

Histoire & Recherches

Le rhum

Trente ans de recherches à l'Inra

Le mot rhum désigne les distillats alcooliques de bouche, provenant exclusivement de la canne à sucre, *Saccharum sp.* : jus, sirop, mélasse*, high-test molasses*. Le rhum, avec 2 milliards de litres produits annuellement, est la première eau-de-vie consommée au monde, autant que la vodka, plus que le whisky. La production de rhum ne constitue qu'une partie de la transformation de la canne à sucre, qui est en quantité la première récolte au monde, source de 75% du sucre produit mondialement.

Fleurs de canne à sucre.



Photo : G. Gravier

Le besoin de maîtriser la qualité aromatique des rhums traditionnels, d'objectiver des descripteurs, a conduit les producteurs de la Guadeloupe et de la Martinique, à solliciter la recherche. C'est en réponse à ce besoin que l'Inra a lancé des travaux à partir de 1971. Ils ont permis d'établir des connaissances en écologie microbienne, en chimie des rhums, ainsi que des procédés de traitement des effluents. Des acquis de l'Inra ont été pris en compte lors de l'instruction de l'AOC "Rhum Martinique" qui a abouti en 1996.

Le caractère aromatique est l'un des traits majeurs des rhums traditionnels des Antilles françaises, qu'ils soient à base de mélasse ou de jus de canne à sucre. La microbiologie des milieux de fermentation tient une place déterminante dans l'élaboration de l'arôme. De cette propriété, il résulte que plus de 40% du rhum consommé en métropole, l'est sous forme d'"aromate" dans les préparations culinaires variées. C'est là une forme de consommation qui pourrait croître et ne pose pas de problèmes de santé.

Éléments d'histoire sur la fabrication du rhum

La production de rhum est née en Amérique tropicale, après que les *conquistadors* espagnols y aient transféré la production sucrière en provenance du Bassin méditerranéen, il y a près de cinq siècles. Des productions, à base de mélasse, furent aussi développées

loin des aires de production de canne à sucre : il y avait 40 distilleries à Boston en 1807 et 2 à Liverpool en Angleterre, en 1765.

Aux Antilles françaises, la canne à sucre est cultivée depuis 1635. Elle l'a d'abord été dans les plantations de type esclavagiste qui perdurèrent jusqu'à l'abolition de 1848. La production de rhum a d'abord été développée comme voie de valorisation de la mé-

* Lexique

Alcools supérieurs : alcools plus lourds que l'éthanol, qui se retrouvent dans les distillats.

Blend : mélange de différents lots de production.

Catalyse oxydative : activation d'une réaction qui en l'occurrence conduit à une forme de composés soufrés non dommageable au goût du rhum.

Digestion méthanique : ensemble de réactions naturelles, se produisant dans les mangroves, transformant la matière organique essentiellement en gaz carbonique et en méthane.

Fermentation alcoolique : phénomène biologique de transformation des sucres en alcool (éthanol).

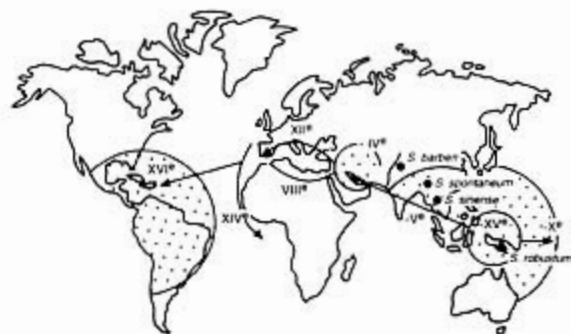
High test molasses : concentrés de jus de canne à sucre obtenus par évaporation du jus de canne, ayant été l'objet d'une hydrolyse partielle du saccharose pour limiter les phénomènes de cristallisation.

Laguage : méthode d'épuration biologique des eaux usées consistant à les laisser séjourner dans des bassins ou lagunes.

Mélasse : liquide sirupeux, résiduel, après extraction du saccharose, lors de la fabrication du sucre.

Moût : liquide sucré préparé à partir d'une ressource sucrée (mélasse, jus) afin de le faire fermenter.

Cartes de l'origine et de la diffusion de la canne à sucre



Diffusion de la canne noble, *Saccharum officinarum*, à partir de la Nouvelle-Guinée (▲) et centres d'origine des cannes primitives (●) (d'après Alexander, 1973). Les chiffres romains correspondent au siècle d'arrivée de la canne à sucre.



Diffusion de la canne à sucre et de la production sucrière dans le Bassin méditerranéen. — filière arabe, vers le VIII^e siècle ; — filière chrétienne, vers le XII^e siècle ; --- filière hispano-portugaise au XV^e siècle (d'après les données de Meyer, 1989). Cartes reprises du livre signalé dans la note 1.

¹ Ces étapes sont décrites dans "De la canne au rhum", que nous avons écrit avec B. Ganou-Parfait, paru à Inra Éditions (1997), 104 pages.

① Sucrerie

② Une plantation de canne à sucre
Planches extraites de l'ouvrage
*Histoire générale des Antilles habitées
par les Français 1635-1671*
(Dutertre, Paris, 1667-1671).

③ La flore médicale, F.P. Chaumeton,
Chamberet et Poirer, peinte par P.J.F. Turpin,
Ed. CLE Panckoucke, 1816, Paris.



lasse, résidu de la fabrication du sucre. Pendant longtemps, le rhum ne fut donc qu'un produit secondaire de la fabrication du sucre. La mélasse est actuellement une

matière première de choix pour de nombreuses productions biotechnologiques : bio-éthanol, biomasse, acides organiques... L'utilisation du jus de canne à sucre pour la fabrication de "rhum agricole" est apparue vers la fin du XIX^e siècle.

Dans les plantations coloniales, à chaque sucrerie était annexé un atelier de fabrication de rhum, appelé "vinagerie" utilisant les mélasses sortant de cette sucrerie. Lors de la fondation des grandes usines centrales, au XIX^e siècle, un certain nombre de petits propriétaires ne pouvant arriver à faire d'aussi bons sucres que ces usines, et ne voulant pas leur vendre leurs cannes, songèrent à transformer leurs récoltes en rhum, en faisant fermenter et distiller le jus même de la canne ou vesou. Cette nouvelle matière première a constitué une première modification significative au procédé primaire. Elle fut, en 1883, à l'origine des «distilleries agricoles» fabricant un rhum dit "rhum de vesou" et désigné sous les noms de : "Grappe blanche", "Rhum habitant". Entre la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle, le souci de satisfaire à des contraintes économiques de production et de commercialisation a conduit à de nouvelles pratiques de fabrication des rhums :

- le passage de l'alambic à la colonne à distiller
- l'utilisation d'eau, à la place des vinasses pour la dilution des moûts*

- la tentative avortée de cultures pures de levures, dans la fabrication de rhums traditionnels

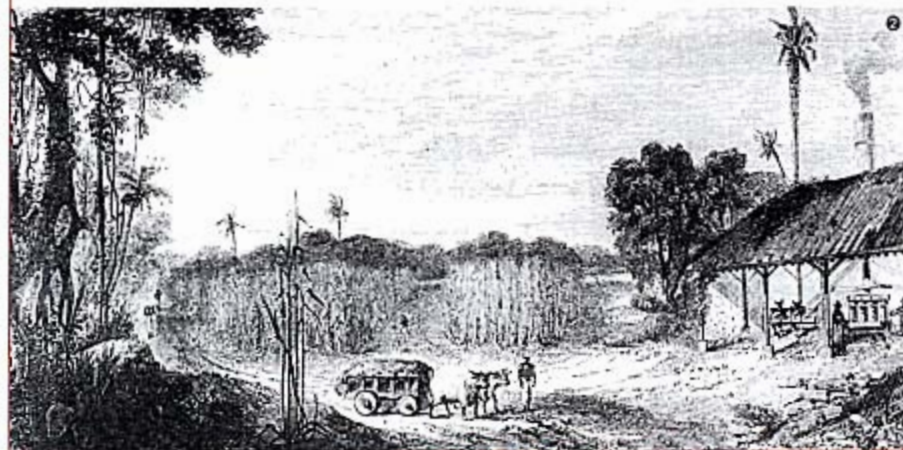
Deux conséquences marquantes de ces évolutions ont été :

- la disparition des levures du genre *Schizosaccharomyces* de la plupart des milieux de fermentation, et l'émergence spontanée de celles du genre *Saccharomyces*
- l'émergence du rhum de type léger (voir l'encart sur les types de rhum), vers 1870, à Cuba, fabriqué par Facundo Bacardi.

La fabrication des rhums fait intervenir successivement différentes opérations : l'extraction du jus des tiges de canne, la "composition" des moûts à partir du jus extrait ou de la mélasse consistant à charger dans la cuve les divers ingrédients, l'ensemencement des moûts, la fermentation, la distillation et la maturation des distillats¹.

Originalité des rhums traditionnels

La production de rhum des débuts et jusqu'au XIX^e siècle faisait intervenir des fermentations alcooliques spontanées, où on laissait donc faire la nature. Elles duraient une à deux semaines et étaient le fait de germes microbiens ayant résisté aux divers traitements du jus dans la sucrerie (concentration, cuite des sirops), de ceux apportés d'une part, par les fermenteurs en bois utilisés, et, d'autre part, par les vinasses (eaux résiduelles de distillations antérieures) de dilution des moûts. Ces eaux résiduelles étaient fermentées par une flore bactérienne acidifiante lors de leur stockage qui pouvait durer plusieurs semaines. Les moûts obtenus étaient acides et avaient une forte pression osmotique. Au cours de la fermentation, une abondante flore bactérienne acidifiante se manifestait donc à côté de levures du genre *Schizosaccharomyces* seules capables d'être actives dans de tels milieux. Ces cultures mixtes avaient une productivité faible et généraient des produits corsés. Le rhum obtenu était du type grand arôme. Cette production particulièrement aromatique est aujourd'hui marginale. Le produit est utilisé essentiellement comme bonificateur et comme ingrédient culinaire.



Actuellement, l'essentiel des rhums traditionnels produits, le sont à partir de mûts dilués avec de l'eau potable, au lieu des vinasses. Les fermenteurs en bois ont été remplacés par des cuves métalliques, plus faciles à nettoyer. La fermentation dure 24 à 30 heures. Parallèlement, les teneurs en sucre des milieux de fermentation ont été réduites. Les cultures mixtes levure-bactérie développent leur activité dans des milieux qu'il faut acidifier et compléter en azote pour assurer leur fermentescibilité. Le caractère aromatique des rhums traditionnels a été maintenu. Il est un facteur déterminant de leur utilisation culinaire.

En France près des 2/3 du rhum commercialisé sont utilisés comme ingrédient culinaire et boisson chaude. L'ampleur de ces formes d'utilisation du rhum traditionnel est une singularité. La fabrication et la com-



La culture de la canne fut d'abord une culture vivrière, à très petite échelle, dont les morceaux étaient sucés, afin d'en extraire directement dans la bouche le jus sucré. Au-delà de l'échelle des cultures vivrières océaniques, c'est une production agricole qui a acquis au cours d'une phase proche-orientale et méditerranéenne jusqu'au Moyen Âge, un caractère industriel : nécessité de disponibilités importantes de capitaux, tant pour le foncier, l'équipement, que de fonds de roulement pour l'entretien des cultures et du matériel. S'y ajoutait une main d'œuvre abondante, peu ou pas rémunérée, d'où un fort lien avec l'esclavage qui ira croissant jusqu'aux abolitions du XIX^e siècle. Christophe Colomb transporta le premier la canne à sucre aux Antilles, à Saint-Domingue, lors de son deuxième voyage en 1493. Il épousa l'une des filles d'une grande famille noble qui dominait l'île sucrière de Madère : les Perestrello qu'il rencontra lors d'un voyage, à Madère, pour y acheter du sucre.

La redécouverte de la fertilité de la canne, dans la décennie 1880 fut à l'origine d'initiatives scientifiques d'hybridation de canne, à travers des croisements intraspécifiques et interspécifiques. Les variétés modernes sont issues exclusivement d'hybridations. Le produit de ces croisements donne des rendements élevés et un important potentiel de qualités sucrières. Les critères de sélection incluent des caractères agronomiques, le taux de sucre, de fibre, la facilité de récolte, la résistance aux maladies, des caractéristiques environnementales. Les critères industriels pris en compte pour la sélection variétale de la canne à sucre sont relatifs à la sucrerie : la production d'un végétal le plus riche possible en saccharose, avec le minimum d'autres composés solubles (non sucrés). Or, en fermentation alcoolique, le non sucre (minéraux, vitamines, azote...) constitue un facteur important de la nutrition et de l'efficacité fermentaire des levures et de la formation des produits secondaires aromatiques. La canne à sucre est une plante vivace dont la reproduction est assurée par bouture. Son aspect général rappelle quelque peu celui du roseau ou du maïs. Son aire de culture se trouve dans les régions à climat tropical et subtropical, chaud, humide et ensoleillé. La récolte est généralement annuelle, elle est bisannuelle à Hawaï. C'est dans la tige, constituée d'une succession de nœuds et d'entre-nœuds, qu'est stocké le saccharose. Elle peut atteindre quatre à cinq mètres de long pour quatre à six centimètres de diamètre. Sa production annuelle de matière sèche peut atteindre 150 tonnes/ha. Le moment de récolte varie selon le pays et le climat. Elle s'effectue de 12 à 18 mois après la plantation. La période de récolte se situe en saison sèche, de février à mai, aux Antilles. La tige de canne est coupée, aussi près que possible du sol. Elle est étiée et épaillée. Le rendement agricole peut atteindre 250 tonnes à l'hectare, à Hawaï, où sont gérés des cycles de production sur 24 mois.

La récolte de la canne et son transport à l'usine ou à la distillerie doivent s'effectuer dans les meilleurs délais ; car une fois coupée, la canne se détériore sous l'action de flores bactériennes qui s'y introduisent et entraînent des modifications biochimiques. Celles-ci sont rapides à cause de la température élevée du climat tropical.

La canne à sucre constitue, en 2004, la plus importante production agricole mondiale avec 1 318 millions de tonnes (Mt) produites annuellement, sur 20,1 millions d'hectares (Mha), avec un rendement moyen mondial de 65,5 tonnes/hectare (t/ha). Le maïs est la seconde production : 705 Mt, sur 145 Mha ; le blé est la troisième : 624 Mt, sur 217 Mha (Annuaire FAO, 2004). 70% de la production sucrière mondiale vient de la canne à sucre. Le Brésil, l'Inde et la Chine, partenaires privilégiés de la recherche agronomique française, sont les premiers producteurs mondiaux de canne à sucre. Ils totalisent près de 60% de la production mondiale.

La canne à sucre n'est pas la seule plante sucrière industrielle, il y a aussi la betterave sucrière dont la production en 2004 a été de 237 Mt, sur 5 Mha, avec un rendement moyen mondial de 48,6 t/ha. Il faut noter que le meilleur rendement national betteravier est obtenu en France, et de loin, avec plus de 72 tonnes/ha (Annuaire FAO, 2004). La production de sucre de betterave est plus récente que celle de sucre de canne*.

La canne à sucre est une production agro-industrielle de premier ordre, par les quantités produites et ses transformations diverses selon les pays :

- au Brésil : premier producteur mondial avec 380 millions de tonnes/an, dont près de 200 vont en production de bio-éthanol. L'expérience brésilienne montre que le pouvoir énergétique de l'éthanol produit à partir de canne à sucre est neuf fois supérieur à l'énergie totale consommée pour sa fabrication
- à Cuba : papier, furfural, panneaux agglomérés, levure-aliment
- à Porto-Rico : avec de la canne à sucre riche en fibres, production d'électricité ou de produits chimiques comme le furfural, du jus, du sirop, du sucre et de l'éthanol
- en Colombie : canne-aliment pour animaux
- en Jamaïque et en Équateur : il existe un matériel de traitement séparatif de la canne à sucre pour obtenir des produits à haute valeur ajoutée : jus de canne, boisson à longue durée de conservation, sirop, sucre liquide et sucres de bouche, charbon de bagasse, fibre diététique pour l'alimentation humaine, panneaux agglomérés de bagasse
- en Inde, en Indonésie, au Mexique, à Hawaï... : production de papier journal.

L'application de procédés biotechnologiques pourrait générer des valorisations intéressantes à partir de ces ressources abondantes, renouvelables et omniprésentes en milieu tropical.

* Le 21 novembre 1806 constitue une date charnière pour l'économie sucrière européenne. Pour répondre au blocus des ports français imposé par les armées britanniques, Napoléon Ier instaure le blocus continental : toutes les marchandises anglaises sont dès lors prohibées sur le sol français. Pour compenser la soudaine pénurie de sucre de canne, l'empereur décide de soutenir activement la production de betteraves sucrières. En quelques années, de nombreuses usines de transformation sont créées. L'empereur remettra à Benjamin Delessert sa propre légion d'honneur, le 2 janvier 1812, en témoignage de sa satisfaction, après la visite de sa fabrique de sucre de betteraves, établie à Passy, Courmoulin de ce qu'il a vu à Passy. Napoléon signe le 15 janvier 1812 un décret qui prévoit des bourses pour 100 élèves dans cinq écoles de sucrerie à : Paris, Douai, Strasbourg, Wachenstein (Wachenstein) et Catechundary...



Photo : Lotus - Fabrication

mercialisation de rhum n'ont pas, pour l'instant, valorisé cette spécificité d'utilisation. Il est intéressant de noter que plusieurs centaines d'hectolitres d'alcool pur de rhum du type grand arôme, sont commercialisés annuellement, comme ingrédient, exclusivement à des préparateurs culinaires, avec une fiscalité réduite. C'est un produit qui pourra être dynamisé, par une acquisition de connaissances, à réaliser avec des outils de la biologie moléculaire, sur l'écosystème microbien des milieux de fabrication du rhum grand arôme qui est complexe et spontané.

Actuellement, la production de rhums traditionnels constitue une part significative de l'économie des départements d'Outre-Mer (DOM) français. C'est un produit qui a une image très forte, originale au sein des alcools de bouche, utilisé comme source d'arôme. Le renforcement et la prise en compte de ses spécifi-

Les types de rhum

Les distillats tirent généralement entre 60 et 80% (vol.) d'éthanol. La réglementation européenne impose que les milieux fermentés soient distillés en dessous de 96% d'éthanol, pour que les produits présentent d'une manière perceptible les caractères organoleptiques spécifiques du rhum. La teneur minimale en éthanol des produits est fixée à 37,5%.

Les rhums bruts sont conservés plus ou moins longtemps pendant une phase dite de maturation qui peut se prolonger par un vieillissement. En effet, les rhums fraîchement distillés possèdent une certaine agressivité : une saveur brûlante due à leur degré alcoolique élevé, une sécheresse caractéristique, un arôme manquant d'harmonie et de complexité, avec une note de "chaudière" plus ou moins marquée. Malgré cette "jeunesse", ces rhums sont parfois livrés directement à la consommation après une simple dilution avec de l'eau distillée, au degré alcoolique marchand. Ils servent alors, le plus souvent, de base à des boissons (punch, planteur, cocktail...) dont les ingrédients divers masquent leurs caractères sensoriels négatifs. Après quoi ils sont réduits aux teneurs commerciales en éthanol par "mouillage" (dilution par apport d'eau de très bonne qualité). Ils peuvent être l'objet d'assemblages, ou *blend**. Les produits commercialisés appartiennent à différentes catégories, en fonction des traitements post-distillation et de leur teneur en substances aromatiques, indiquée par le TNA ou Taux en Non Alcool, exprimé en gramme par Hectolitre d'Alcool Pur (g/HAP). On distingue :

- Le *rhum léger* qui contient entre 60 et 225 g/HAP de TNA. Il représente environ 98 % de la production mondiale de rhum. Il est fabriqué à partir de mélasse, avec des procédés modernes de fermentation et de distillation, similaires à ceux de l'industrie chimique. Son bas coût de production et le marketing associé à sa commercialisation, par de très grands groupes, en font un produit de très grande distribution. Les produits commercialisés sont souvent des *blends*, préparés de manière à obtenir un standard.
- Les rhums traditionnels : rhums agricole, de sucrerie, grand arôme... contiennent plus de 225 g/HAP de TNA. Leur itinéraire de fabrication laisse place à l'expression, au cours de la fermentation, d'une flore bactérienne indigène, active conjointement à des levures indigènes et/ou à celles introduites. Les rhums traditionnels des départements d'Outre Mer (DOM), avec 20 millions de litres produits annuellement, représentent environ 1% de la production mondiale de rhum. 10 millions de litres sont commercialisés en France métropolitaine. Depuis plusieurs années, le volume de rhum consommé en France est plus important que celui des Cognac, Armagnac et Calvados réunis.

- à partir de jus de canne à sucre, c'est du *rhum "agricole"* qui est obtenu.

- à partir de mélasse sont obtenus du *rhum "de sucrerie"* et du *rhum "grand arôme"*. Ce dernier est fabriqué à partir de milieux de fermentation comprenant de la vinasse, dont la présence détermine une fermentation spontanée ayant pour levure des *Schizosaccharomyces*. Son TNA est supérieur à 800 g/HAP.

- Les *rhums vieux* : les distillats sont conservés en fût de chêne de capacité variable, de 180 - 650 litres, pendant au moins trois ans, pour avoir droit à l'appellation de rhum vieux.

- Ils peuvent être commercialisés blancs, ou colorés avec du caramel, ou par passage dans de grands contenants en bois (des foudres de 5 000 à 50 000 litres), pendant quelques mois pour obtenir des *rhums pailles*.

- Il existe une spécificité réunionnaise, le *rhum arrangé*. Ce sont des rhums aromatisés avec des fruits, des extraits de fruits et/ou des épices.



Photo : Jean Weber

cités, en termes réglementaire et fiscal, la nécessaire communication commerciale comme pour tous les produits modernes, font qu'il y a eu un besoin de mieux maîtriser, objectiver, les rhums et leur environnement. C'est pour cela que l'appui d'activités de recherche développement a été nécessaire.

Un ensemble de recherches

- Le contexte de recherche en technologie de fabrication du rhum

Les premiers documents de recherche scientifique relatifs à la production du rhum datent du tout début du XIX^e siècle. L'essor de la microbiologie, lié aux travaux de Pasteur, notamment sur la fermentation alcoolique, concerna la rhumerie, avec des tentatives d'applications hygiénistes. On chercha alors à réaliser des fermentations avec des cultures de levures plus pures et plus rapides. Si les rendements furent améliorés, la qualité commerciale des produits fut sensiblement diminuée ; ils étaient de plus en plus neutres. Une enquête du ministère de l'Agriculture (Rocques en 1927) concluait que "les rhums issus des fermentations pures et rapides se caractérisaient par leur faiblesse en acides et en éthers et par leur teneur relativement élevée en alcools supérieurs*". La plupart des producteurs revinrent aux fermentations spontanées qui permettaient d'obtenir des rhums plus corsés, au bouquet plus intense et plus caractéristique. Les eaux-de-vie obtenues avec ensemencement, bien que plus fines, étaient trouvées trop légères et insuffisamment aromatiques. Jusqu'alors les recherches sur la

technologie de fabrication du rhum avaient été réalisées dans la Caraïbe : à la Jamaïque, à Puerto Rico et aux Antilles françaises. Elles avaient eu une forte dimension descriptive, intégrant nombre de chimistes.

Une activité de veille technologique a existé dès 1947 aux Antilles françaises, où l'Inra avait affecté un technicien, Jean Sabin, au Centre Technique de la Canne et du Sucre de la Martinique.

Aux Antilles françaises vers 1970, le besoin de maîtriser des aléas (arrêt, prolongation, acidification) du cycle de fermentation a conduit à utiliser de la levure de boulangerie séchée, peu chère et disponible, comme levure de fermentation d'appoint, et à la mise en oeuvre de cuve-mères et de cuves à levain.

- Premiers travaux de recherche Inra

Pierre Dupuy, chef de département des Technologies des produits végétaux à l'Inra, a effectué une mission dans la Caraïbe, en 1970, avec comme but principal de donner une orientation scientifique à un futur laboratoire Inra, dont la finalité des travaux serait la qualité des rhums traditionnels. Il écrivait dans son rapport de mission aux Antilles : "Le rhum donne lieu à peu de publications scientifiques et la plupart se rapportent à sa composition plus qu'à sa fabrication. Ce manque de recherches est peu gênant pour des productions traditionnelles mais empêche de développer des types de rhums nouveaux sur des bases rationnelles". Un programme de recherches sur la fermentation en production de rhums traditionnels a été proposé, pour contribuer à rationaliser cette production traditionnelle, où l'empirisme a longtemps prévalu. Les questions de recherche identifiées étaient :

• quelles flores interviennent dans la fermentation et quel est le rôle des bactéries ?

• quelles sont les conditions qui, d'une part, accroissent le rendement et les esters, et d'autre part, diminuent certains composants de l'arôme (alcools supérieurs et aldéhydes) ?

Aubert Parfait a été le premier chercheur affecté par l'Inra, en 1971, au programme de recherche et de développement sur le rhum, au centre Antilles-Guyane.

Différents aspects ont été abordés depuis 1972 en technologie des rhums traditionnels :

- le contrôle des composés indésirables du profil aromatique des produits
- la microbiologie des milieux de fermentation
- la chimie des rhums en liaison avec la microbiologie des fermentations
- la technologie de la fermentation alcoolique* en rumeries traditionnelles
- la technologie du traitement et de la valorisation des effluents de la rumerie.

Revenons sur ces points.

- Contrôler la formation de composés indésirables

Les matières premières, mélasse et jus de canne, ne sont pas stériles ainsi que les milieux de fermentation. La récolte manuelle de la canne à sucre, tige par tige, qui a prévalu jusqu'en 1960, permettait d'avoir une matière première de qualité sanitaire convenable. La mécanisation de la récolte et des manipulations ont introduit de la terre et des feuilles dans les récoltes, entraînant une détérioration de la qualité sanitaire de la matière première fraîche et des mélasses.

L'eau de dilution des matières premières, lors de la "composition" des moûts, était une autre source potentielle de problèmes sanitaires. Elle peut héberger une flore bactérienne qui se développe durant la fermentation. Les volumes d'eau utilisés représentent entre la moitié et les 4/5 de la cuvée. Elle provient de rivières ou de nappes phréatiques.

L'amélioration de la qualité sanitaire des eaux de fabrication, la limitation des contaminations bactériennes des matières premières, les progrès dans le nettoyage et l'hygiène des installations, ont permis de réduire, voire de faire disparaître, les composés indésirables, en ne gommant pas la diversité des rhums en fonction des sites. Les produits indésirables étaient : l'acroléine, l'alcool allylique et l'acide éthyl-2 méthyle-3 butyrique. Il en a résulté la prédominance de la flore bactérienne lactique dans les milieux de fermentation, sauf dans ceux de production du rhum grand arôme.

Dans notre unité, un procédé de production de jus de canne stabilisé par microfiltration tangentielle a été mis au point et breveté, en 1999. Le produit qui en est issu est stérile, et constitue donc un intéressant milieu pour l'étude du comportement de souches microbiennes qui sont introduites dans le jus de can-

ne à sucre. Une société, Jucann⁺Tech a été créée pour valoriser le brevet correspondant.

(voir *INRA mensuel* rubrique INRA partenaire, n° 113, juin 2002).

- Mieux connaître la bactériologie des moûts

La flore bactérienne tient un rôle déterminant dans la formation de l'arôme des rhums traditionnels. Son élimination avait conduit, dans un premier temps, à des produits neutres. Néanmoins, au-delà d'un certain seuil, les bactéries sont préjudiciables à la qualité des produits.

Les travaux de microbiologie entrepris ont permis de décrire la grande variété des populations bactériennes cultivables des moûts de rumerie. Un inventaire exhaustif, avec des moyens de la biologie moléculaire, n'a pas encore été réalisé.

Une approche de la dynamique des espèces bactériennes au cours du cycle fermentaire permet de conclure, qu'en particulier, dans les moûts à base de jus de canne à sucre, il y a une préfermentation lactique post-récolte des cannes ; elle se prolonge de manière concomitante à la fermentation alcoolique. Des tra-

Distillerie désaffectée, Poisson Marie.



Photo : Louis Fährmann

vaux en cours ont pour but de mieux appréhender le fonctionnement de cette "co-culture", afin de la valoriser technologiquement. Une pratique courante est d'acidifier les moûts en début de fermentation par apport d'acide sulfurique, pour limiter l'activité de certaines flores indésirables. L'acide sulfurique n'est pas gênant, dans la mesure où il ne passe pas dans le distillat en raison de ses propriétés chimiques. En dirigeant l'écologie microbienne, on peut espérer faire en sorte qu'il y ait une acidification lactique biologique.

- La fermentation alcoolique en rhumerie

Même si, pour les professionnels, le rendement en alcool n'était pas une priorité, ils se sont souciés de son amélioration. En effet, le principal accident de fermentation est son arrêt. Une des voies explorées a été la sélection de souches de levures de fermentation.

Une collection de souches de *Saccharomyetaceae* de rhumerie a été constituée, à l'unité Inra URTPV des Antilles-Guyane. À partir de cette collection, une étude a été entreprise en vue de sélectionner des levures pour la rhumerie. Ce travail a abouti en 1997 à la sélection, au plan mondial, de la première souche commerciale de rhumerie : DANSTIL EDV 493, une *Saccharomyces cerevisiae* commercialisée, sous forme de levures sèches actives, par Lallemand S.A., sous licence Inra. Une de ses particularités est de ne pas être aussi affectée que les autres souches de levure utilisées, par les températures avoisinant 35°C que l'on peut mesurer dans les cuves de rhumerie. Les connaissances acquises sur la co-culture permettront de poursuivre la caractérisation technologique de la levure.

Des travaux ont été entrepris sur le potentiel des cires de la canne à sucre à activer la levure. La tige de canne à sucre est enveloppée d'une couche cuticulaire de cire, qui est concentrée dans des boues au cours du processus de fabrication du sucre. Un fractionnement de ces boues a permis d'en isoler du stigmastérol et du sitostérol. Leur ajout dans des milieux se traduit par un gain de production d'éthanol par des souches de levure sauvage. Les mélasses contiennent des inhibiteurs de la fermentation alcoolique dont les effets pourraient être contrebalancés par l'apport des dérivés des cires.

- Mieux connaître la chimie des rhums

Les travaux réalisés en chimie des rhums ont porté sur des composés chimiques ou des familles chimiques majeurs dans la composition des rhums ou qui sont sensibles en terme de qualité des produits : esters éthyliques, acides gras supérieurs, acides gras volatils et alcools supérieurs.

Le rhum contient naturellement une plus grande variété et de plus grandes quantités de composés organosoufrés que les autres spiritueux. La fraction organosoufrée des rhums mérite une étude approfondie et systématique car elle présente un intérêt analytique et organoleptique pour la caractérisation des rhums.

Certains alkylpyrazines naturellement présents dans

les rhums apparaissent discriminer les rhums blancs agricoles des rhums blancs de sucrerie. En effet, la 2-méthyl pyrazine, la 2-5-méthyl pyrazine et la 2-6-diméthyl pyrazine sont absentes de rhums agricoles alors qu'ils sont nettement présents dans ceux à base de mélasse.

Les rhums n'ont jamais été reconnus comme des alcools particulièrement riches en carbamate d'éthyle. Sa présence est une préoccupation pour les producteurs qui veulent exporter vers l'Amérique du Nord, où il est fait de ce composé un facteur de barrage douanier. Certains rhums en sont exempts, d'autres pas, sans que l'on puisse actuellement l'expliquer. La limite tolérée est de 125 µg/l. Il y a donc des connaissances à générer sur la présence du carbamate d'éthyle.

- La distillation

Cette opération n'a pas fait l'objet de recherches dans notre unité.

La distillation est une opération importante dans la fabrication des eaux-de-vie, elle a pour but de séparer les odeurs et les saveurs agréables des mauvais goûts parmi les substances contenues dans le vin de canne qui est pratiquement imbuivable, aigre et peu alcoolisé. Le développement de la distillation au moyen de l'alambic, vers la fin du XVII^e siècle, a favorisé les débuts de la production de rhum.

Les premiers appareils à distiller ont été des alambics discontinus. La plupart étaient constitués d'une chaudière en cuivre, surmontée d'un chapiteau également en cuivre ; le temps de séjour des moûts fermentés était plus important qu'en colonne à distiller, ce qui favorisait des réactions d'estérifications bénéfiques. On opérait par repasse. Ces appareils permettaient l'élimination de composés volatils négatifs dits de "Têtes", soufrés et aminés, et une partie des composés très lourds constituant les "Queues". "La qualité des produits obtenus était souvent médiocre ou franchement mauvaise", cela tenait à la qualité inférieure des matières premières employées, au peu de soin apporté aux fermentations, à la non rectification des distillats qui aurait été nécessaire pour éliminer les substances responsables de mauvais goûts. Au cours du XVIII^e siècle on commença à utiliser des dispositifs permettant d'obtenir une eau-de-vie marchande au premier jet, c'est-à-dire sans repasse.

Le remplacement des alambics discontinus par des alambics continus et des colonnes à distiller ne permet plus l'extraction recherchée, de façon significative, de certaines fractions.

Les colonnes, dites créoles, permettent de distiller des moûts fermentés, contenant 4 à 5 % (vol.) d'éthanol ; au coulage les distillats titrent 60 - 80 % (vol.) d'éthanol. Le rhum qui est tiré à trop haut degré perd de ses qualités aromatiques. Toute la partie basse, ou "épauement", peut être en inox. Il est très important



Cuve en fin de remplissage et en cours de fermentation.



Colonnes à distiller.

que la partie haute, ou concentration (plateaux et col de cygne), soit en cuivre, pour qu'il y ait catalyse oxydative du cuivre à l'égard des produits soufrés. Ce type de dispositif de distillation se généralisa aux Antilles françaises vers 1880. Ainsi les eaux-de-vie obtenues reflètent la qualité du moût fermenté, sans possibilité de correction des défauts organoleptiques.

Les perfectionnements apportés plus tard aux appareils : optimisation du fractionnement, dispositif à colonne multiple... ont permis d'obtenir des produits à caractère léger, exempts de mauvais goûts, mais aussi dépouillés de certains composés volatils aromatiques.

- Traiter et valoriser les effluents

La distillation des milieux fermentés de rhumerie génère des eaux résiduaires : la vinasse. Elle contient une charge polluante qu'il est nécessaire de traiter, autrement il y a des risques importants d'atteinte à l'équilibre des milieux de rejet. Diverses voies ont été proposées pour l'élimination ou le traitement des vinasses : évaporation-incinération, épandage-irrigation, lagunage* anaérobie, production de biomasse microbienne, digestion anaérobie ou digestion méthanique*. Cette dernière est un processus biologique naturel qui consomme et réduit la pollution organique, tout en produisant du biogaz combustible. Des programmes réalisés dans notre unité, par Francius Bazile, depuis 1980, ont contribué à caractériser les vinasses et à proposer des processus de dépollution et de valorisation, par digestion méthanique.

Les flux de pollution engendrés par la distillation de moûts de mélasse de canne sont particulièrement élevés : 950 à 1900 kg de DCO/m³ AP (Demande Chimique en Oxygène par mètre cube d'Alcool Pur produit). La distillation de rhum agricole génère des flux de pollution en moyenne six fois moins importants. Un procédé mis au point pour le traitement des vinasses de mélasse, dans notre unité, permet l'élimination de 65% de la DCO, et une production de biogaz représentant 60% des besoins énergétiques d'une distillerie. L'application sur site industriel en Guadeloupe a permis de le vérifier. Depuis, le procédé a été valorisé aussi à l'étranger.

Des essais pilotes ont permis d'atteindre une élimination de plus de 95% de la DCO de vinasses de jus de canne par digestion anaérobie.

Dans les petites unités, traitant le jus de canne, le traitement des vinasses par lagunage aérobie est intéressant.

Conclusions

Au cours de trente ans de travaux à l'Inra, au centre Antilles-Guyane, il a été réalisé un travail de recherches sur les moyens de façonner l'arôme des rhums traditionnels. L'arôme s'avère avoir une dimension alimentaire forte qui constitue une voie spécifique d'avenir pour ce produit en terme d'innovation.

Cette activité de transformation est sortie du stade, "pré-scientifique", dans lequel elle se trouvait en 1970. Pour qu'elle reste viable, des conduites de fermentation ne laissant pas de place aux aléas des fermentations spontanées ont été adoptées. Le souci de produire des rhums aromatiques spécifiques aux sites doit passer par la détermination de protocoles appropriés. Le contrôle sanitaire des installations, des matières premières, la qualité bactériologique des eaux de fabrication, l'utilisation de levure sélectionnée, sont les premiers éléments pour domestiquer la nécessaire expression de la flore spontanée, source de la typicité de certains produits traditionnels. Ces travaux ont permis aussi d'acquérir de l'expertise dans la filière canne-sucre-rhum.

Notre équipe a été invitée par Academic press pour écrire un chapitre sur le rhum dans *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*².

Des éléments de traçabilité et d'authentification des rhums, importants par rapport à la libre circulation des produits, peuvent être envisagés. Des travaux complémentaires en chimie des rhums restent à entreprendre, avec des méthodes récentes comme le VIDEO sniff (Vocabulary Intensity Duration study of Elementary Odor).

En 1773, Bernardin de Saint-Pierre soulignait déjà l'importance de la canne à sucre et du café, à travers un des aspects tragiques de l'histoire du genre humain, en écrivant : ... *On a dépeuplé l'Amérique afin d'avoir une terre pour les planter ; on a dépeuplé l'Afrique afin d'avoir une nation pour les cultiver.* Aujourd'hui, la maîtrise et les connaissances acquises en production de la canne à sucre, en font une production agricole majeure pleine d'avenir, non seulement sucrier mais une ressource en matière organique (sucre et fibre), pour des transformations biotechnologiques, répondant à la nécessité de durabilité de plus en plus fortes.

Louis Falmusmane,

Technologie des produits végétaux, Antilles-Guyane ■



Moulin à canne
Planche extraite de l'ouvrage
*Histoire générale des Antilles habitées
par les Français 1635-1671*
(Dutertre, Paris, 1667-1671).

² *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*,
5021 - 5027 (2003).