



Centre de recherche agronomique spécialisé dans les productions tropicales et méditerranéennes

Le Cirad est placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche et du ministère des Affaires étrangères et européennes.

Sa mission : contribuer, par des recherches en partenariat, au développement des agricultures des pays du Sud.

Seu activités relèvent sciences du vivant et de la terre, des sciences sociales et des sciences

de l'ingénieur appliquées à l'agriculture, la forêt et l'élevage, à l'alimentation, aux ressources naturelles et aux territoires ruraux.

Il mène des activités de coopération avec de nombreux pays du monde. Ses chercheurs sont présents dans près de cinquante de pays.

• Siège Social
42, rue Schœffer - 75116 Paris - France
• Centre de recherche de Montpellier
Av. Agropolis - 34398 Montpellier Cedex 5 - France

www.cirad.fr

• **Coordination** : Anne Hébert, déléguée à la communication, Cirad, Régis Goebel, chargé de mission filière canne à sucre, Cirad, Robert Dominique, chef de l'unité de recherche Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative, Cirad.
• **Textes** : Cécile Fovet-Rabot, Agnès Béqué, Pierre-François Chaballier, Jean-Louis Chopart, Jean-Cyril Dagallier, Sophie Della Mussia, Angélique D'Hont, Robert Dominique, Jean-Claude Girard, Régis Goebel, Pierre Langellier Bellevue, Valentine Lebourgeois,

Caroline Lejars, Pascal Marnotte, Jean François Martinié, Daniel Marion, Patricio Mendez del Villar, Philippe Oriol, Christophe Poser, Roland Pirot, Philippe Rott, André Rouzière, Pierre Todoroff, Bernard Vercambre, Serge Volper, Carole Leveneur (agricultrice réunionnaise), Georges Magdeleine (agriculteur guadeloupéen), Claudine Nésson Vernant (présidente du Syndicat de défense de l'appellation d'origine rhum agricole de Martinique).
• **Création et mise en page** : Denis Delebecq, Méridiennes.
• **Illustrations originales** : Nathalie Le Gall (couverture), Alain Carrara et Armelle Drouin (illustration botanique p. 5), Jacques Lucchino (BD, Les aventures de K, pp. 3, 4, 7, 9, 10, 13, 15).

Crédits photos et illustrations (de gauche à droite et de haut en bas)

Couverture : Illustration originale de Nathalie Le Gall. Photos : G. Mandret - D. Marion - © photothèque Cedes - J.-Y. Hoarau - R. Goebel - © Centre d'essai de recherche et de formation de La Réunion - © photothèque Cedes.

L'incroyable voyage du doux rosau (pp. 2-3) : Masque de Papouasie-Nouvelle-Guinée, R. Goebel - Timbre-poste français, La Poste, DR - Vitrail de l'école supé-

rieure d'agriculture de Luiz de Queiroz, Brésil, R. Goebel - Cargo, © photothèque Cedes - Ancien broyeur à canne, Brésil, J. Muchnik - Gravure, Le Tour du Monde 1874, DR - Porteuse de canne, Afrique du Sud, R. Goebel - Gravure encyclopédique, DR - Diversité des tiges de canne, J.-Y. Hoarau - Transports de Canne, S. Volper, coll. Cirad - Moulin à cannes, Marie-Galante, D. Pouzet - Pressoir à jus de canne, Brésil, B. Truong - Betterave sucrière, © photothèque Cedes - Récolte, transformation et usine, S. Volper, coll. Cirad - Récolte en Birmanie, G. Mandret.

La canne à sucre, une herbe géante gorgée de sucre (pp. 4-5) : Champ de canne, R. Goebel - Récolteuse, S. Auzoux - Canne au Burkina Faso, R. Fauconnier - Plancheuse mécanique, D. Marion - Récolte mécanique, J.-C. Dagallier - Brûlage avant récolte, D. Marion - Feuilles, D. Pouzet - Inflorescence, Cirad - Ballots de paille de canne, Afrique du Sud, M. Brouwers - Tiges, D. Marion - Tiges, R. Goebel - Coupeur, Afrique du Sud, S. Auzoux - Nidation dans une parcelle de production de boutures, D. Marion - Racines de canne, P.-F. Chaballier.

La canne aux multiples ressources (pp. 6-7) : Livraison à l'usine, La Réunion, © photothèque Cedes - Terminal sucrier, Guadeloupe, D. Pouzet - Défilure à martinet, © photothèque Cedes - Pressage des fibres, photothèque Cedes - Broyage, La Réunion, photothèque Cedes - Filtration, photothèque Cedes - Obtention du sirop, © photothèque Cedes - Silo à sucre, © photothèque Cedes - Distillerie, Guadeloupe, D. Pouzet - Cristallisation, © photothèque Cedes - Elevage, Guadeloupe, D. Pouzet - Cannes en fleurs, © photothèque Cedes - Evaporation, © photothèque Cedes - Distillerie, © photothèque Cedes -

Fermentation, © photothèque Cedes - Fûts de vieillissement, © photothèque Cedes - Colonnes de distillation, © photothèque Cedes - Fûts de vieillissement, © photothèque Cedes - Distillerie, © photothèque Cedes - Rhum vieux, © photothèque Cedes.

La canne dans le monde (pp. 8-9) : Vendouze, Vietnam, G. Mandret - Essai variétal, Kenya, P. Langellier Bellevue - Canne au Vietnam, S. Volper - Carte de production et graphes de consommation, D. Delebecq - Martinique, D. Pouzet - La Réunion, G. Mandret - Afrique du Sud, R. Goebel - Vendouze, Vietnam, G. Mandret - Usine d'éthanol, Brésil, R. Goebel - Planteurs, Marie-Galante, P. Oriol - Planteurs, Maurice, R. Goebel.

La canne en France (pp. 10-11) : Coupeur, Afrique du Sud, S. Auzoux - Cartes, DR - Interview de Carole Leveneur, S. Della Mussia - Discussion technique, C. Poser - La Réunion, C. Poser - Canne en fleur, C. Poser - Agriculture réunionnaise, C. Poser - Chargement de cannes, Guadeloupe, D. Pouzet - Distillation, © Centre technique de la canne et du sucre Martinique - Interview de Georges Magdeleine, J.-C. Dagallier - Laboratoire d'analyse des rhums, © Centre technique de la canne et du sucre Martinique - Martinique, D. Pouzet.

Les chercheurs créent des outils pour les professionnels (pp. 12-13) : Multiplication rapide de la canne, D. Marion - Serre de quarantaine, J.-C. Girard - Drone, V. Lebourgeois - Photo aérienne prise du drone, V. Lebourgeois - photo aérienne en infrarouge thermique, V. Lebourgeois - Vers blancs parasités par

Beauveria brongniartii, B. Vercambre - Photo aérienne en proche infrarouge, V. Lebourgeois - Photo aérienne en infrarouge thermique, V. Lebourgeois - Serre de quarantaine, J.-C. Girard - Elevage de trichogrammes, R. Goebel - Mesures au champ, J.-F. Martinès - Afrique du Sud, M. Brouwers - Copie d'écran rainette-cirad.fr/index.php - Vannes - Frégnon, R. Pirot - Mesures au champ, D. Marion - Irrigation, R. Pirot - Récolte au Sénégal, D. Marion.

Créer la canne du futur, c'est l'objectif des chercheurs (p. 14) : Test de maladies, J.-C. Girard - Biotest d'abscisins, J.-C. Girard - Canne in vitro, P. Rott - Hybridation de cannes, © Centre d'essai de recherche et de formation de La Réunion - Foreur des tiges, R. Goebel - Essai de compost sur canne, C. Poser - Chromosomes de la canne, A. D'Hont - Chronomètre, P.-F. Chaballier - Candores de bagasse, P.-F. Chaballier.

Le saviez-vous ? (p. 15) : Livre, S. Volper, coll. Cirad - Vente de jus, Vietnam, G. Mandret - Action sucre Guyane, S. Volper, coll. Cirad - Vendouze de canne, Vietnam, G. Mandret - Sorgho africain, J. Chantereau - Palmier rônier, G. Trébuil - Cocotier, R. Bourdèts - Cuisson du sucre de palme, J. Muchnik - Panela, J. Muchnik - Moulage du sucre de palme, J. Muchnik - Sucre de cocotier, G. Trébuil - Oasis à palmiers dattiers, C. Lanau - Four à sucre, Vietnam, S. Volper - Vente de sucre de palme, J. Muchnik - Rizière à palmiers rôniers, J. Muchnik - *Triumfoctococcus densiflorus* DR - Erable du Canada, D. Manley - Stévia, DR - Moulage du sucre de palme, J. Muchnik - Chargement de cannes, Vietnam, S. Volper.

• Montpellier, février 2008

LA CANNE AUX MULTIPLES RESSOURCES !





L'incroyable VOYAGE du doux roseau



La canne à sucre noble est originaire de l'île de Papouasie-Nouvelle-Guinée. Elle a suivi les migrations des habitants des régions de l'océan Pacifique pour atteindre l'Océanie, le Sud-Est asiatique, la Chine du Sud et la vallée de l'Indus en Inde.

Mais c'est en Inde que toute l'histoire du sucre a commencé... On pense que les Indiens savaient extraire le sucre de canne et fabriquer des liqueurs alcooliques à partir du jus de canne il y a déjà 5 000 ans.

Les caravaniers sillonnaient l'Orient et l'Asie Mineure pour vendre le sucre sous la forme de pains cristallisés : c'était à la fois une épice, un produit de luxe et un médicament.



BONBONS ET GÂTEAUX SONT NÉS AU BORD DE LA MÉDITERRANÉE

A partir du VIII^e siècle de notre ère, les Arabes perfectionnent la transformation du sucre. Ils inventent le *kurat al milh*, le caramel.

Au X^e siècle, les médecins arabes Avicenne et Abdulcassis créent des sirops et des bonbons pour soigner leurs malades, en y mêlant épices, plantes, fruits... Avicenne invente les fruits et les fleurs confits. Les médecins et les cuisiniers arabo-andalous créent les confitures, le nougat et l'art des pâtisseries. Ils confectionnent des châteaux de sucre, précurseurs de nos pièces montées.



Autour de la Méditerranée

Au VI^e siècle avant J.-C., les Perses envahissent l'Inde et en rapportent la canne à sucre et les procédés d'extraction du sucre. Ils cultivent alors la canne en Mésopotamie et gardent le secret de l'extraction pendant plus de 1000 ans...

Les Arabes découvrent cette production en livrant bataille aux Perses près de Bagdad, en 637 après Jésus-Christ ! Ils développent avec succès la culture de la canne autour de la Méditerranée, jusqu'en Andalousie, grâce à leur maîtrise des pratiques agricoles, notamment l'irrigation.

Alors que la civilisation arabo-andalouse et méditerranéenne devient experte en sucre, les autres régions d'Europe le considèrent toujours comme une rareté. Il faut attendre les Croisades, à partir du XII^e siècle, pour que ces régions européennes s'y intéressent.

D'OÙ VIENT LE MOT SUCRE ?

L'un des deux mots, *shekar* (qui, en Mésopotamie, désignait le vin de datte et d'autres boissons sucrées) ou *sarkhara* (mot sanscrit qui désignait les grains de sable, rappelant la texture du sucre de canne cristallisé, car c'était sous cette forme qu'il était transporté), serait à l'origine du mot *sucré* dans de nombreuses langues : *shukkur* en langue persique et *shakar* en bengali, *sukkar* en arabe, *azúcar* en espagnol, *açúcar* en portugais, *shakar* en grec, *zucchero* en italien (qui a donné, au XII^e siècle, *sucré* en français, *zucker* en allemand)...



LA CANNE BOURBON OTAHEITE

En 1768, de retour de son expédition à Tahiti, le capitaine Bougainville introduit dans les îles Maurice et La Réunion une variété tahitienne de canne à sucre, baptisée alors Bourbon (La Réunion s'appelait l'île Bourbon à cette époque). Au même moment, le capitaine Cook rapporta cette même variété, sous le nom d'Otaheite, dans les colonies anglaises. Cette canne Bourbon Otaheite a été la plus cultivée au monde jusqu'en 1850. Ensuite, elle a peu à peu été remplacée par des variétés hybrides.



A propos de la betterave sucrière

En 1789, la Révolution française perturbe le transport maritime du sucre depuis les colonies. A partir de 1792, la guerre entre la France et l'Angleterre bloque les échanges commerciaux et le sucre manque sur le continent européen.

La betterave sucrière est alors redécouverte — sa qualité sucrière avait déjà été remarquée par l'agronome Olivier de Serres en 1575, et le chimiste allemand Andreas Marggraf était parvenu à en extraire le sucre et à le solidifier en 1745. On perfectionne le procédé industriel d'extraction du sucre et les techniques de culture de la betterave. L'abolition de l'esclavage accélère son essor.

Les plantations sucrières



La culture de la canne et la fabrication du sucre demandaient beaucoup de travail, dans des conditions pénibles. Jusqu'au milieu du XV^e siècle, les planteurs européens ou arabes du pourtour méditerranéen employaient des paysans serfs locaux et des esclaves provenant surtout de la Russie, plus rarement d'Afrique.

En 1453, la fermeture de la mer Noire par les Turcs a obligé les planteurs à se tourner vers l'Afrique, par le biais des marchands arabes qui utilisaient les captifs de razzias ou achetaient des prisonniers de guerre à des chefs africains. C'est à partir de cette filière que naîtra, au XVI^e siècle, le terrible « commerce triangulaire » mis en place après la découverte du Nouveau Monde par Christophe Colomb.

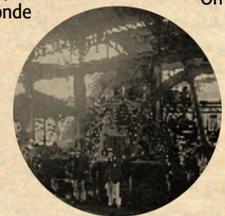
Jusqu'à la Révolution française, la France est la première place européenne pour le raffinage et le commerce du sucre, à 90 % destiné aux pays du nord de l'Europe.



En apportant des plants de canne à sucre en 1493 dans l'île de Saint-Domingue, Christophe Colomb permet le développement sucrier des nombreuses terres tropicales colonisées aux XVI^e et XVII^e siècles, notamment les îles caraïbes et l'Amérique latine. Portugais, Espagnols, Hollandais, Anglais et Français en font une production très lucrative. Les grandes plantations sucrières esclavagistes voient le jour, d'abord développées au Brésil par les Portugais.

Les Français et les Anglais intensifient la culture de la canne à sucre dans les îles caraïbes, notamment aux Antilles, véritables îles à sucre !

On produit alors non seulement du sucre, mais aussi des boissons fermentées, dont on perfectionne les procédés : c'est la naissance du rhum. Vers 1800, les îles caraïbes fournissent 80 % du sucre mondial.





La canne à sucre, UNE HERBE GÉANTE gorgée de sucre



La canne à sucre fait partie de la grande famille des graminées. Sa tige stocke un sucre cristallisable, le saccharose.



Un homme peut couper 3 à 5 tonnes de tiges par jour, alors qu'une « coupeuse-tronçonneuse » peut récolter jusqu'à 60 tonnes de tiges par heure !

SACCHARUM OFFICINARUM, LA CANNE NOBLE

La canne à sucre appartient au genre botanique *Saccharum*, qui comprend :

- trois espèces sucrées (*S. officinarum* dite « canne noble », *S. sinense*, *S. barberi*)
- trois espèces non sucrées (*S. robustum*, *S. spontaneum*, *S. edule*).

A partir de 1880, les agronomes ont commencé à créer des hybrides entre la canne noble et les autres espèces. Les variétés modernes sont toutes issues de ces croisements.



Pour faciliter la coupe, on brûle parfois le champ, mais cette pratique est progressivement abandonnée car elle est polluante, elle diminue la qualité des tiges et elle détruit les équilibres biologiques.



La culture

La canne à sucre a besoin de soleil, d'eau et de chaleur. Là où l'eau manque, les champs de canne sont irrigués (Australie, pays du sud du Sahara, ouest de l'île de La Réunion...).

C'est une plante vivace, c'est-à-dire qu'elle n'a pas besoin d'être replantée tous les ans. La canne repousse après chaque récolte. Après cinq ou six « repousses », les vieux plants sont arrachés et une « canne vierge » est replantée.

La canne à sucre se multiplie par bouturage de portions de tiges que l'on enterre horizontalement. Au fil de la croissance, le sucre s'accumule dans les tiges jusqu'à un maximum appelé « maturité » : c'est le moment optimal pour la récolte.

L'inflorescence, ou flèche

C'est une panicule comprenant une multitude de fleurs qui donnent de minuscules graines, appelées « fuzz ».



Les tiges

Un plant de canne est une touffe de 5 à 20 tiges dressées, les « talles », de 2 à 5 mètres de haut et 2 à 4 centimètres de diamètre.

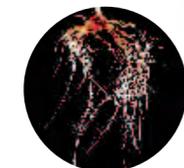
Chaque tige est une succession de nœuds et d'entre-nœuds : chaque nœud porte un bourgeon et un anneau d'ébauches de racines.

Sous l'écorce cireuse et dure, la moelle stocke le sucre. Ces tiges, tronçonnées en boutures de quelques nœuds, servent à replanter les champs tous les 5 à 10 ans.

Un champ de canne récolté après 12 mois produit 60 à 120 tonnes de tiges.

Les racines

Elles sont denses et profondes. C'est pourquoi la canne à sucre protège très bien les sols, notamment contre l'érosion due aux fortes pluies et aux cyclones.



Sous des climats très chauds, comme en Louisiane ou en Indonésie, on peut récolter 9 à 12 mois après la plantation ou la repousse, alors que dans des régions moins chaudes, comme les hauteurs des îles Hawaï ou l'Afrique du Sud, il faut compter 18 à 24 mois.

Les feuilles

Elles sont nombreuses, longues et étroites. Cette grande surface foliaire permet de fabriquer, par le processus de photosynthèse, la matière végétale dont les premières molécules sont les sucres. Les feuilles sont aussi un bon fourrage pour les animaux.

Une formidable usine de fabrication d'oxygène et de stockage du carbone

Comme le maïs et le sorgho, la canne à sucre fait partie des plantes dites en « C4 ». Leur fonctionnement spécial leur permet de mieux utiliser le dioxyde de carbone (CO₂) et la lumière du soleil que les autres plantes. En échange, elles fournissent aussi davantage d'oxygène et elles produisent une biomasse importante. Pour la canne à sucre, ce fonctionnement hyperactif aboutit à une végétation exubérante et à une grande quantité de sucre.



La récolte

La récolte consiste à couper les tiges en laissant la partie basse, la « souche », pour permettre à la plante de repousser. La coupe des tiges se fait traditionnellement à la main, à l'aide d'une machette, ce qui nécessite une main-d'œuvre importante. C'est une opération difficile, car la tige de canne est dure, les feuilles sont coupantes, la chaleur est forte et les insectes pullulent ! C'est pourquoi

la coupe mécanique est de plus en plus utilisée.

Une fois coupées, les tiges doivent être apportées à l'usine dans les deux jours, car la teneur en sucre baisse rapidement. La récolte est donc une étape capitale.

Elle demande beaucoup d'organisation dans l'approvisionnement des usines qui élaborent le sucre, le rhum, le carburant éthanol et bien d'autres produits.



Une plante très convoitée...

La canne à sucre est tellement exubérante que de nombreux insectes ravageurs l'apprécient. Comme toutes les plantes, elle peut aussi avoir des maladies, causées par des bactéries, des champignons ou des virus.

Après six mois de culture, la végétation est si dense qu'il est impossible de pénétrer dans le champ ou d'employer des pesticides. C'est pourquoi les sélectionneurs ont toujours cherché à créer des cannes à sucre résistantes ou tolérantes aux ravageurs et aux maladies.

De leur côté, les entomologistes ont élaboré des techniques de lutte biologique, qui consistent à utiliser des insectes ou des champignons ennemis naturels des ravageurs.



La canne aux multiples RESSOURCES



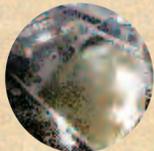
De la plante au sucre

L'extraction du saccharose contenu dans les tiges consiste à l'isoler des autres constituants de la plante par des processus industriels successifs.



• Réception et préparation des cannes à l'usine

A l'entrée de l'usine, chaque chargement de tiges de canne est pesé et la richesse en sucre est analysée. Les tiges sont ensuite pulvérisées sous la forme de fibres grossières par un défibreur à marteaux.



• Extraction du jus de canne

Pour extraire le jus, les fibres sont simultanément arrosées à l'eau chaude et pressées dans un train de moulins à cylindres.



• Obtention du sirop

Le jus est chauffé, décanté et filtré après ajout de chaux, puis concentré par chauffage. On obtient un sirop purifié de ses impuretés « non sucrées ».



• Cristallisation du sucre

Chauffé dans un cuiseur, le sirop se transforme en masse cuite contenant un liquide sirupeux, la liqueur mère, et les cristaux de sucre. Cette masse cuite va encore subir deux cuissons alternées avec des périodes de malaxage et de centrifugation pour obtenir le maximum de cristaux de saccharose.

Ces cristaux sont ensuite évacués vers les séchoirs. Les premiers sucres obtenus sont des sucres roux de différentes qualités. Le sucre blanc provient du raffinage du sucre roux fondu, décoloré et filtré avant d'être cristallisé et séché.

Les sucres sont ensuite stockés dans des silos étanches.

La transformation industrielle en sucre et en rhum est la principale utilisation de la canne à sucre. Mais l'imposante masse végétale de cette plante est également convertible en énergie - combustible, charbon, agrocarburant - et constitue aussi un véritable réservoir de molécules pour l'industrie chimique.



Avec 1 tonne de tiges, on obtient :
250 kilos de bagasse,
120 kilos de sucre,
30 kilos de mélasse.

Le résidu fibreux de l'extraction du jus est la bagasse, qui est utilisée comme combustible dans des chaudières pour la production d'électricité.



Au cours de l'obtention du sirop, les impuretés sont évacuées : ce sont les écumes, utilisées comme engrais.



Le résidu de cristallisation est la mélasse, liquide sucré riche en substances minérales et organiques, qui peut être transférée en distillerie pour la fabrication du rhum.

Autres produits de la canne...

La bagasse, composée essentiellement de cellulose et de lignine, est une source d'énergie, sous forme de combustibles, et de fourrage pour les animaux. Elle est aussi la matière première de papiers, cartons, isolants thermiques, panneaux agglomérés, films, textiles. Par traitement chimique, on obtient un liquide incolore,

le furfural, précurseur de solvants, de laques ou de résines.

La mélasse est utilisée pour l'alimentation des animaux, la culture des levures, la production d'acides et la fabrication d'alcool ou de rhum.

Le saccharose est transformé par des procédés chimiques en éthers et en esters, qui sont à la base de produits tels que plastifiants, adhésifs, cosmétiques, vernis, etc.

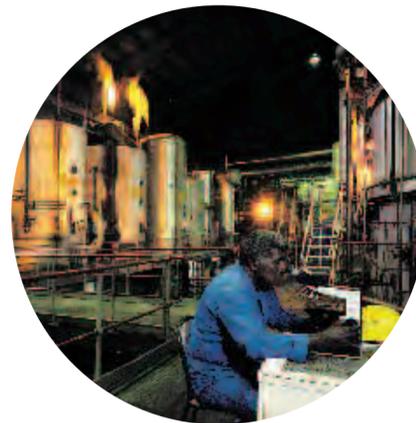


Aujourd'hui, la fabrication d'éthanol retient toute l'attention

L'éthanol est l'alcool obtenu après fermentation du jus ou de la mélasse. L'éthanol pur peut être utilisé comme agrocarburant.

Au Brésil, premier producteur de canne à sucre, plus de la moitié de la récolte est destinée à l'éthanol carburant : en 2007, 80 % des voitures brésiliennes roulaient à l'éthanol pur ou mélangé.

Dans ce pays, des variétés de canne ont été sélectionnées pour la production d'éthanol.



A partir de 30 kilos de mélasse par tonne de tiges, on obtient 8 litres d'alcool pur (éthanol).

On obtient aussi 110 litres de vinasse. La vinasse est un résidu liquide de la distillation. Elle peut être recyclée comme engrais ou comme source d'énergie.

En Guadeloupe, à partir d'une tonne de tiges de canne, on obtient 85 à 120 litres de rhum agricole à 55°. Au Brésil, on obtient jusqu'à 100 litres d'éthanol pur, utilisé comme carburant.



La durée de fermentation varie de 12 à 36 heures pour les rhums légers, jusqu'à 10 jours pour les rhums grand arôme.

Le degré d'alcool (ou degré alcoolique, « ° ») est le volume d'alcool éthanol pur contenu dans un liquide alcoolique, exprimé en pourcentage par rapport au volume du liquide. Un litre de rhum à 55° contient l'équivalent de 0,55 litre d'alcool éthanol pur.



De la plante au rhum

Depuis des millénaires, la culture de canne à sucre rime avec boissons fermentées. Le rhum tel que nous le connaissons est né dans les îles caraïbes et au Brésil au XVII^e siècle.



• Le moût sucré, matière première du rhum

Les rhums traditionnels sont obtenus par fermentation de la mélasse, ce sont les « rhums industriels », ou par fermentation du jus de canne, ce sont alors les « rhums agricoles ». Le moût sucré est issu de la dilution de la mélasse ou du tamisage du jus de canne.



• La fermentation, une étape essentielle

Les levures de fermentation sont multipliées dans une cuve mère puis transférées dans de grandes cuves où elles transforment le sucre du moût en alcool (l'éthanol). C'est à cette étape que les arômes du rhum apparaissent. On obtient un vin de canne titrant 8 à 10° d'alcool.



• La distillation, une question d'esprit

La fermentation achevée, le vin de canne passe dans les colonnes de distillation, où l'alcool est séparé de l'eau par chauffage. Au sommet des colonnes, les vapeurs d'alcool sont refroidies et récupérées dans des condenseurs. L'art du distillateur consiste à conserver les molécules aromatiques les plus volatiles, appelées également « esprit » du rhum.



• La maturation et le vieillissement

L'alcool parachève ses arômes pendant les étapes de maturation ou de vieillissement. Additionné d'eau de source jusqu'à l'obtention du degré voulu, l'alcool est brassé quelques semaines dans des foudres de stockage en acier inoxydable : les rhums blancs sont prêts. Les rhums « maturés » sont obtenus grâce à une lente maturation en foudre de bois. Les rhums « vieux » se bonifient dans des fûts en chêne pendant trois ans au minimum. Le degré d'alcool de la plupart des rhums varie de 37,5 à 62°.





La canne dans le MONDE



La canne produit les trois quarts du sucre mondial

En 2006-2007, la production mondiale de sucre a atteint 162 millions de tonnes, dont la moitié provient de cinq pays seulement !

La canne en a fourni les trois quarts et la betterave le quart restant.

114 pays produisent du sucre :
67 pays cultivent la canne,

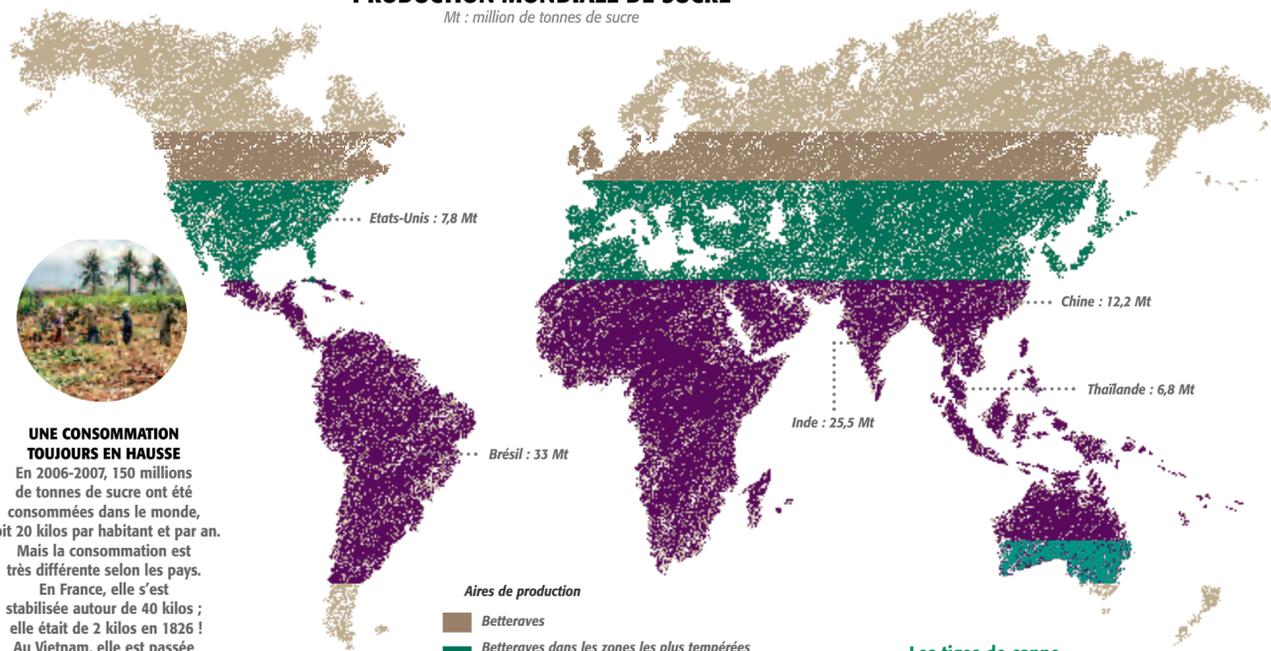
38 cultivent la betterave, 9 cultivent les deux.

La France, qui cultive la canne dans ses départements d'outre-mer et la betterave en métropole, est 8^e producteur mondial de sucre (3,9 millions de tonnes).

Présente dans plus de cent pays, la canne à sucre est cultivée par des millions d'agriculteurs indépendants et par de grands complexes agro-industriels. Si les marchés du sucre et du rhum ont toujours été l'apanage de cette culture, elle est de plus en plus convoitée pour de nouveaux débouchés.

PRODUCTION MONDIALE DE SUCRE

Mt : million de tonnes de sucre



UNE CONSOMMATION TOUJOURS EN HAUSSE

En 2006-2007, 150 millions de tonnes de sucre ont été consommées dans le monde, soit 20 kilos par habitant et par an. Mais la consommation est très différente selon les pays.

En France, elle s'est stabilisée autour de 40 kilos ; elle était de 2 kilos en 1826 !

Au Vietnam, elle est passée de 9 kilos à plus de 15 kilos en dix ans. Au Brésil, elle atteint 57 kilos et aux Etats-Unis, 32 kilos.

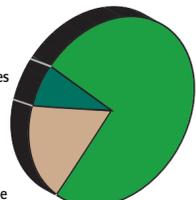
LE SURPLUS DE SUCRE ALIMENTE LE MARCHÉ MONDIAL

Le sucre sert d'abord à la consommation intérieure des pays producteurs, et les surplus, moins d'un tiers de la production mondiale, sont exportés sur le marché international, au prix mondial, en général très bas.

La consommation de sucre en France : l'usage alimentaire d'abord

5,3 % industries chimiques et pharmaceutiques

19,3 % sucre de bouche



75,4 % alimentation indirecte (agroalimentaire, restauration)

Les tiges de canne, la récolte la plus lourde du monde !

(d'après Faostat, 2005)

| 1 290 millions de tonnes de tiges de canne | 19,8 millions d'hectares |
|--|--------------------------|
| 712 millions de tonnes de grains de maïs | 145 millions d'hectares |
| 625 millions de tonnes de grains de blé | 216 millions d'hectares |
| 629 millions de tonnes de riz paddy | 151 millions d'hectares |
| 252 millions de tonnes de betteraves sucrières | 5,4 millions d'hectares. |



L'énergie verte, un défi planétaire

La production d'énergie à partir de la biomasse est en plein essor. Les carburants issus de la transformation des produits végétaux en font partie, ce sont les agrocarburants, parfois appelés biocarburants.

L'agriculture pourra-t-elle assumer ce double enjeu planétaire : la production de nourriture et d'énergie ?

La canne à sucre, grâce à son rendement énergétique très supérieur à celui des plantes de climat tempéré, est une sérieuse candidate à la production d'énergie propre.

DE L'ÉNERGIE

Avec 1 tonne de tiges de canne, on peut obtenir jusqu'à 100 litres d'éthanol carburant. Les 310 kilos de bagasse, résidu de l'extraction, peuvent fournir 130 kilowattheures d'électricité.



Vers des carburants de deuxième génération

Le bioéthanol n'aurait pas que des avantages... Le bilan énergétique de sa production et l'impact environnemental de son utilisation sont très discutés.

De plus, une production à grande échelle impliquerait d'importantes surfaces agricoles.

C'est pourquoi les chercheurs travaillent sur les carburants de deuxième génération, dont le bilan énergétique est beaucoup plus efficace.

Dans le cas de la canne, on valoriserait la plante entière par fermentation enzymatique de la cellulose.



DES MARCHÉS NICHES

Aujourd'hui, 10 % de la bagasse sont transformés en pâte à papier ! Ce sont ainsi 3,2 millions de tonnes de pâte qui sont fabriqués chaque année, essentiellement en Inde et à Cuba, à partir de la bagasse.

A partir de la bagasse, on fabrique aussi des panneaux de particules agglomérées pour l'ameublement, c'est le bagapan.

Le furfural, issu de la cellulose des tiges, est une molécule très demandée par l'industrie chimique (résines, plastiques, herbicides, acides...).

Le plastique végétal issu du saccharose de canne a fait son apparition. Les bioplastiques, qu'ils soient issus du sucre de canne, de l'amidon de maïs ou de pomme de terre, intéressent les marchés des sacs et de l'emballage car ils sont rapidement biodégradables.



Le Brésil, pionnier de la filière bioéthanol

L'éthanol carburant, ou bioéthanol, peut être produit à partir de nombreuses cultures, comme le blé, le maïs ou la canne à sucre.

Le Brésil développe cette filière à partir de la canne depuis le choc pétrolier de 1973.

Aujourd'hui, ce pays est le premier exportateur de bioéthanol. Avec une production de plus de 17 milliards de litres par an, il dispute aux Etats-Unis la place de premier producteur.





La canne en FRANCE



Guadeloupe et Marie-Galante

4 200 producteurs de canne
13 500 hectares
841 000 tonnes de tiges récoltées
74 000 tonnes de sucre
59 000 HAP* de rhum
15 000 emplois directs et indirects

Martinique

Premier producteur européen de rhum agricole, seule AOC de rhum
260 producteurs de canne
3 700 hectares
223 000 tonnes de tiges récoltées
6 000 tonnes de sucre roux
80 000 HAP* de rhum dont 85 % en AOC
3 900 emplois directs et indirects

La Réunion

Premier producteur européen de sucre de canne
4 000 producteurs de canne
26 000 hectares
2 millions de tonnes de tiges récoltées
200 000 tonnes de sucre
80 000 HAP* de rhum
15 000 emplois directs et indirects

*HAP : équivalent hectolitre d'alcool pur

En France, la canne à sucre est cultivée dans plusieurs départements outre-mer (DOM) : essentiellement en Guadeloupe et en Martinique, du côté des Antilles, et à La Réunion, au cœur de l'océan Indien. Elle a forgé l'histoire et l'économie de ces îles...

La Réunion, défi agricole et urbain

Pivot de l'agriculture, la canne à sucre occupe la moitié des surfaces agricoles disponibles. Sur cette île, dont la démographie est croissante, le défi est de taille : augmenter la production agricole tout en développant l'urbanisme. A la fois lien social, ressource économique et culture propre, la canne est le ciment d'une réflexion collective pour le développement durable de l'île.



« Se lancer dans l'agriculture aujourd'hui, c'est possible »

explique Carole Leveueur, agricultrice réunionnaise

Madame Leveueur, vous possédez 10 hectares de canne, il n'est pas commun de voir des femmes chefs d'exploitation. Comment avez-vous été amenée à la canne à sucre ?

Mes grands-parents étaient planteurs et mes parents éleveurs. J'ai été baignée très jeune dans le milieu agricole, mais j'ai débuté ma carrière dans le commerce. Il y a 10 ans, pour offrir une vie meilleure à mes enfants, j'ai entrepris une formation en agriculture et fait une demande de terrain agricole, ma famille n'en possédant plus. En 2003, j'ai obtenu des terres pour planter de la canne à sucre.

La canne est votre activité principale. Avez-vous d'autres cultures ?

Oui, j'en tire mon revenu principal. Pour le compléter, je cultive aussi du café Bourbon pointu, destiné à lancer une filière de café réunionnais haut de gamme.

Comment voyez-vous votre avenir ?

J'essaie d'acquérir de nouvelles terres afin d'agrandir mon exploitation en canne et améliorer mes revenus. Je suis prête à participer aux nouveaux projets de valorisation de la canne, comme la chimie verte. J'envisage aussi de poursuivre ma diversification par un élevage de poulets fermiers.

EUROPE ET SUCRE : LES DOM S'ADAPTENT

En 2006, sous la pression de l'Organisation mondiale du commerce, l'Europe s'est alignée sur le prix mondial, revu à la baisse !

Jusqu'en 2013, l'Europe garantit à ses producteurs le prix du sucre et l'Etat français compense par des soutiens spécifiques. La filière canne s'adapte en améliorant sa productivité et en recherchant de nouveaux produits à plus forte valeur ajoutée.



Guadeloupe et Marie-Galante, vers la diversification agricole

En Guadeloupe et à Marie-Galante, petite île sœur, le sucre reste un produit agricole de référence et les rhums sont appréciés des connaisseurs. Mais, face aux évolutions des marchés du sucre et de l'énergie, l'intérêt pour les autres produits issus de la canne est à l'ordre du jour.



« Nous devons être inventifs »

conclut Georges Magdeleine, agriculteur guadeloupéen

Monsieur Magdeleine, quel a été votre parcours professionnel ?

Mes parents étaient ouvriers agricoles. Ils m'ont envoyé faire mes études en métropole où j'ai obtenu mon diplôme d'électronicien. Ensuite, je suis rentré car j'avais un projet d'installation en agriculture.

Et la canne ?

La canne engendre beaucoup d'emplois et il reste encore des petits métiers qui lui sont associés. C'est aussi une culture propre et elle protège les sols de l'érosion. En plus, son calendrier cultural me laisse du temps pour diversifier mon travail.

Comment organisez-vous votre exploitation agricole ?

J'ai 8 hectares de canne pour le sucre et le rhum, et 3 hectares en maraîchage, ananas, igname, verger. Je développe en plus un élevage de lapins. Je cherche à protéger mon environnement en ayant une exploitation la plus autonome possible. Je fabrique du compost, je produis une partie de l'alimentation animale et j'essaie de gérer au mieux l'irrigation.

Avec les nouvelles règles européennes du marché du sucre, comment voyez-vous l'avenir ?

Pour garder des revenus motivants, il va falloir passer d'une culture orientée « tout sucre » à autre chose. Produire de l'énergie ou des médicaments à partir de la canne, pourquoi pas ? Nous devons être inventifs et actifs et c'est ça aussi le sens de mon engagement dans la coopération et le syndicalisme agricoles.



« Le prochain défi du rhum martiniquais : les marchés étrangers »

nous livre Claudine Neisson Vernant, Présidente du syndicat de défense de l'Appellation d'origine Rhum agricole Martinique

Pourquoi les producteurs de rhum de la Martinique ont-ils entrepris une démarche AOC ?

C'est en 1974 que le premier pas a été fait, par des producteurs très attachés à leur terroir et convaincus que la pérennité et le développement du rhum de la Martinique passaient par une politique volontariste de qualité et de reconnaissance d'un savoir-faire. Il a fallu plus de 20 ans et beaucoup d'énergie pour que cette démarche aboutisse enfin le 5 novembre 1996 !

Comment cette AOC a-t-elle été mise en place ?

Une fois la décision prise d'étudier la demande de la Martinique, des commissions d'experts ont été réunies pour définir, à partir de références historiques et de critères techniques, le terroir, les variétés de canne et les processus de production et d'élevage des rhums AOC, ainsi que les procédures de contrôle de qualité.

Peut-on faire un bilan dix ans plus tard ?

Cette AOC est la seule au monde pour les rhums. C'est aussi la seule pour un produit des DOM. Elle résulte d'un effort très important et continu des producteurs de canne et des distillateurs.

Le rhum agricole de la Martinique est aujourd'hui universellement reconnu pour sa qualité, sa typicité et son lien au terroir.

Ses ventes augmentent régulièrement et il est devenu leader sur le marché métropolitain.

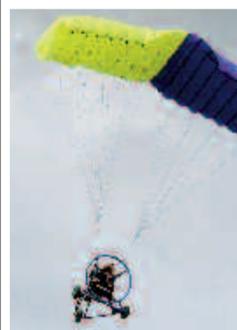
Il reste maintenant à poursuivre les efforts d'implantation sur les marchés étrangers, notre prochain défi !



Les CHERCHEURS créent des outils pour les professionnels



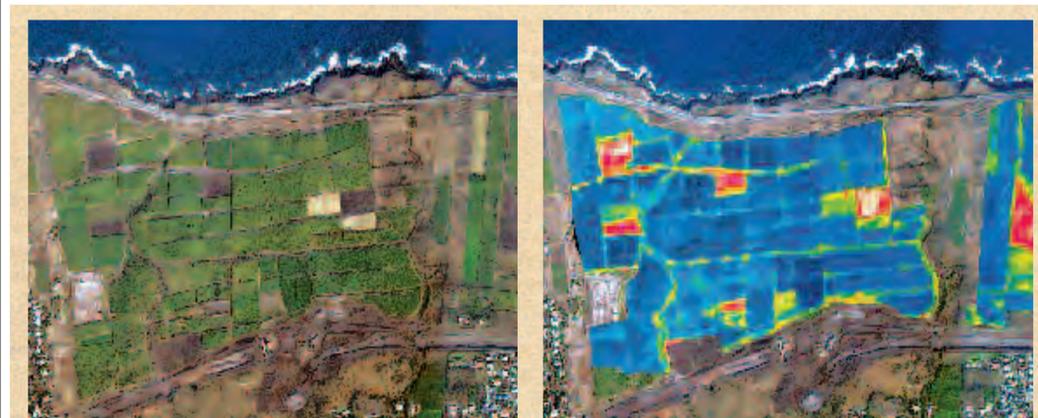
Les résultats des recherches menées en laboratoire et dans les champs ne restent pas dans les placards ! Ils sont utilisés par les professionnels de l'agriculture : ce sont par exemple des outils d'aide à la décision pour cultiver la canne à sucre tout en protégeant l'environnement.



LUTTE BIOLOGIQUE
Le ver blanc est une larve de coléoptère qui attaque les racines de la canne. Heureusement, le champignon *Beauveria brongniartii* tue ce ravageur en le parasitant. C'est ainsi qu'à La Réunion, on traite les sols avec des granulés contenant les spores de ce champignon. On attrape aussi le coléoptère que l'on trempe dans une solution de spores : lorsqu'il s'envole, il les dissémine dans les champs de canne et il contamine ses congénères par contact.



LA QUARANTAINE, POUR RÉDUIRE LES RISQUES SANITAIRES
A Montpellier, les serres et le laboratoire de la quarantaine de canne à sucre du Cirad sont sous haute surveillance. La canne étant multipliée par boutures, les maladies sont facilement transmissibles d'une plantation à une autre, avec le risque d'anéantir la culture sur de grandes surfaces. La quarantaine est le moyen le plus sûr d'échanger des boutures d'un bout à l'autre de la planète sans risque sanitaire. Un cycle de quarantaine dure au minimum 24 mois pendant lesquels les boutures de provenance internationale sont plantées, observées et traitées, avant d'être expédiées avec les documents attestant leur bon état sanitaire.

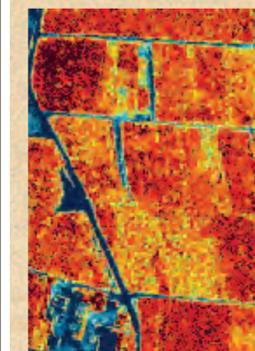


Champs de canne à la Pointe au Sel (La Réunion) : à gauche, la photo aérienne prise d'un drone est en couleurs visibles. A droite, l'image est traitée en « infrarouge thermique » : elle permet de détecter l'état de l'alimentation en eau des cannes (les zones en jaune et rouge manquent d'eau).

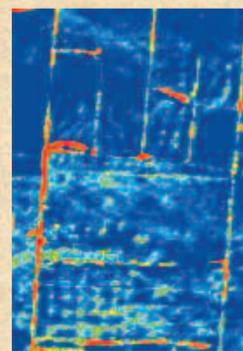
La canne à sucre vue du ciel

L'information vue du ciel constitue pour l'agriculture et l'environnement un important outil de décision. Cette information spatiale est acquise grâce à des récepteurs embarqués sur des appareils aériens (ULM, drones) ou sur des satellites. Ces récepteurs sont des appareils photographiques ou des capteurs des rayonnements électromagnétiques réfléchis ou émis par les objets de la surface terrestre.

Le traitement informatique des signaux captés permet de dresser des cartes. Avec l'Université de La Réunion, le Cirad fait voler un drone équipé, dont la mission est d'ausculter les champs, avec une résolution de quelques dizaines de centimètres ! Il devient alors possible de suivre la culture tout au long de son cycle, de détecter des anomalies de croissance liées au manque d'eau, aux maladies ou à une mauvaise nutrition.



L'image en rouge et proche infrarouge permet d'estimer le développement des cannes. Plus on va vers le rouge, plus la canne a une bonne croissance.



L'image en infrarouge thermique permet de contrôler le fonctionnement de l'irrigation : plus on va vers le rouge, plus le « stress hydrique » de la culture est élevé.

LE TRICHOGRAMME ET LE PAPILLON

Pour lutter contre un papillon dont les chenilles creusent les tiges de canne, on utilise une minuscule guêpe, appelée trichogramme, qui pond ses œufs dans ceux du papillon. Ces guêpes sont élevées en masse dans des usines spécialisées, appelées « biofabriques », puis elles sont ensuite lâchées par dizaines de milliers dans les champs.



Rainette pilote la météo agricole

Connaître et prévoir le climat est essentiel pour améliorer la production agricole et pour comprendre la croissance des plantes. En Guadeloupe, le Cirad, en collaboration avec ses partenaires, a créé *Rainette*, un système d'information alimenté par un réseau de stations météorologiques automatiques qui couvrent l'ensemble de l'île. *Rainette* offre un accès en temps réel aux données climatiques régionales.



Rainette, un système clé en main d'alertes agro-météorologiques (<http://rainette.cirad.fr/index.php>).

Osiri, l'irrigation sans gaspillage

La canne à sucre a besoin de beaucoup de soleil et d'eau. Dans certaines régions très ensoleillées, lorsque la pluie est insuffisante, il faut irriguer. Mais l'eau d'usage domestique et industriel concurrence de plus en plus l'eau agricole.

Le Cirad a donc conçu un logiciel de gestion de l'irrigation, *Osiri* (Outil simplifié pour une irrigation raisonnée et individualisée).

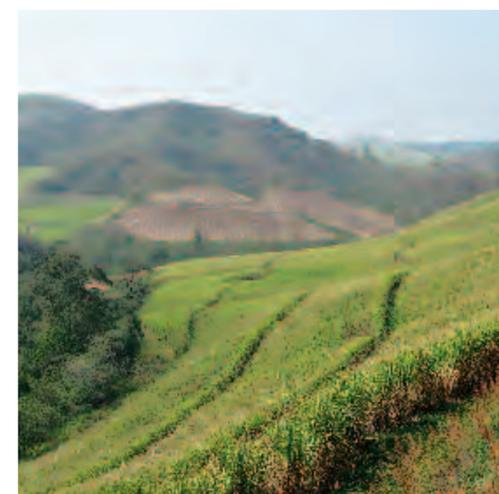
Avec ce logiciel, les agriculteurs peuvent connaître les volumes d'eau strictement nécessaires à la croissance de la canne.



Magi, une bonne logistique pour plus de sucre !

Imaginez le casse-tête, à l'échelle d'une région : récolter au bon moment, transporter les tiges, les réceptionner à l'usine, alimenter régulièrement la chaîne de fabrication du sucre...

Magi (Modèle d'approvisionnement global informatisé) est un logiciel de planification de l'approvisionnement des usines sucrières réalisé par le Cirad avec ses partenaires français et sud-africains. Il permet de tester des scénarios d'organisation, pour améliorer la logistique et la production de sucre en sortie d'usine.



Mosicas fait pousser la canne

Pour cultiver la canne tout en préservant les ressources naturelles, il est utile de connaître le comportement des cultures face aux variations de climat, de sol et de technique culturale.

Pour cela, les agronomes ont toujours conduit des expérimentations de longue durée en champ. Aujourd'hui, les modèles mathématiques construits à partir de ces résultats expérimentaux permettent de simuler le réel. *Mosicas* (Modèle de simulation de la canne à sucre), élaboré par le Cirad et ses partenaires réunionnais, est un de ces modèles : il simule la croissance de la canne à sucre.



Créer la canne du FUTUR, c'est l'objectif des chercheurs



Un nouvel antibiotique !

La bactérie *Xanthomonas albilineans*, responsable de la maladie de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre, produit un puissant antibiotique, l'albicidine, très actif à l'égard d'une bactérie impliquée dans les maladies nosocomiales.

Le Cirad et l'Université de Floride aux Etats-Unis ont mis au point une méthode de biosynthèse de l'albicidine, qui ouvre la voie au développement d'une nouvelle famille d'antibiotiques.

SILICE CONTRE FOREURS DES TIGES
Les insectes foreurs détruisent les cannes à sucre en creusant des galeries dans les tiges. Des chercheurs du Cirad et d'Afrique du Sud ont montré que la silice, minéral naturellement présent dans les sols, active les défenses naturelles de la canne contre ces foreurs. Apporter de la silice, comme on apporte de l'engrais, empêcherait ainsi la perte de 20 à 30 % de sucre. C'est une nouvelle méthode de lutte agrobiologique qui voit le jour.



Des variétés pour de nouveaux enjeux

C'est sur le terrain, en Guadeloupe, que le Cirad crée, par le biais d'hybridations sexuées, plusieurs milliers de variétés chaque année ! Mais une ou deux variétés seulement seront élues au bout d'une douzaine d'années d'évaluation...

Résister aux maladies et aux insectes, s'adapter aux conditions de culture, produire plus de sucre et de masse végétale pour la transformation en bioénergies : voilà les objectifs majeurs assignés à ces nouvelles variétés. Et les croisements avec l'espèce sauvage *Saccharum spontaneum* sont très attendus pour une future canne à énergie !



LA CANNE RECYCLE

Grâce à l'incroyable capacité de ses racines à coloniser le sol, la canne à sucre est capable d'absorber certains éléments minéraux qui sont polluants lorsqu'ils sont en quantité élevée. C'est le cas de la potasse, dont elle fait une grande consommation. La recherche s'intéresse donc à ces propriétés pour recycler les composts de déchets urbains, les lisiers et les fumiers d'élevage, ou encore les coproduits industriels, comme les cendres de bagasse et les vinasses de distillerie.



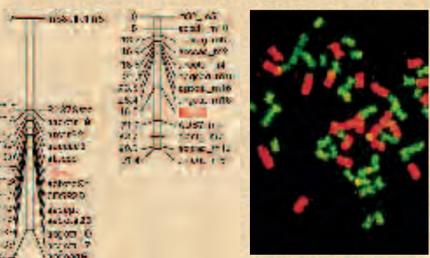
UNE QUESTION DE VERT !
L'azote est le pilier de la nutrition de la canne à sucre. Mais c'est aussi un élément faiblement retenu par le sol, donc difficile à utiliser efficacement. Un mauvais usage des engrais azotés aboutit à une baisse de la production et à la pollution des eaux souterraines. L'idéal est donc de connaître à tout instant les besoins de la culture. Pour cela, les agronomes mesurent l'intensité de la couleur des feuilles avec un appareil, le chlorophylle-mètre. Cette intensité étant liée à la teneur en azote de la plante, il est facile de calculer avec précision l'engrais nécessaire. Dans le futur, cet appareil, embarqué à bord d'un drone, servirait à ajuster les apports d'azote en cours de culture.



La génétique moléculaire aide les sélectionneurs

L'amélioration des variétés de canne à sucre est compliquée parce que cette plante possède un nombre très élevé de chromosomes, de l'ordre de 120 ! En comparaison, le riz n'en possède que 24 et le maïs seulement 20 ! En employant les techniques de génétique moléculaire, les chercheurs du Cirad ont apporté de nombreuses connaissances sur l'origine, l'organisation et la transmission des chromosomes de la canne. Ils ont développé des cartes génétiques, qui « alignent » des marqueurs moléculaires le long du génome. C'est ainsi que ces chercheurs ont pu localiser des gènes de résistance aux maladies sur ces chromosomes. Il est maintenant possible de repérer ces gènes dans les cannes utilisées par les sélectionneurs pour créer de nouvelles variétés.

Les cartes génétiques constituent un outil pour repérer des gènes d'intérêt agronomique. Par exemple, deux gènes majeurs de résistance à la maladie de la rouille brune (Bru I et Bru II) sont cartographiés ici.



LE SAVIEZ-VOUS ?



D'autres plantes sucrières ?

Le sorgho, qui est une céréale fourragère, comprend aussi des variétés à sucre : le jus du sorgho sucré est transformé pour obtenir du sirop, du sucre et du bioéthanol !

On fabrique du sucre et des sirops avec la sève de l'érable, du cocotier, du palmier rônier (*Borassus flabellifer*), du palmier queue-de-poisson (*Caryota urens*) ou encore du palmier areng (*Arenga pinnata*).

Les dattes du palmier dattier donne un sucre qui ressemble à du miel.



Plantes édulcorantes

Certaines plantes contiennent des molécules édulcorantes, qui donnent la saveur sucrée sans contenir de sucre.

Les feuilles de stévia (*Stevia rebaudiana*), plante aromatique d'Amérique du Sud, contiennent un édulcorant dont le pouvoir sucrant est 300 fois plus élevé que le sucre.

Largement consommé au Japon, il est interdit en Amérique du Nord et en Europe, où seules les feuilles séchées de stévia sont autorisées à la vente.

Les fruits de *Thaumatococcus danii*, plante sauvage d'Afrique de l'Ouest, contiennent de la thaumatine, plusieurs milliers de fois plus sucrante que le saccharose ! Elle est utilisée dans les industries alimentaires et pharmaceutiques.



RECETTE DU SUCRE ARTISANAL VIETNAMIEN

Le moulin...

Le jus de canne est extrait par broyage des tiges entre plusieurs cylindres verticaux actionnés par un moteur.

Le four...

Le jus, additionné de chaux, est porté à ébullition. Les impuretés montent en surface et forment une écume, qui est jetée aux champs ou donnée aux animaux. En fin de cuisson, on obtient un sirop épais de couleur foncée, appelé « masse cuite ».

L'atelier d'affinage...

La masse cuite est égouttée et séchée dans des égouttoirs de formes diverses. On obtient un sucre complet, de teintes paille à brune, présenté sous forme de tablettes et de pains de sucre.



Le palmier à sucre *Borassus flabellifer* vient d'Asie du Sud-Est. Au Cambodge, c'est le *Khnot*, arbre symbole. Il faut grimper jusqu'à sa cime, à 15 mètres de haut, pour inciser les inflorescences et recueillir la sève, qui contient environ 15 % de sucre. Elle est ensuite cuite et moulée en petits blocs.

