

## Introduction d'une levure à aptitude rhumière en fermentation de dérivés de la canne à sucre

F. VIDAL\* et A. PARFAIT\*\*

### RÉSUMÉ

Le rhum est l'alcool blanc le plus consommé dans le monde. Parmi les différents types de rhums, les rhums traditionnels sont sur tout produits dans les départements d'Outre-mer français. Aux Antilles françaises, la technologie rhumière a peu évolué. En distillerie, les pertes les plus importantes sont occasionnées dans les ateliers de fermentation. Depuis l'ouverture du marché européen, la protection des rhums français est moins importante et la concurrence devient inquiétante. La réduction des pertes et la régularité de productions devraient permettre aux industriels locaux de rester compétitifs. Dans ce contexte, une meilleure maîtrise des opérations dans les ateliers de fermentation est devenue nécessaire. Dans la collection de levures INRA, une levure répertoriée 493, adaptée au milieu à base de canne à sucre donne des résultats intéressants en distilleries industrielles. Avec des conditions de mise en œuvre très précises ayant recours à une technique d'ensemencement par levures sèches actives en cuve préfermentaire, les gains de productivité en alcool peuvent être évalués à 30 % ce qui aura une incidence directe sur le prix de revient du rhum. Les conditions de travail en usine seront aussi améliorées.

La diffusion de la levure 493 avec sa technique d'ensemencement est maintenant acquise pour la production des rhums de mélasse. En distillerie agricole, le problème est plus complexe car il faut prendre en compte les interactions entre les activités levuriennes et bactériennes.

### Introduction

Le rhum est le troisième spiritueux consommé dans le monde. Avec plus de 500 millions de litres d'alcool pur par an, il occupe 11,4 % du marché à égalité avec les liqueurs mais après les whiskies (28 %) et les brandies (14 %). Premier alcool blanc consommé, il progresse régulièrement de manière globale et reste, sur le plan commercial, un enjeu pour les grandes sociétés multinationales d'eaux de vie (1).

Aux Antilles françaises, la fermentation rhumière est traditionnelle depuis le XVII<sup>e</sup> siècle ; on y produit différents types de rhums selon la matière première mise en œuvre. Leurs itinéraires techniques sont présentés sur le schéma n° 1 (2). Comme le prévoit la législation française, ils sont tous issus d'une fermentation et d'une distillation de jus de canne ou de mélasse ou de sirop provenant de la fabrication du sucre de canne. D'un point de vue réglementaire, les rhums doivent aussi respecter des teneurs en « impuretés » ou éléments non-alcool (ENA) qui sont présentés dans le tableau n° 1.

\* Centre Régional d'Innovation et de Transfert de Technologie-Biotechnologie et Agro-industries de la Caraïbe, BP n° 52, 97152 Pointre-à-Pitre, GUADELOUPE-FWI.

Tableau 1 - Teneurs en éléments non-alcool des différents types de rhum

Matières premières :	Mélasse		Jus de canne
	industriel	léger	agricole
Éléments non-alcool (en grammes/HIAP)	> 225	60 < ENA < 225	> 225

Actuellement, sur le marché, les rhums de mélasse occupent une place prépondérante et plus particulièrement les rhums dits légers ; ce sont des rhums épurés par distillation extractive qui leur procure un goût très neutre. Ils sont ensuite utilisés pour des assemblages.

Les rhums agricoles sont produits exclusivement dans les départements d'Outre-mer français et pourront peut-être faire l'objet d'une protection particulière avec la mise en place d'une appellation d'origine contrôlée. Même si la production de rhums traditionnels semble marginale, ceux-ci restent très demandés sur le marché français pour leur typicité aromatique.

### État de la technologie rhumière en Guadeloupe

En Guadeloupe, la production annuelle de rhum est d'environ 8 000 000 de litres d'alcool pur (IAP) pour 12 distilleries,

ce qui représente une composante significative dans la rentabilité de la filière canne à sucre. La capacité des unités industrielles est variable, de 70 000 à 700 000 IAP pour les distilleries industrielles ((3), (4)).

La technologie rhumière a évolué mais parmi les principales étapes de fabrication, la fermentation est celle qui est la moins maîtrisée et qui génère les pertes les plus importantes.

Les fermentations sont soit spontanées soit activées par un ensemencement complémentaire de levures de boulangerie. Elles se déroulent en 20 à 48 heures sur des moûts non traités contenant 90 à 140 g/l de sucres et donnant des vins titrant de 4 à 6,5 % volume d'éthanol. Seules une addition d'azote et une acidification du milieu sont effectuées.

L'ensemencement des cuves de fermentation est réalisé selon différentes techniques : le procédé par cuve-mère (génération de levain sur milieu plus o

Schéma 1 - La fabrication des rhums

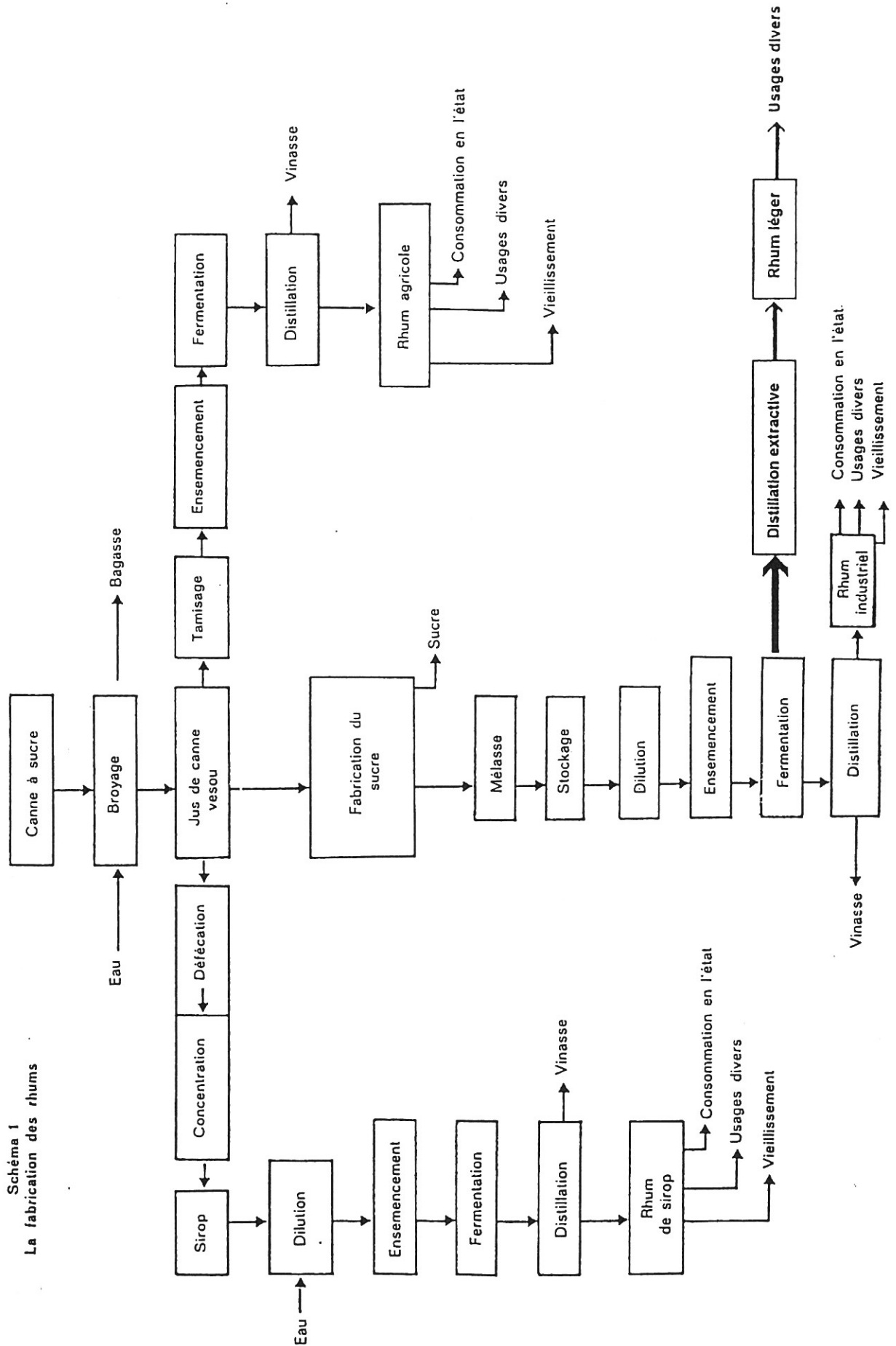


Schéma 1  
La fabrication des rhums

moins aéré à des concentrations en sucres voisines de 80 g/l), le fond de cuve (addition de moût frais sur un volume de vin non envoyé en distillation, riche en levures) et le coupage à partir d'une cuve en phase active de fermentation.

Quelles que soient ces techniques, les conditions de mise en œuvre du levain sont mal maîtrisées et les contrôles fermentaires en cours de fabrication sont, quand ils existent, difficilement inter-prétables.

L'introduction de levures de boulangeries (*Saccharomyces cerevisiae*) préconisée en 1969 par MÉJANE a permis de limiter les accidents de fermentation mais les rendements en éthanol obtenus en distilleries sont toujours faibles. Exprimés en litre d'alcool pour par kg de sucres réducteurs, ils sont de 0,52 pour la mélasse et de 0,47 pour le jus de canne alors que le rendement théorique selon PASTEUR est de 0,643 IAP/kg (5).

D'après TOURLIÈRE (6), une fermentation alcoolique bien menée doit conduire à un rendement au moins égal à 0,60 IAP/kg et tout distillateur devrait pouvoir se rapprocher de ce rendement pratique. ALARD et DE MINIAC (7) obtiennent des rendements de 0,62 IAP/kg sur mélasse de betteraves.

Les pertes en alcool sont coûteuses pour les distillateurs car elles se répercutent directement sur les prix de revient des rhums qui sont très élevés aux Antilles comparativement à ceux des autres pays producteurs.

Dans ce contexte, l'introduction d'une levure adaptée à la fermentation rhumière a été posée. Les objectifs sont multiples : augmentation de la maîtrise des fermentations, réduction des pertes en éthanol, limitation des contaminations bactériennes et amélioration des conditions de travail en distillerie.

## Introduction d'une levure sélectionnée en distillerie

Nous avons utilisé des levures de la collection INRA qui ont toutes été isolées dans des sites de production avant l'introduction systématique des levures de boulangerie.

Au cours de la sélection réalisée en laboratoire, une *Saccharomyces cerevisiae* répertoriée 493, s'est montrée la plus active pendant la phase initiale de fermentation de jus de canne et de mélasse avec un rendement en éthanol intéressant. Ces résultats se sont confir-

més lors de la comparaison de cette levure 493 à d'autres levures commerciales dont la levure de boulangerie utilisée en distillerie (8).

### Propriétés de la levure 493

Une méthodologie a été mise en place pour permettre de caractériser la souche au niveau microbiologique et biochimique, de comparer ses performances fermentaires avec celles d'autres levures, puis de définir les conditions de mise en œuvre au niveau industriel sous forme de levures sèches actives. L'objectif est de tirer le meilleur parti du potentiel fermentaire et des intérêts technologiques de cette souche. Les travaux ont été menés à trois stades : laboratoire, pilote et industriel.

levure de boulangerie (chiffre correspondant à celui annoncé au niveau industriel).

Pour confirmer les performances fermentaires de la levure 493, une nouvelle étude comparative a été mise en place au stade laboratoire. Des levures de la collection LALLEMAND ont été sélectionnées en fonction de leurs propriétés, soit à résister à des températures élevées, soit à supporter des milieux à fortes pressions osmotiques comme la souche n° 46 isolée par DE MINIAC de l'Union Nationale des Groupements de Distillateurs d'Alcool (10).

Les résultats figurant dans le tableau n° 3 entérinent les observations antérieures. La souche 493 avec la levure

Tableau 2 - Comparaison de levures en fermentation de mélasse au stade pilote

Levures	Application	Éthanol produit (°GL)	Durée fermentaire (heures)	RE/S (IAP/kg de sucres)	Pr Éth (g/l/h)
Saf levure	Panification	6,3	28	0,524	2,07
Fermivin	Œnologie	5,6	28	0,465	1,58
Fermichamp	Œnologie	6,3	24	0,524	2,07
Lalvin R2	Œnologie	6,3	24	0,524	2,07
Uvaferm PM	Œnologie	5,7	26	0,474	1,73
Uvaferm CGC62	Œnologie	6,5	23	0,541	2,23
493	Mélasse canne	6,7	22	0,558	2,4

Densité initiale 1065, température 32 °C, pH 4,5, 0,5 gl-1 d'ensemencement sous forme LSA.

RE/S : litre d'éthanol pur produit/kg de sucres consommés ; Pr Éth : éthanol produit gl-1/durée fermentaire.

La société LALLEMAND a été associée à ces opérations dans le cadre de la production de la souche 493 sous forme sèche active et dans l'étude comparative de cette levure avec des levures d'origines diverses appartenant à leur collection.

A l'échelle pilote sur milieu mélasse, des conditions expérimentales ont été établies en référence aux conditions industrielles (9). Nous avons d'abord validé les premiers résultats obtenus sur les capacités de la souche 493. Présentés dans le tableau n° 2, ils montrent que la souche 493 a des potentialités fermentaires intéressantes sur ces milieux. Comparativement à la levure de boulangerie, la levure 493 donne un rendement et une productivité en éthanol qui sont respectivement plus élevés de 6,5 % et de 18,2 %. Les rendements en alcool exprimés en IAP/kg de sucres réducteurs observés confirment que les conditions expérimentales sont proches de la réalité industrielle puisque nous obtenons un rendement de 0,524 pour la

n° 46 sont les plus adaptées à ces types de milieux ; elles donnent les meilleurs bilans fermentaires. En fin de fermentation, le niveau de population de la souche 493 est très élevé ce qui laisse à penser que son implantation et son maintien seront facilités au niveau industriel.

D'un point de vue biochimique et microbiologique, la levure 493 est une *Saccharomyces cerevisiae* var *cerevisiae* killer vis-à-vis de la souche S6 et neutre vis-à-vis de la souche 522D (toxine K2). Son pH et sa température optima de croissance sont de 4,5 et de 33 °C ce qui correspond aux conditions fermentaires moyennes en distillerie.

Le comportement fermentaire de la levure 493 a été plus spécialement étudié en fonction des paramètres densité et température qui représentent des contraintes industrielles.

En distillerie, la cuverie est rarement équipée de systèmes de refroidissement et il est fréquent de constater des élévations de température atteignant 36 à

Tableau 3 – Comparaison de levures en fermentation de mélasse au laboratoire

Levures	Application	Éthanol produit (°GL)	Durée fermentaire (heures)	RE/S (IAP/kg de sucres)	Pr Éth (g/l/h)
Lalvin 2226	Cœnologie	6,4	21	0,531	2,5
Lalvin WM	Cœnologie	6,5	20	0,544	2,58
Lalvin BC	Cœnologie	6,5	19	0,544	2,7
Vitilevure mix BC	Cœnologie	6,5	20	0,544	2,58
Lalvin 71B	Cœnologie	6,5	20,5	0,544	2,5
LM	Whisky	6,1	21	0,506	2,28
L 1400	Brasserie	6,1	23	0,506	2,08
46	Mél. betteraves	6,7	17,5	0,557	3
493	Mélasse canne	6,7	17,5	0,557	3

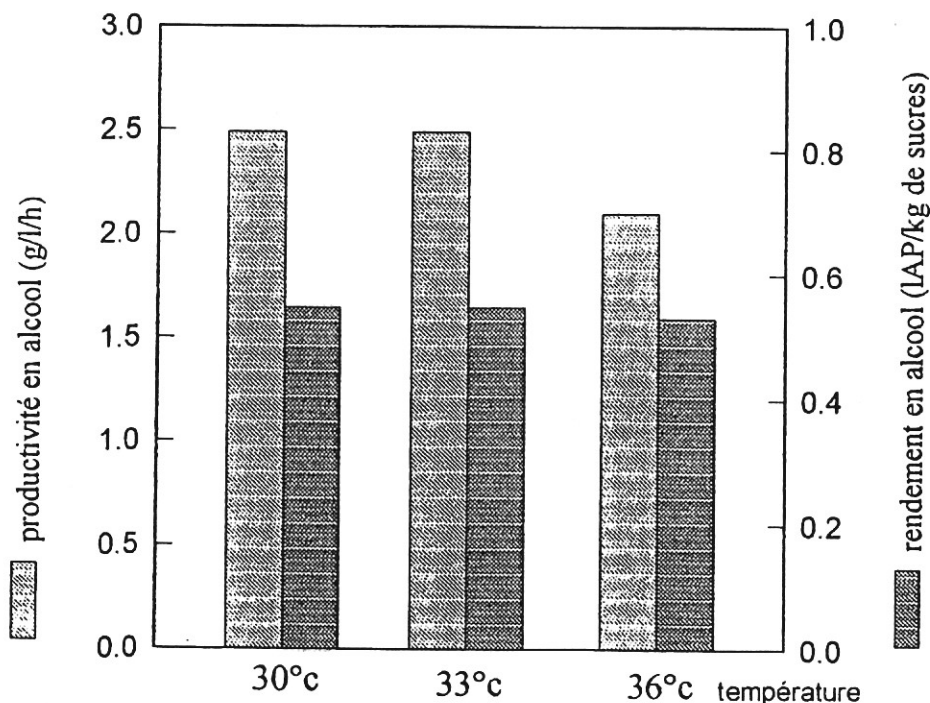
Densité initiale 1075, température évolutive de 32° à 35 °C, pH 4,5, levain liquide 0,5 gl-1.  
RE/S : litre éthanol pur produit/kg sucres consommés ; Pr Éth : éthanol produit gl-1/durée fermentaire.

Tableau 4 – Comparaison des bilans fermentaires entre deux procédés : cuve-mère/levure de boulangerie ; cuve préfermentaire/levure 493

Essais industriels	Levure de boulangerie	Levure 493 (INRA)
Technique d'ensemencement	Industrielle : cuve-mère	CRITT-bac : cuve préfermentaire
Nombre de cuves de 130 m <sup>3</sup>	Campagne 93 (~450)	24
Éthanol produit (°GL)	5,5	6
Rendements alcool en :		
IAP/kg de sucres	0,52	0,595
IAP/kg de mélasse	0,23	0,25
Durée de fermentation (h)	18	15
Productivité éthanol (g/l/h)	1,97 (a)	2,63 (a)

(a) : résultats calculés sur l'alcool produit en cuves fermentaires. Les cuves-mères ou les cuves préfermentaires apportent 1 °GL.

Figure 1 – Influence de la température sur la productivité et le rendement en éthanol



Fermentation de mélasse (120 g/l de sucres) avec la levure 493 en batch de 2 litres.

37 °C en fin de phase exponentielle de fermentation. Cette absence de régulation de température conditionne aussi les faibles valeurs des densités initiales des moûts (1070).

La levure 493, pour des températures de fermentation régulées à 30, 33 et 36°, conserve des bons rendements en alcool (figure n° 1). En revanche, les productivités en éthanol baissent de 18,5 % quand on passe de 33 à 36 °C, car à cette température, il se produit un ralentissement de la consommation des sucres en fin de phase fermentaire (figure n° 2).

Cette levure produit aussi, pour des moûts de concentration en sucres de 185 g/l (densité 1102), des vins titrant jusqu'à 9,1 % volume d'éthanol sans modification du rendement en alcool. Même si on observe une chute de productivité de 20 % quand on passe des concentrations en sucre de 120 à 185 g/l (figure n° 3), le temps de fonctionnement de la distillerie serait nettement diminué (environ 30 %).

De par son milieu d'origine, la levure 493 semble posséder une aptitude génétiquement acquise à se développer sur les milieux à base de canne à sucre. En introduisant cette levure, acceptant à la fois des températures élevées et des fortes pressions osmotiques, les durées de fonctionnement des usines pourraient être diminuées.

### Technique d'ensemencement de la levure

D'un point de vue industriel, la technique d'ensemencement est importante tant pour le déroulement de la fermentation que pour la qualité des rhums.

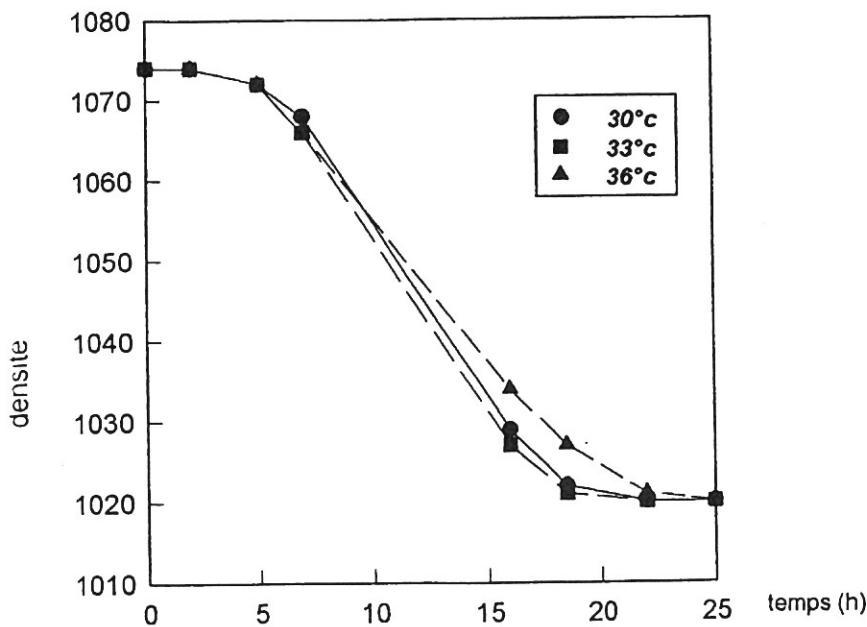
En distillerie de mélasse, la technique d'ensemencement la plus courante est la cuve-mère qui permet de générer un levain. Avec ce procédé, les quantités de levure mises en œuvre sous forme sèche sont faibles ; les niveaux de populations et les qualités des levains ne sont pas maîtrisés tout comme les risques de contamination.

Tout en considérant le critère financier, nous avons préconisé, après une série d'essais au niveau pilote sur les techniques d'ensemencement, un procédé qui prend en compte les phénomènes biologiques (exigences de la levure, qualité et quantité de levain, implantation de la souche, réduction des contaminations) et les conditions de travail en distillerie.

Ce procédé consiste à remplacer les cuves-mères par des cuves préfermentaires qui,ensemencées à des taux de

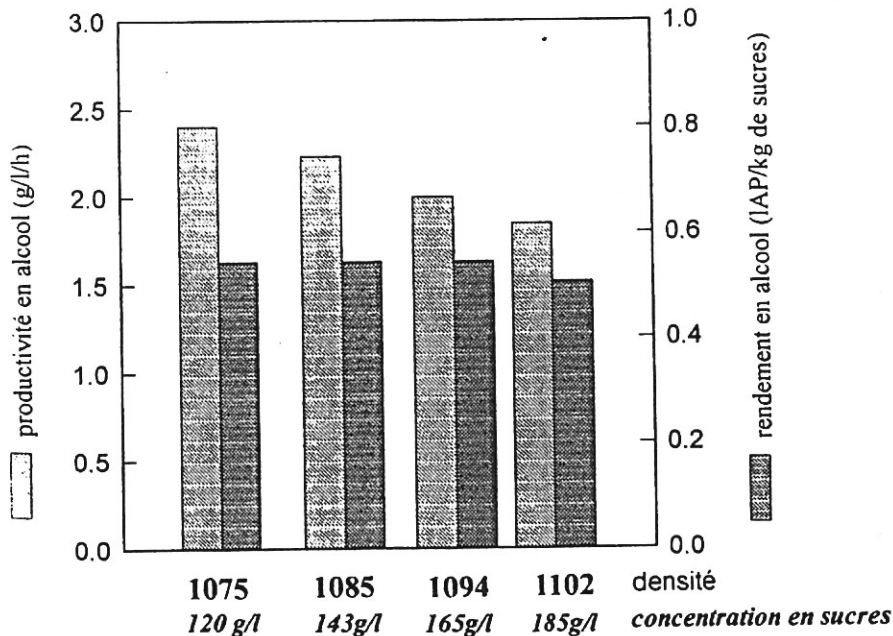


Figure 2 - Influence de la température sur la chute de densité



Fermentation de mélasse (120 g/l de sucres) avec la levure 493 en batch de 2 litres.

Figure 3 - Influence de la densité sur la productivité et le rendement en éthanol



Fermentation de mélasse (120 g/l de sucres) à 33 °C avec la levure 493 en batch de 2 litres.

0,5 g/l avec des levures sèches actives, permettent d'obtenir rapidement un niveau de population élevé de bonne qualité. Après l'envoi en cuve de fermentation (environ 25 % en volume), le remplissage progressif du moût frais protège des élévations excessives de température ce qui influera directement sur la productivité en éthanol.

#### Les essais industriels

Nous avons mené une semaine d'essais en distillerie industrielle sur l'ensemble

de la cuverie ce qui représente 24 cuves de fermentation de 130 m<sup>3</sup> chacune est la production de 190 000 IAP. La combinaison levure 493/cuve préfermentaire donne des résultats très satisfaisants (tableau n° 4). Les rendements en alcool (0,595 IAP/kg de sucres fermentescibles) ont considérablement augmenté. La teneur moyenne en alcool de vins de mélasse de 6 % volume d'éthanol (pour une concentration en sucres de 100 g/l) est très reproductible avec un coefficient de variation sur l'ensemble de la cuverie de 2 %. On peut estimer

qu'entre les gains obtenus sur le rendement en alcool (14 %) et sur le temps d'occupation des cuves (-17 %), le gain total de productivité de l'usine sera supérieure à 30 %.

L'implantation et le maintien de la souche 493, suivis par la technique de migration des chromosomes par électrophorèse en champ pulsé (11), sont supérieurs à 90 % en fin de fermentation avec un taux de viabilité de 100 % persistant durant la phase d'attente avant distillation.

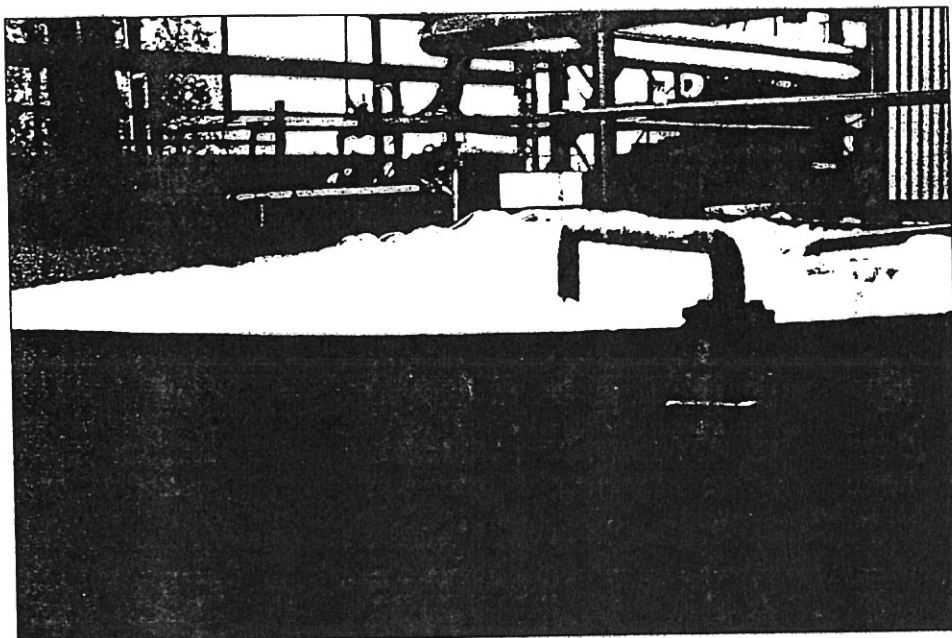
D'un point de vue qualitatif, les tests triangulaires de dégustation réalisés avec un jury de consommateurs montrent une homogénéité entre les différents lots de rhums produits avec la levure 493. Comparativement au rhum produit avec la levure de boulangerie, il possède un goût et un arôme équilibrés avec absence de mauvais goûts.

#### Conclusion

L'introduction de levures sélectionnées en fermentation rhumière n'a d'intérêt que si elle apporte une réduction des pertes dans l'atelier de fermentation et une meilleure fonctionnalité de l'usine. C'est le cas du procédé que nous recommandons (utilisation de cuve préfermentaire avec ensemencement de levure 493 sous forme sèche activé) qui donne de bons rendements en alcool et des gains intéressants en terme de productivité en distillerie industrielle ce qui aura une répercussion directe sur le prix de revient du rhum. L'organisation



Le rhum agricole, production représentative des Antilles.



L'industrie rhumière : une cuve de mélasse en fermentation.

du travail en atelier de fermentation sera facilitée avec l'utilisation d'un moult unique à une densité constante et une adéquation rationnelle entre la préparation des cuves préfermentaires et des cuves de fermentation. Les risques de contamination sont minimisés par l'absence de coupage des cuves entre elles et la production devrait se régulariser tant quantitativement que qualitativement.

Même si le procédé préconisé met en œuvre des quantités de levures sèches actives plus importantes que le procédé classique, on peut évaluer, dans le cas de la distillerie prise comme point d'appui industriel et dans ses conditions actuelles de fonctionnement, que la charge financière supplémentaire ne devrait pas excéder 10 % des profits obtenus avec l'utilisation combinée de la levure 493 et du nouveau procédé d'ensemencement.

Des études similaires sur jus de canne sont actuellement en cours. Une méthodologie sur la technique d'ensemencement devrait être proposée aux distillateurs respectant à la fois la qualité aromatique des rhums agricoles et les réductions des pertes en éthanol. Ici, le cas est plus complexe car la fermentation résulte d'une association levures-bactéries responsable de l'arôme tant recherché par les consommateurs avertis ; cette situation doit être prise en compte.

#### Remerciements

Nous remercions la société LALLEMAND SA, qui nous a fait bénéficier de ses compétences en matière d'introduction de levures sélectionnées en milieux fermentaires et qui a soutenu ces travaux en prenant en charge la mise au point de la technique de production industrielle sous forme sèche active pour la levure 493. Que M<sup>lle</sup> RAGINEL soit remerciée pour son assistance lors des études comparatives entre la levure 493 et celles de leur collection.

Nos remerciements s'adressent à M. le Professeur STREHAIANO et à P. TAILLANDIER du laboratoire de génie pour les bio-industries de l'ENSI-GC de Toulouse pour leur accueil et leurs encadrements technique et scientifiques au cours des études de vérification d'implantation des levures en sites industriels.

Nous remercions M. le Professeur GOMA et ses collaborateurs du Département de Génie Biochimique et Alimentaire de l'INSA de Toulouse qui ont mis les équipements de laboratoire à notre disposition pour certains travaux.

Nous remercions les distilleries de la Guadeloupe qui ont mis à notre disposition leurs installations pour les travaux à l'échelle industrielle.

Ces travaux ont été financés en partie par une aide européenne provenant du programme d'initiative communautaire STRIDE.

#### BIBLIOGRAPHIE

- (1) (1993). – Le rhum : un marché potentiellement très concurrentiel. Revue de l'union patronale de la Guadeloupe, décembre, 12-16.
- (2) PARFAIT A., SABIN G. (1975). – Les fermentations traditionnelles de mélasse et de jus de canne aux Antilles françaises. Ind. Alim., 92, 1, 27-34.
- (3) RANCE H. (1992). – Étude technico-économique de la filière rhum aux Antilles françaises. Rapport de stage CRITT-BAC Guadeloupe. IUT La Rochelle, 52 pages.
- (4) (1993). – TER Guadeloupe, éditeur direction interrégionale INSEE Antilles Guyane.
- (5) DESTRUHAUT C., FAHRASMANE L., PARFAIT A. (1986). – Technologie rhumière. Rapport de fin de convention INRA/Distillerie St James.
- (6) TOURLIÈRE S. (1985). – L'éthanol de fermentation : ses possibilités, ses limites. Ind. Agric. Alim., 6, 749-753.
- (7) ALARD G., DE MINAC M. (1985). – Recyclage des vinasses ou de leurs condensats d'évaporation en fermentation alcoolique des produits sucriers lourds. Ind. Agric. Alim., 102, 9, 877-882.
- (8) FAHRASMANE L. (1991). – Amélioration du rendement de la fermentation alcoolique sur milieu à base de canne à sucre. 1<sup>re</sup> rencontre internationale en langue française sur la canne à sucre. Montpellier, France.
- (9) VIDAL F., BONNEAU L., PARFAIT A. (1993). – Yeast and rum production : survey of some trials. Congress « Distilled beverage industry - Fermentation - Technology, 21-25 mai, Orlando. États-Unis.
- (10) DE MINAC M. (1987). – Sélection de souches de levures pour la fermentation alcoolique de milieux mélasses enrichis en non-sucre de vinasse. Ind. Agric. Alim., 5, 425-439.
- (11) BLONDIN B., VEZHINET F. (1988). – Identification de souches de levures œnologiques par leurs caryotypes obtenus en électrophorèse en champ pulsé. Rev. fr. œnol., 28, 7-11.