôle aussi important que la sélection judicieuse de la race de levure la plus appropriée aux caractéristiques que l'on désire voir réalisées dans le produit fini. Une levure capable de provoquer la fermentation du jus de canne ou de la mélasse n'est pas nécessairement une levure à rhum. C'est faute d'avoir su reconnaître l'importance de ce principe de base que l'on a été souvent conduit à produire du rhum de qualité inférieure ».

D'après le même auteur, les levures à rhum peuvent être isolées soit de l'écorce de la canne elle-même, soit des produits obtenus au cours de la fabrication du sucre (mélasse, écumes). Le point important est de choisir une race bien adaptée au type de rhum que l'on veut fabriquer. D'une façon générale, les levures basses à bourgeonnement sont plus indiquées pour les rhums légers, tandis que, dans le cas des produits à grand arôme, les levures hautes à scissiparité donnent de meilleurs résultats. Mais pour avoir des renseignements précis, il faudra recourir à l'expérimentation directe : après avoir isolé plusieurs races de levure, on les essaiera à l'usine, de façon à obtenir une race tout à fait satisfaisante.

On pourra aussi employer avantageusement, dans certains cas, des levures ayant une autre origine que la canne ou ses produits. Ainsi Ficker et Szügs, au Brésil, et Arroyo lui-même à Porto-Rico ont obtenu de bons résultats avec le *Schizosaccharomyces Pombé*. Certains rhums des Antilles françaises ou de Cuba d'excellente qualité sont produits à l'aide de levures de vin. Le plus souvent toutefois, les eaux-de-vies ainsi fabriquées n'ont plus le bouquet typique du rhum, ou bien ce bouquet est-il très atténué. Nous avons pu apprécier la finesse de certains rhums de vesou de la Martinique, dont l'arôme rappelait celui de l'eau-de-vie de marc ou de cognac. Mais ce n'était plus à proprement parler du rhum, au sens des gourmets. Les « eaux-de-vie de canne » peuvent être bien acceptées sur le marché local ou même sur certains

(1) Arch. Inst. Pesq. Agron. 1, 74, 1938.

marchés extérieurs (Etats-Unis), où elles servent surtout à la confection de cocktails. Par contre, elles ne conviennent pas pour l'exportation en Europe, où l'on demande un produit corsé, à bouquet de rhum bien caractérisé, en vue de la préparation des grogs et punches chauds. En France notamment, on a tendance à les considérer comme des succédanés inférieurs des eaux-de-vie de vin ou de marc.

D'après Arroyo, une levure à rhum doit remplir les conditions suivantes : a) donner un bon rendement alcoolique en un laps de temps raisonnable (24 à 48 heures à partir de l'ensemencement) ; b) permettre d'obtenir un distillat de composition chimique bien équilibrée, riche en huile de rhum, possédant le goût, le corps et l'arôme caractéristiques du rhum ; c) produire un rhum susceptible d'acquérir le degré de maturité convenable en un temps relativement court, soit au bout de 6 à 12 mois de vieillissement.

D'autres points importants à considérer sont : l'aptitude de la levure à supporter les hautes températures de fermentation, la résistance aux concentrations alcooliques relativement élevées du milieu et, dans le cas de la fabrication des rhums corsés, la tolérance de la levure vis-à-vis des acides gras qui existent dans le moût en proportions relativement fortes.

La sélection des levures est en conséquence une opération complexe, qui suppose de nombreux essais et analyses pour permettre de se rendre compte si une race donnée possède bien les propriétés voulues. Arroyo a constaté que les différentes races qu'il a examinées montraient, en ce qui concerne la réalisation des conditions ci-dessus indiquées, une grande variabilité et qu'il était très difficile de trouver la levure idéale qui les remplisse toutes convenablement.

Bien que moins importante, suivant Arroyo, que la race de la levure, la composition du moût, en ce qui concerne notamment la densité, l'acidité et le prétraitement de la matière première, joue cependant un grand rôle dans l'obtention d'un rhum de qualité, vieillissant rapidement. Cette composition doit être soigneusement ajustée aux exigences de la race de levure utilisée, si l'on veut que celle-ci réalise pleinement ses possibilités de production d'un rhum aromatique.

L'association de plusieurs levures, de propriétés différentes, apparaît susceptible de faciliter dans certains cas la fabrication du type d'eau-de-vie recherchée.

Vandevelde (1) conclut les travaux qu'il a effectués sur la symbiose des levures, que les mélanges de races donnent, dans les industries de fermentation, de bien meilleurs résultats que l'emploi d'une levure unique. Des constatations analogues ont été faites en vinification et en cidrerie (Müller-Thurgau, Kayser), ainsi qu'en rhummerie (Kayser, Arroyo). Mais la difficulté consiste à déterminer les mélanges qui permettent l'établissement d'un équilibre stable, et ensuite l'état d'équilibre qui correspond à la production d'une eau-de-vie de qualité.

Des cas d'équilibre naturel ou de symbiose ont bien été signalés à diverses reprises. Ainsi Will cite l'exemple de deux races de levures différentes, qui se sont maintenues pendant 12 ans, sans modification appréciable de leurs caractéristiques individuelles, dans un levain de brasserie. Van Laer a aussi noté le cas d'un levain de fermentation haute de brasserie, dans lequel se développaient en symbiose une levure du type *cerevisiae*, une *torula* et, en moindre proportion, deux levures du type *pastorianus*. Comme exemples de symbiose entre levures et microbes, on peut signaler : la fermentation du « tiby », boisson alcoolique du Mexique, qui serait provoquée par l'association du *Saccharomyces Radaisii* et du *Bacillus mexicanus* (Lutz) ; la fermentation du « leben », lait fermenté d'Egypte, due à deux levures, *Saccharomyces lebenis* et *Mycoderma lebens*, et à une bactérie, *Streptococcus lebenis* (Rist et Houry).

De telles associations sont toutefois exceptionnelles. Lorsque l'on utilise, dans les industries de fermentation, des mélanges de levures pures, il est rare

(1) Rev. Gen. Chim. XVIII, 88, 1915.

qu'un équilibre stable s'établisse entre celles-ci : l'une des races prédomine presque toujours sur les autres. D'autre part, certaines associations donnent de mauvais résultats : il en est ainsi notamment du mélange des levures actives avec les variétés *Pombé*, *Logos*, *Frohber*. Les associations *Pombé-Logos*, *Pombé-race XII* (de Berlin) ont donné à Komarowa (1) les meilleurs rendements en alcool, dans la fermentation des moûts des pommes de terre.

Pratiquement, en raison de l'incertitude de nos connaissances sur le développement des diverses levures en mélange, on est le plus souvent obligé soit de renouveler très fréquemment les levains, soit de propager séparément les races et de les mélanger au moment de l'ensemencement des moûts.

Arroyo, à Porto-Rico, a obtenu des résultats intéressants, en utilisant, pour la fermentation des moûts de mélasse et de vesou, des levures pures en association avec des bactéries (*Clostridium saccharo-butyricum*, *Propionobacterium technicum*) ou de champignons à forme levure (*Oidium suaveolens*).

Il a mis au point le procédé suivant, dans la fabrication d'un rhum à grand arôme du type Jamaïque, en se servant, pour la fermentation de la mélasse de canne, de levures résistant à l'acidité (notamment de la race n° 501, appartenant au genre *Schizosaccharomyces*) en symbiose avec la bactérie butyrique *Clostridium saccharo-butyricum*.

La mélasse, après avoir été purifiée et stérilisée, ainsi qu'il a été indiqué antérieurement au « Prétraitement des moûts » (procédé Arroyo), est diluée de façon à renfermer un taux de sucres voisin, mais inférieur à 13 %. L'acidité du moût, ainsi que celle du pied de cuve, sont ajustées, de manière à ce que le pH soit compris entre 5.5 et 5.8. On effectue la fermentation dans une cuve métallique fermée, pourvue d'un système de réfrigération et d'un dispositif pour assurer l'agitation du liquide (agitateur mécanique ou système d'insufflation de gaz carbonique ; éviter l'injection d'air qui contrarie le développement des bactéries anaérobies). Il convient aussi de munir la cuve des appareils nécessaires pour l'enregistrement de la température et du pH.

On introduit d'abord dans la cuve le levain (10 % du volume du moût), puis on fait couler le moût, en agitant doucement, de façon à assurer une répartition uniforme de la levure. La cuve remplie, on note le pH et on le rajuste, s'il y a lieu, à une valeur comprise entre 5.5 et 5.8, par addition d'acide sulfurique ou de lait de chaux. La température, de 30-32° C au départ, est maintenue au cours de la fermentation entre 30 et 33° (le rhum obtenu à des températures plus élevées est de moins bonne qualité).

Six heures après le départ de la fermentation, on effectue des prélèvements, renouvelés toutes les 2 heures, en vue de déterminer la teneur du moût en sucres et en alcool. Lorsque le taux d'alcool en volume est d'environ 3.5 à 4.0 % et que celui des sucres totaux par 100 cc. de moût est tombé au-dessous de 6.0 gr., on ajoute le levain de bactéries, après avoir ramené, s'il y a lieu, le pH à 5.5-5.8. En agitant doucement, on introduit dans la cuve le levain, dans la proportion de 2 % environ du volume du liquide en fermentation. Plus le rapport du nombre des bactéries à celui des levures est élevé, et plus le rhum est corsé. Mais si ce rapport dépasse notablement 1.5 (soit 2 % de levain bactérien pour 10 % de levain de levures), on risque d'obtenir de faibles rendements en alcool, la multiplication trop rapide de la bactérie limitant ou arrêtant le développement et l'action zymogène de la levure.

C'est pour la même raison que la température doit être soigneusement maintenue, après addition de la bactérie, aux environs de 29-30° C. Le pH demande également à être contrôlé pour qu'il ne descende pas au-dessous de 5.0 ; lorsque celui-ci tombe à 4.0, la bactérie perd son activité et sporule. La fermentation est généralement terminée au bout de 36 à 48 heures.

Le tableau ci-après donne quelques-uns des résultats obtenus, dans la fermentation de la mélasse de canne par la levure 501 seule (a) et la même levure en symbiose avec le *B. saccharo-butyricum* (b) :

(1) Mikrobiologija VI, 1067, 1937.

	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Durée de la ferm. (h.)	70.0	28.0	82.0	42.0	90.0	36.0	84.0	38.0	96.5	48.0
Sucres résiduaire (gr. par 100 cc.)	0.91	0.78	1.16	0.91	0.88	0.94	0.87	0.80	0.89	0.93
Alcool % sucres totaux	41.90	42.11	40.90	40.80	44.00	43.40	41.95	42.40	42.14	42.90
<i>Composition du rhum.</i>										
Alcool % en vol.	74.80	75.60	76.90	78.80	80.00	79.97	77.25	78.65	80.50	77.90
Acides totaux	69.10	73.00	31.27	33.50	58.10	62.40	55.00	57.00	29.10	27.70
Aldéhydes	50.50	41.90	61.80	65.40	51.80	54.90	41.80	36.40	31.70	34.20
Esters	89.40	162.20	108.10	384.40	92.50	176.00	96.80	347.20	79.95	177.10
Alc. supérieurs	72.30	33.70	90.15	66.90	86.24	45.60	100.20	80.00	91.80	74.50

En présence du *B. saccharo-butyricum*, la durée de la fermentation est considérablement réduite, ce qui paraît dû principalement à l'émission par la bactérie de radiations mitogénétiques, qui accroissent la rapidité de multiplication et le pouvoir zymogène de la levure. En outre, le taux des esters, l'arôme et le bouquet du rhum sont sensiblement accrus. L'eau-de-vie vieillit également plus vite. Par contre, il n'y a pas de différences significatives en ce qui concerne le rendement alcoolique, ni les sucres résiduaire du moût.

Arroyo a également utilisé un champignon imparfait, l'*Oidium suaveolens*, pour préparer des rhums de vesou corsés. Ce ferment, qui n'a que peu d'action sur les sucres, mais produit des esters aromatiques à odeur de pomme à partir des matières protéiques du moût, a été employé de 2 façons différentes :

a) Un moût de jus de canne stérilisé renfermant 12 à 15 % de sucre, a étéensemencé avec la culture d'*Oidium*. 24 à 72 heures après que la pellicule d'*Oidium* s'est formée à la surface du liquide, on a introduit le levain de levure (n° 764) et on a laissé la fermentation se poursuivre dans les conditions habituelles ;

b) On a fait d'abord fermenter le moût et on a introduit le levain d'*Oidium* vers la fin de la fermentation alcoolique.

Les deux méthodes ont donné des résultats satisfaisants, mais le rhum fourni par la première présentait un arôme et une saveur plus intenses. Ci-après quelques-uns des résultats obtenus par l'auteur (1-4 première méthode - 7-10 2^e méthode) :

	Fermentation N°							
	1	2	3	4	7	8	9	10
Brix initial	15.5	16.7	15.6	16.9	12.9	12.0	12.0	12.7
pH initial	6.00	5.75	5.78	6.09	5.46	5.53	5.46	5.34
Sucres totaux (gr. par 100 cc.)	13.96	15.17	13.23	15.27	11.84	11.20	11.34	11.90
Durée de l'action de la levure (h.)	42	78	48	96	26	46	45	36
Durée de l'action de l' <i>Oidium</i> (h.)	24	48	72	24	82	24	48	24
Durée de la ferm. (h.)	86	126	120	120	108	70	93	60
Brix final	0.5	1.2	2.2	2.8	0.01	0.5	0.3	0.0
pH final	4.58	4.80	4.87	4.57	4.50	4.73	4.80	4.77
Sucres résiduaire	0.46	0.91	1.16	1.36	0.60	0.60	0.60	0.18
Alcool % sucres totaux	41.46	37.44	36.35	38.43	43.03	44.80	44.05	45.33
<i>Composition du rhum</i>								
Alcool % en vol.	82.88	83.33	81.32	83.31	79.90	80.74	80.84	82.35
Acides totaux	18.2	11.9	18.7	17.4	13.3	10.0	6.9	7.2
Aldéhydes	83.5	67.2	53.4	69.5	100.05	81.3	94.6	65.2
Esters	172.0	119.3	75.8	166.7	113.5	90.4	88.2	66.3
Alc. supérieurs	152.0	168.2	148.2	194.0	325.0	248.0	293.9	191.2

Acclimatement des levures. — Il est souvent indiqué d'acclimater les levures aux conditions spéciales dans lesquelles elles doivent effectuer la fermentation, notamment aux températures élevées et aux antiseptiques. En distillerie tropicale, l'acclimatement aux hautes températures, utile dans le cas des levures des pays chauds, peut être indispensable pour celles originaires des régions tempérées.

Chaturvedi conseille d'opérer de la façon suivante. On prépare un moût à 20° Brix, avec de l'extrait de malt et de la mélasse par moitié, et on le dilue avec le quart de son volume de jus d'ananas fraîchement pressé (1). On ajoute la levure et on porte à l'incubateur à 32-34° pendant 24 heures. L'opération est répétée sur le levain pendant 10 générations environ. L'auteur a constaté que le pouvoir ferment diminue considérablement chez les premières générations, mais, à mesure que l'acclimatement se produit, la levure reprend sa force et peut même présenter finalement une efficacité plus grande qu'à l'origine. Il a pu ainsi habituer des races sélectionnées dans les régions tempérées à supporter des températures et des concentrations en alcool relativement élevées.

Lorsqu'on ajoute de l'acide fluorhydrique ou des florures aux moûts, il convient d'acclimater au préalable la levure à ces antiseptiques. Efront conseille, pour augmenter le pouvoir fermentescible de celle-ci, de préparer des levains renfermant une dose d'acide fluorhydrique double de celle du moût. En partant d'une levure non acclimatée, on pourra, dans une première opération, introduire 7.5 gr. d'antiseptique par hl. dans le levain et 4 gr. dans le moût ; dans une seconde opération, 10 gr. et 5 gr. ; dans une troisième 15 gr. et 7.5 gr., et ainsi de suite.

Préparation des levains (2).

La caractéristique d'un bon levain est non seulement de produire beaucoup de cellules, mais encore de donner une population adulte ayant achevé sa croissance, sans avoir cependant commencé la fermentation, laquelle ne doit avoir lieu qu'aux dépens du moût proprement dit. Le dégagement d'acide carbonique et la production d'alcool doivent donc être faibles.

Le *degré de multiplication* que l'on obtient dans un levain est assez faible : de 4 ou 5 dans le cas des levains riches, il tombe à 2 ou 3 dans celui des levains pauvres. Il dépend de la composition du moût, de la température et surtout de l'aération. La concentration en sucre n'influe pas, à moins qu'elle ne soit très forte, sur la quantité de levure formée. Par contre, celle-ci augmente avec la teneur du moût en azote, jusqu'à une certaine limite, qui dépend de la teneur en sucre et de la température. La richesse en azote de la levure s'accroît également dans le même sens, jusqu'à 0.5 % d'azote dans le moût. La levure ayant un pouvoir fermentescible d'autant plus grand qu'elle est plus azotée, il y a intérêt à ce que les moûts soient riches en matières azotées, à moins que l'on ne veuille avoir une fermentation très rapide (les levures à forte teneur azotée sont plus paresseuses que les autres). En Europe, les levains riches (levains de malt vert) dosent généralement 20 % de sucre et 0.5 % d'azote, et les levains pauvres 6-8 % de sucre et 0.15-0.25 % d'azote.

En ce qui concerne l'influence de la température, Pedersen a constaté que le premier jour le maximum d'accroissement avait lieu à 30°, le second jour à 13°, mais qu'au bout de 8 jours, l'accroissement total était le même quelque soit la température. Avec les levains qui fermentent en moins de 24 heures, les températures relativement élevées sont en conséquence avantageuses.

Pasteur a montré que pour obtenir une forte multiplication de la levure, il était nécessaire d'aérer celle-ci énergiquement. L'aération peut s'effectuer en soumettant la levure à des tamisages répétés, en la versant plusieurs fois de suite d'un vase dans l'autre ou en la battant avec un balai métallique. Mais il est encore préférable, pour éviter la contamination, d'insufler dans le levain

(1) Eoff et ses collaborateurs ont également observé que de la levure de vin cultivée dans un milieu renfermant du jus d'ananas frais acquérait la propriété de mieux tolérer de fortes doses d'alcool.

(2) Levy (L.) — Microbes et distillerie. Paris, 1900.