

# Canne à sucre

Canne à sucre
<p>Nom commun ou nom vernaculaire ambigu :</p> <p>L'expression « <b>Canne à sucre</b> » s'applique en français à plusieurs taxons distincts. </p>

Coupe de la canne
Taxons concernés
Plusieurs espèces du genre <i>Saccharum</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Saccharum arundinaceum</i></li><li>• <i>Saccharum bengalense</i></li><li>• <i>Saccharum edule</i></li><li>• <i>Saccharum officinarum</i></li><li>• <i>Saccharum procerum</i></li><li>• <i>Saccharum ravennae</i></li><li>• <i>Saccharum robustum</i></li><li>• <i>Saccharum sinense</i></li><li>• <i>Saccharum spontaneum</i></li></ul>

Le terme **canne à sucre** désigne un ensemble d'espèces de plantes de la famille des *Poaceae* et du genre *Saccharum*. Elles sont cultivées pour leurs tiges, dont on extrait du sucre. Avec un volume annuel de production supérieur à 1,7 milliard de tonnes<sup>[1]</sup>, ce sont les premières plantes cultivées au plan mondial avec près de 23 % de la masse totale produite en agriculture dans le monde.

Elles furent jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle la seule source importante de sucre et représentent toujours actuellement 65 à 70 % de la production de sucre<sup>[2]</sup>.

## Description

La canne à sucre est une grande graminée tropicale herbacée à port de roseau, d'une hauteur allant de 2,5 à 6 mètres<sup>[3]</sup>. Les tiges, d'un diamètre de 1,5 à 6 cm, sont pleines<sup>[4]</sup>. Les feuilles, alternes, sont réparties en deux files opposées et ont un limbe de 1 m de long environ sur 2 à 10 cm de large. Elles sont au nombre de dix sur les plantes en pleine croissance, la partie inférieure de la tige se dénudant au fur et à mesure que les feuilles basses se dessèchent.

L'inflorescence est une panicule terminale de cinquante centimètres à un mètre de long. En culture, la canne est généralement coupée avant floraison. C'est une plante vivace par sa souche rhizomateuse.

## Origine et distribution

La plante n'existe plus à l'état sauvage. Sa contrée d'origine serait l'archipel de la Nouvelle-Guinée, d'où elle aurait été répandue par l'homme d'abord dans toutes les îles du Pacifique et dans l'océan Indien jusqu'en Malaisie, ou bien dans la péninsule indochinoise. Sa diffusion pourrait être liée à l'expansion des Austronésiens à travers l'Asie du Sud-Est insulaire et le Pacifique.

Des différentes espèces présentes dans ces régions, *Saccharum officinarum* est celle qui a été domestiquée. Elle a ensuite été croisée avec les espèces sauvages (*Saccharum robustum*, *Saccharum barberi*, *Saccharum spontaneum* et *Saccharum sinense*) pour améliorer son rendement en sucre et sa résistance aux différents climats<sup>[5]</sup>.

Aujourd'hui, elle est cultivée dans tous les pays tropicaux ou tempérés chauds.

## Culture

L'aire de culture de la canne à sucre s'étend de 37° de latitude nord à 30° de latitude sud. La canne à sucre ne supporte pas le froid, requiert un fort ensoleillement et de grandes quantités d'eau, et apprécie les sols riches se drainant bien. D'origine tropicale, elle est cultivée de façon importante en Amérique du Sud (notamment au Brésil, premier producteur mondial), en Inde, en Asie (notamment en Chine), dans de nombreuses îles tropicales, mais aussi en Australie et en Amérique du Nord (en particulier en Floride).



La canne à sucre dans une serre des Kew Gardens

## Reproduction

La canne à sucre est une graminée : elle produit des graines, mais la reproduction est essentiellement assurée par bouturage (reproduction asexuée). Dans la nature, la canne à sucre finit par se coucher, et des bourgeons et leurs racines se développent à chaque nœud et à la tête, ce qui lui permet de coloniser jusqu'à une distance de 2 voir 4 mètres selon la taille du plant. Le pied de la plante mère donne aussi naissance à de nombreux rejets. Dans la culture commerciale, la canne mature est généralement coupée en section de deux nœuds ou plus, puis enterrée en ligne dans un sillon. La reproduction sexuée de la canne par pollinisation puis par semis des graines était peu étudiée et pratiquée. Avec le renouveau de l'intérêt pour cette culture notamment dans le cadre de la production d'éthanol pour les biocarburants, des laboratoires d'agronomie se sont penchés sur ce type d'étude afin de développer de nouvelles variétés, en particulier dans l'objectif de créer des variétés résistantes à diverses maladies de la canne.

Plusieurs croisements ont été réalisés entre *Saccharum officinarum* et les autres espèces du genre pour obtenir des hybrides présentant diverses qualités. Le génome de la canne à sucre cultivée est très complexe. Le genre *Saccharum* comprend uniquement des espèces polyploïdes ( $2n=40$  à  $140$ ). Avant les améliorations modernes le complexe canne à sucre était composé des espèces *S. officinarum* ( $2n=80$ ) probablement issue de *S. robustum*, *S. barberi* ( $2n=82$  à  $124$ ), *S. sinense* ( $2n=82$  à  $124$ ). Dans les années 1920, le matériel fut hybridé par l'espèce sauvage *S. spontaneum*. Les variétés cultivées actuelles sont hybrides et aneuploïdes avec une centaine de chromosomes issus de *officinarum* (nombre de chromosomes de base  $x=10$  comme *robustum*) et quelques-uns de *spontaneum* (nombre de chromosomes de base  $x=8$ ). Les analyses génétiques ont montré que 15 à 25 % du génome des variétés cultivées dérive de *S. spontaneum* et que *S. barberi* et *S. sinense* sont déjà des hybrides entre *S. officinarum* et *S. spontaneum*.

La canne à sucre regroupe plusieurs espèces et hybrides, et plus de 4 000 variétés ont été identifiées, dont notamment les cannes :

- Isautier
- Mapou
- Tamarin
- R 570
- Otaiti (une variété originaire de Tahiti)



Dessin botanique de canne à sucre en fleur.

## Semis

Dans les cultures commerciales de cannes, des plants de cannes sains et vigoureux provenant de pépinières sont sectionnés puis plantés en ligne sous une couche de 3, 5 et jusqu'à 10 cm de terre selon le niveau d'humidité des sols et en tenant compte de la qualité des sols, leur perméabilité et le niveau de précipitation. Les sections sont préférablement coupées dans la partie haute de la canne, les rejets provenant de la partie inférieure se développant moins bien et plus lentement. Les cannes sont plantées dans un sillon allant jusqu'à 0,5 mètre de profondeur, à plat ou en lits surélevés (selon la qualité de drainage des sols). La canne à besoin de beaucoup d'eau, mais n'apprécie pas les terrains détrempés,

et des drainages sont souvent prévus. Les sillons ou rangs sont généralement espacés de 1,5 à 2 mètres, afin de ménager de la place pour les machines, les ouvriers et des canaux d'irrigation. Cette habitude entraîne une faible densité des exploitations, et une augmentation des rendements est permise par des densités plus élevées mais entraîne des difficultés pour la mécanisation. Des tentatives d'augmentation des densités ont été tentées, notamment en plantant par couple rapprochés de sillons ou dans un seul grand sillon de 1 à 3 mètres de large, mais ces pratiques sont globalement peu utilisées. Dans la nature, la canne montre des densités très élevées, allant jusqu'à 5 ou 8 cm d'espacement entre les plants<sup>[6]</sup>.

Au bout de quelques semaines, les remplacements des plants n'ayant pas poussé sont faits à partir de plants prélevés dans une pépinière plantée en même temps que les champs, ce qui permet de maintenir l'uniformité de la taille des plants dans les champs. La canne nécessite un désherbage mécanique, chimique ou par paillis car la concurrence des adventices en début de culture entraîne une baisse notable des rendements finaux en sucre. Une fois les plants bien développés, la couverture végétale qu'ils assurent suffit à empêcher la repousse des adventices.

## Irrigation

Les champs de cannes nécessitent beaucoup d'eau, environ 13 000 à 15 000 mètres cube par hectare et par an avec des systèmes d'irrigation peu performants. Par exemple, une première irrigation est faite le jour même du semis ou le lendemain, puis une semaine après, puis à intervalle de 3 semaines jusqu'à la période de maturation de la canne où la plante nécessite un stress hydrique. Les champs sont le plus souvent irrigués par simple gravitation, une conduite percée de trous déversant d'importantes quantités d'eau dans chaque sillon d'irrigation. L'eau coule ensuite jusqu'au bout du champ, souvent à plus d'un km de distance pour les grandes exploitations. Les plants au début du champ sont noyés sous des quantités d'eau trop importantes, une part élevée de l'eau utilisée ne sert qu'au déplacement de la coulée, et une bonne part est perdue par évaporation. Une exploitation peu efficace peut encore augmenter le gaspillage en raison du délai de déplacement de l'exploitant entre un bout du champ à l'autre pour détecter l'arrivée de l'eau puis retourner fermer les vannes.



Les jeunes plants de canne sortent de terre, à Hawaii.



Champs de jeunes cannes à sucre à l'île Maurice.

D'autres méthodes d'irrigation sont également utilisées, avec des systèmes mobiles d'arrosage linéaire, des asperseurs fixes ou mobiles <sup>[7]</sup>. Ces systèmes entraînent aussi d'importantes pertes par évaporation et des problèmes de répartition de l'eau dans le champ en fonction du vent.

Des méthodes d'irrigation par goutteurs de surface ou enterrés ont également été développés, notamment au Brésil. Ces systèmes entraînent une baisse de la quantité d'eau utilisée (de 40 à 90 %) s'ils sont bien gérés, et permettent également l'apport de nutriments sous forme d'engrais liquides ou solubles <sup>[7]</sup>. Ils nécessitent par contre une bonne maîtrise technologique, des dispositifs de contrôle de l'humidité des sols, du matériel pour assurer la bonne tenue du système (filtres, régulateurs, pompes, systèmes automatisés, etc) et des opérations régulières de maintenance pour assurer l'entretien du système et prolonger sa durée de vie. Ils présentent aussi tous deux l'inconvénient d'entraîner une concentration du système racinaire des plantes à l'endroit des goutteurs, un sous-développement du reste du système racinaire, et donc une grande fragilité des plants en cas de défaillance dans le système d'irrigation qui nécessite une grande régularité. Des opérations pilotes ont aussi démontré qu'une expérience de plusieurs années peut être nécessaire pour maîtriser un système d'irrigation par goutteurs enterrés, et qu'un tel système mal maîtrisé était dommageable à la culture de canne à sucre et ses rendements <sup>[8]</sup>.

Au contraire d'un système d'irrigation par goutteurs aériens, un système de goutteurs enterrés permet l'utilisation de la technique du brûlis avant récolte, de meilleurs rendements pour l'irrigation (de 10 à 40 %), et une exploitation mécanique des champs de canne pour la récolte, l'aspersion d'engrais, pesticides et herbicides, et la lutte contre les mauvaises herbes par sarclage. Lorsqu'il est bien entretenu, il nécessite moins de réparations et possède une durée de vie possible de 5 à 10 ans, ce qui correspond à la durée de vie maximale d'une plantation de canne à sucre. La canne à sucre nécessite une période finale de maturation, typiquement à la saison sèche où elle manque d'eau, ce qui permet d'augmenter le taux de sucre dans la canne. Une bonne maîtrise de l'irrigation, notamment par goutteur, permet théoriquement de contrôler le moment de cette maturation en déclenchant un stress hydrique <sup>[9]</sup>. Une expérience d'irrigation de champs de canne à sucre par goutteurs enterrés a permis aux Philippines de réduire la quantité d'eau utilisée de 13 000 mètres cubes par hectare et par an avec la méthode classique par aspersion à 3 000 mètres cubes par hectare et par an. Ce système a également montré une amélioration du rendement de 70 tonnes de cannes récoltées par hectare à 133,5 tonnes par hectare, et une augmentation du taux de sucre de 5,2 % par rapport à l'irrigation par aspersion <sup>[10]</sup>.

## Amendements

La canne à sucre apprécie les sols riches en matière organique <sup>[11]</sup>, et un pH neutre à légèrement acide ou alcalin (6,5 à 7,5) <sup>[12],[13]</sup>. Elle tolère néanmoins une grande variété de types de sols, des pH allant de 5 à 8,5 <sup>[13]</sup>, et même une légère salinité qui réduit néanmoins les rendements avec son accroissement <sup>[11]</sup>. Les amendements apportés à sa culture dépendent des habitudes agricoles, de la variété, de la qualité des sols et du niveau technique de surveillance des nutriments présents dans ces sols.

## NPK

Les besoins en azote (N) sont modérés, et principalement concentrés durant la période de forte croissance intermédiaire, alors qu'ils sont réduits pour les jeunes plants ou les cannes en maturation. Ces besoins sont généralement comblés par un amendement lors du semis et après la coupe pour les futurs rejets, traditionnellement avec du fumier ou du compost. Une déficience en azote est marquée par une coloration vert clair des feuilles qui jaunissent, et une mort prématurée des feuilles âgées. La canne à sucre peut mettre en réserve l'azote absorbé mais des apports en fin de cycle de culture entraînent une augmentation du taux d'humidité et de la teneur en sucres réducteurs, ce qui entraîne une baisse du rendement en production sucrière <sup>[14]</sup>. En Australie, des essais de culture de soja comme engrais vert réincorporé au sol, en préalable de la culture de la canne, ont permis de fournir l'équivalent des besoins en azote de deux années de culture de la canne. Des variétés de canne ensemencées avec un symbiote (*Glucoacetobacter diazotrophicus*) fixant l'azote de l'air ont été développées. Au contraire d'autres végétaux pratiquant ce type de symbiose, le symbiote ne se développe pas dans des nodules spécifiques comme c'est le cas de

nombreux légumes, mais dans le milieu intercellulaire de la canne<sup>[15],[16],[17]</sup>.

La canne requiert une bonne quantité de phosphore (P), généralement apportée avant le semis sous forme de fumier à une dose suffisante pour deux récoltes. Une déficience en phosphore se manifeste sur la canne à sucre par des feuilles minces vert foncé qui tournent vers le bleu, des feuilles âgées qui jaunissent et dont les pointes sèchent, et un sous-développement racinaire<sup>[18]</sup>.

La canne présente des besoins élevés en potasse (K), notamment au moment de la maturation et de la floraison, et les cultures nécessitent souvent des apports complémentaires en potasse pour maintenir de bons rendements<sup>[19],[20]</sup>. Une déficience en potasse est marquée par un jaunissement des feuilles par les bords et les pointes, ce qui entraîne un brunissement rapide des feuilles. Les tiges sont minces et molles, et portent un nombre réduit de feuilles<sup>[21]</sup>. Les amendements en potasse tendent à être rapidement absorbés et lessivés par les pluies, ils sont donc généralement apportés en quantités réduites et régulières.

### Calcium

Le calcium est présent dans la membrane et le suc cellulaire de la canne à sucre, où il tend à s'accumuler plutôt dans les tissus âgés en raison de son manque de mobilité. Une déficience en calcium est marquée par une coloration jaune des jeunes feuilles, et des points jaunes qui brunissent sur les feuilles âgées<sup>[22]</sup>. Les carences en calcium sont rares en raison de sa présence en dose suffisante dans la plupart des sols, mais sa forme ionique interagit avec la matière organique et se fait aussi très rapidement lessiver par les pluies.

Les sols possédant un déficit marqué en calcium ont un pH acide, alors qu'une acidité légère de 6,5 est généralement optimale pour la canne à sucre. Des variétés comme la R 570<sup>[22]</sup> sont moins sensibles à l'acidité du pH, et plusieurs tolèrent des acidités allant jusqu'à 5. Le chaulage peut permettre de redresser le pH et compenser un déficit en calcium, mais la plupart des amendements agricoles comme la chaux éteinte ont une action rapide et de courte durée. Un chaulage excessif peut être nocif à la population microbienne des sols et interagir avec les amendements en matière organique ou les engrais azotés pour produire de l'ammoniaque. Des amendements en calcaire sous forme de grains plus grossiers peuvent agir à plus long terme, en se décomposant régulièrement. C'est par exemple le cas des sables provenant du corail et des coquilles de mollusques (généralement sous forme de  $\text{CaCO}_3$ ) ou des calcaires dits grossiers possédant des particules de 2 ou 4 mm dont les parties plus fines sont rapidement utilisées alors que les parties plus grossières agissent dans la durée<sup>[23]</sup>. Leur capacité à augmenter le pH est plus faible et les amendements se font généralement en quantités plus importantes<sup>[22]</sup>.

De façon générale, le dosage du chaulage est difficile à déterminer, et des apports réguliers visant à monter le pH d'un demi-point tous les 3 à 5 ans est jugé moins nocif pour la flore microbienne des sols et vise à éviter les excès.

## Magnésium

Une déficience en magnésium est marquée sur les jeunes feuilles par une coloration vert-clair et un jaunissement, et sur les feuilles âgées par des points jaunes qui tournent au brun orangé. Les déficiences en magnésium sont rares et dépendent du type de sol concerné, une correction de cette déficience se fait généralement en même temps qu'un chaulage du sol plusieurs mois avant les semis<sup>[24]</sup>.

## Récolte

La récolte intervient au bout de 10 à 12 mois, ou 14 à 16 mois selon les pratiques agricoles. Typiquement, la canne présente une période de maturation en saison sèche, où le taux de sucre augmente fortement et où de nombreuses feuilles sèchent. La floraison débute ensuite, suivie de la production de graines. Ces deux éléments entraînent une baisse du taux de sucre, et la canne est donc généralement récoltée juste avant la floraison ou à son début. Un ou deux effeuillages des feuilles mortes avant la récolte sont parfois pratiqués, afin de faciliter le travail des coupeurs.

Traditionnellement, les champs de canne à sucre sont brûlés afin de faire fuir les serpents et autres animaux venimeux, et faciliter l'accès des coupeurs à des champs éclaircis et des tiges de cannes débarrassées de leurs feuilles mortes. Ces feux spectaculaires brûlent intensément et s'éteignent très rapidement. Les coupeurs sectionnent la tige de la canne juste au dessus du premier nœud, l'étêtent, et la coupent parfois en deux si elle est trop longue. La concentration en sucre est maximale dans la partie basse de la tige. Les têtes sont laissées au champ, auquel ils rendent une partie des nutriments en se décomposant. Des boutures peuvent aussi y être taillées. Les tiges de cannes sont ensuite rassemblées et chargées sur un camion qui les transporte jusqu'à l'usine qui est toujours proche des exploitations, car la dégradation du taux de sucre de la canne coupée est rapide : 2,4 points de richesse en 10 jours. Cette dégradation s'accompagne d'une perte de poids de l'ordre de 1 % par jour<sup>[25]</sup>.

La récolte de la canne à sucre peut être mécanisée, divers types d'appareils existent, depuis la petite faucheuse mécanique auto-tractée jusqu'à du matériel lourd. Ces grosses machines à couper la canne présentent généralement de deux à quatre fuseaux en hélices qui attrapent les rangées de tiges de cannes. Le bas et le haut des tiges sont coupés et les cannes sont portées par un tapis roulant vers le côté où elles sont déposées dans un camion. Les cannes coupées par ces machines se dégradent plus rapidement qu'avec des coupeurs manuels, et doivent être rapidement transportés à l'usine. Ce type d'exploitation permet la récolte rapide de grande quantité de canne, et réduit le coût de main d'œuvre dans les pays où les salaires horaires sont élevés. Elle permet également la récolte des cannes sans brûler les champs, ce qui laisse beaucoup de matière organique dans le champ pour la plantation suivante<sup>[26]</sup> et forme un paillis empêchant la repousse des herbes concurrençant les jeunes rejets de canne<sup>[25]</sup>.

Les rendements des champs de canne sont très variables, et dépendent fortement des pratiques agricoles et des conditions naturelles (richesse des sol et climat). Les petites exploitations traditionnelles obtiennent généralement des rendements de l'ordre de 40 tonnes de canne par hectare, les vastes exploitations dotées de matériel et de bonne



Tiges de canne à sucre en maturation : c'est cette partie de la plante qui est récoltée.



Un champ de canne brûlé avant la récolte.

technicités produisent des rendements allant de 60 à 80 tonnes à l'hectare. Les rendements mondiaux sont en constante augmentation, avec une moyenne d'environ 65 tonnes de canne à l'hectare. Certaines exploitations obtiennent des rendements dépassant les 100 à 130 tonnes de canne à l'hectare.



Canne à sucre coupées prêtes à être transportées à la raffinerie.



Têtes et feuilles laissées au champ.



Coupeurs de canne à l'île Maurice.



Récolte mécanisée à Cuba.



Détails de l'avant d'une coupeuse de canne mécanique au Soudan.

## Repousse

Un amendement en fumier ou compost est traditionnellement réalisé sur le pied de la canne coupée qui va produire des rejets. Un champ de canne est exploité de 2 à 10 ans avant d'être replanté. De grandes exploitations très productives replantent après 2 à 3 coupes pour éviter une baisse de rendement. Des exploitations familiales ou traditionnelles exploitent le champ pendant les 10 ans et coupes de sa durée de vie maximale, malgré la baisse de rendement. Certaines exploitations bien gérées parviennent à faire 5, 7 et jusqu'à 10 récoltes sans baisse trop pénalisante du rendement, voire avec une augmentation du rendement au cours des premières coupes.

## Maladies et ravageurs

Les cultures de cannes à sucre peuvent être infectées par des maladies d'origines virales, fongiques ou bactériennes, comme :

- le mildiou
- le Charbon
- la morve rouge
- la rouille brune
- la rouille orangée
- l'échaudure de la feuille
- la tache jaune
- la striure
- le rabougrissement des repousses

- la pourriture des racines à *Pachymetra*
- la mosaïque
- la gommose
- le Ramu Stunt
- la maladie de Fidji ou galle foliaire de Fidji
- les phytoplasmes (feuille blanche, touffe herbacée)

Ces maladies de la canne à sucre sont aisément transmissibles au sein des plantations et entre elles, à cause de la reproduction par bouture<sup>[27]</sup>.

Les cannes à sucre peuvent aussi être menacées par des ravageurs :

- les chenilles qui forent les tiges ou dévorent les feuilles
- les cigales et termites
- les vers blancs et nématodes qui s'attaquent à ses racines
- les fourmis sont également friandes du sucre des cannes et y percent parfois des trous, mais elles sont également bénéfiques à la culture par leur contrôle prédateur des populations des autres insectes, notamment les ravageurs.

La canne à sucre est une plante vivace avec un large développement foliaire qui rend l'accès aux cultures difficiles. En raison de ces contraintes, l'épandage est rarement une solution possible sur des pieds ayant connu plusieurs mois de croissance. La lutte contre les maladies et ravageurs de la canne à sucre s'est donc essentiellement orientée sur la mise en quarantaine des pépinières afin de produire des plants sains, la sélection de variétés résistantes ou tolérantes, et le recours à la lutte biologique.

Les variétés sélectionnées ou vérifiées par des pépinières en quarantaine peuvent être résistantes ou tolérantes à plusieurs des maladies usuelles de la canne à sucre, mais sensibles à d'autres. Ce type de centre nécessite des moyens, un contrôle strict de l'environnement de culture et beaucoup de personnel qualifié, que seuls des instituts nationaux ou de grands groupes sucriers ont les moyens de mettre en œuvre. La pépinière de quarantaine Visacane du Cirad à Montpellier applique par exemple la méthodologie suivante<sup>[27]</sup> :

- application de la quarantaine européenne imposée par la législation pour l'importation de végétaux : les boutures reçues sont traitées avec un insecticide puis mises à germer dans une enceinte de confinement pendant 8 à 10 jours afin d'écartier toute transmission d'insectes parasites.
- application d'une quarantaine internationale imposée par les conditions phytosanitaires d'exportations vers les futurs clients lors de la redistribution des variétés sélectionnées : les précédents plants sont mis en serre pendant 9 à 12 mois et l'apparition de signes de maladies est contrôlée et des tests effectués.
  - Les plants infectés par des maladies incurables sont éliminés.
  - Les variétés ne montrant aucun symptôme et dont les tests sont négatifs, sont déclarées saines. Les plants sains et ceux qui montrent une infection bactérienne curable sont systématiquement traités par thérapie longue afin d'écartier le plus possible de potentiels ravageurs, maladies bactériennes et fongiques : les boutures sont trempées pendant 48 heures dans de l'eau à 25 °C, et pendant 3 heures à la température de 50 °C. Les plants qui montraient précédemment des signes d'infection bactérienne retournent ensuite en quarantaine européenne.
  - Les variétés provenant de pays où sont présentes des maladies peu connues et les variétés infectées par des maladies virales qui sont dans certains cas récupérables (par exemple infection dite de la feuille jaune ou par le virus de la mosaïque en tirets), sont traitées par une culture in vitro d'apex ou de méristème apical qui donnera des plants sains qui devront subir à nouveau l'ensemble du processus en commençant par la quarantaine européenne.
- La quarantaine internationale passe par un deuxième cycle de culture des variétés précédemment déclarées saines afin de procéder à la multiplication des plants et effectuer de nouveaux tests. Certaines maladies peuvent encore apparaître à ce stade : les plants qui sont incurables sont éliminés, les autres subissent une culture in-vitro.

Les variétés déclarées saines à la fin de ce processus sont ensuite expédiées vers les clients (exploitants, autres pépinières, créateurs de nouvelles variétés par hybridation), après réception d'une copie du permis d'importation provenant du pays destinataire. Certaines variétés de canne à sucre peuvent être librement distribuées, mais d'autres font l'objet d'une protection de la propriété intellectuelle et sont réservées aux échanges entre stations de création variétale ou nécessitent l'établissement de contrats avec généralement un paiement de redevances<sup>[28]</sup>.

Ce type de pépinière permet la diffusion de plants sains et de variétés résistantes ou tolérantes à plusieurs maladies usuelles de la canne à sucre. Les stations de créations variétales procèdent à l'hybridation par fécondation, alors que la reproduction par bouture est un clonage qui transmet le même patrimoine génétique aux rejetons.

Le traitement de champs de culture de canne attaqués par des ravageurs peut se faire dans certains cas grâce à la lutte biologique. Le champignon *Beauveria brongniartii* est un parasite des larves d'un coléoptère hanneton ravageur des champs de canne à sucre. Des granulés contenant les spores de ce champignon peuvent être répandus sur les sols de culture, ou on libère dans les champs des coléoptères adultes contaminés par les spores de ce champignon afin qu'ils les transmettent à leurs congénères. Des guêpes trichogrammes sont élevées afin d'en libérer plusieurs milliers dans les champs de canne, car elles vont ensuite pondre leurs œufs dans un papillon dont les chenilles creusent les tiges de canne<sup>[29]</sup>.

## Traitement

La canne récoltée, sous forme de tronçons de tiges, est transportée dans une unité de transformation, le plus souvent une sucrerie, pour être traitée. Les tiges sont broyées dans un moulin et produisent un liquide sucré, le jus de canne ou vesou, ainsi qu'un résidu fibreux, la bagasse. Le vesou fait l'objet d'une évaporation, conduisant au sirop, lequel est clarifié puis concentré pour en extraire le sucre cristallisé brut, la cassonade. Celle-ci donne le sucre roux, qui sera ensuite éventuellement transformé en sucre blanc dans une raffinerie.



Transport des cannes vers la sucrerie.

## Fabrication du sucre de canne

Le sucre que renferment les tiges de canne est du saccharose. Ce saccharose est l'un des produits de la photosynthèse (transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique). La canne accumule ce sucre dans ses tiges comme réserve énergétique. La quantité de saccharose contenue dans la canne est en moyenne de 12 à 15 %. Pour extraire et concentrer ce sucre, la canne doit être soumise à un traitement qui s'est complexifié avec les années. Aujourd'hui, le processus s'est grandement mécanisé et permet d'obtenir un produit d'une grande pureté.

Voici les principales opérations pour extraire le sucre de la canne :

1. Préparation : d'abord, les cannes sont déchiquetées mécaniquement afin de faciliter le broyage.
2. Extraction : Le jus est extrait par broyage ou par diffusion. Dans le cas du broyage, on utilise des moulins dits « conventionnels » ou des MillMax. Dans le cas de la diffusion, on opère par lixiviation.
3. Clarification : le vesou qui contient un grand nombre d'impuretés est épuré par tamisage, par chauffage et par ajout de chaux (chaulage).
4. Évaporation : le jus clair est chauffé à différentes températures dans des évaporateurs à pression réduite. L'eau s'élimine sous forme de vapeur et on obtient le sirop.
5. Cristallisation : dans des chaudières, le sirop est chauffé à 55 °C et à pression réduite. Il se transforme en masse pâteuse, la masse cuite qui renferme des cristaux de sucre et un liquide visqueux appelé liqueur-mère.
6. Malaxage-Turbinage : la masse cuite est malaxée et turbinée dans une centrifugeuse afin de séparer les cristaux de sucre et le sirop d'égout. On obtient le sucre de premier jet.
7. Première reprise des égouts : les sirops d'égout sont malaxés et turbinés à nouveau pour obtenir le sucre de deuxième jet.
8. Deuxième reprise des égouts : les sirops d'égout sont malaxés et turbinés une seconde fois. On obtient le sucre de troisième jet et la mélasse. Le sucre de troisième jet peut être refondu pour être mélangé en premier jet.
9. Séchage : les cristaux de sucre sont séchés.
10. Emballage : les cristaux de sucre sont finalement mis dans des sacs. Dans les pays producteurs, le sucre roux obtenu est souvent vendu et consommé tel quel. Pour obtenir le sucre blanc, le sucre roux doit subir une série d'opérations de raffinage en usine.



Broyage.



Fabrication du sucre.

### **La méthode dite du Père Labat**

Introduite en 1654 par les exilés hollandais en provenance du Brésil, la méthode traditionnelle de fabrication du sucre dans les habitations antillaises ne sera pratiquement pas modifiée pendant près de deux siècles. Cette méthode a été décrite avec beaucoup de précision par un moine dominicain, le père Jean-Baptiste Labat, au point qu'elle porte aujourd'hui son nom<sup>[30]</sup>.

Dans la méthode traditionnelle, la chaîne des opérations passe par une succession de six chaudières d'un mètre de diamètre environ, chacune possédant un nom et une fonction spécifiques : le jus de canne était d'abord recueilli dans la Grande, puis il passait dans la Propre où il était clarifié, dans le Flambeau où il était réduit une première fois, ensuite dans le Sirop et, enfin, le sirop obtenu terminait sa cuisson dans la Batterie. Une fois la cuisson terminée, le sucre liquide est versé dans de grands bacs en bois, les « rafraîchissoirs », où il cristallise. Le sucre refroidi - ou masse cuite - est déposé dans des récipients percés de trous pour laisser couler le sirop. Au bout de quatre semaines, le sucre est purgé de tout son sirop et prêt pour être exporté. Le sirop est recueilli pour produire par distillation un rhum industriel de qualité inférieure au rhum agricole.

### **Production artisanale de sucre de canne entier**

Une production sucrière artisanale est encore pratiquée dans de petites exploitations agricoles dans des pays peu mécanisés, comme en Amérique du Sud, en Afrique ou le sous-continent indien. Dans de petites plantations assurant elles-mêmes la production de sucre de canne non raffiné, la canne est encore parfois broyée dans une presse artisanale composée de deux cylindres verticaux dont une partie forme un engrenage assurant le couplage des deux cylindres, et dont le mouvement rotatif est assuré par une courroie reliée à un moteur ou par un palan mu par traction animale (typiquement un bœuf, ou un mulet en Amérique du sud). Le jus de canne (vésou) coule ensuite le long d'une rigole jusqu'à une grande marmite en forme de parabole (2 à 3 mètres de diamètre) surmontant un four dont le combustible est la bagasse séchée. Le jus est ainsi chauffé pour faire évaporer l'eau dans une succession de marmites. Le transvasement successif permet notamment de retirer la plus grande partie des résidus de canne encore présents dans le jus. Le sirop est ensuite refroidi afin de former des pains de :

- *panela* en Amérique du Sud et dont le principal producteur est la Colombie,
- *jaggery* ou *gur* dans le sous-continent indien (Inde, Pakistan et Sri Lanka),
- *muscovado* aux Philippines,
- *rapadura* (portugais) au Brésil et en Amérique latine.
- le produit vendu par Pronatec sous la marque Sucanat.

Le procédé de fabrication du sirop de canne est presque identique, avec une durée de cuisson plus courte, qui donne un produit fini liquide plutôt que solide. Ce type de production est encore réalisée de façon artisanale en Floride, par des associations ou des particuliers, généralement dans le cadre de la conservation du patrimoine culturel et traditionnel.

Ce type de sucre de canne non raffiné contient encore la plus grande partie de sa mélasse.



La *panela*.



Cuisson de *jaggery* en Inde, dans de grandes marmites paraboliques.



Bloc de *jaggery* indien (qui se présente aussi sous d'autres formes).

## Sous-produits

### Bagasse

La bagasse est composée des résidus fibreux issus du broyage (écrasement) de la canne à sucre coupée pour l'extraction du jus de canne. La bagasse représente environ 30 % du poids de canne coupée amenée en usine. Son taux d'humidité se situe entre 40 et 50 %, et elle contient encore une petite quantité de sucre résiduel. La bagasse séchée est composée pour moitié de cellulose, l'autre moitié étant principalement de l'hémicellulose et de la lignine.

La production mondiale de bagasse se situe entre 250 et 350 millions de tonnes par an. Environ 60 % de cette production est utilisée comme combustible dans les sucreries<sup>[31]</sup>, pour chauffer les fours et pour la production d'électricité (production de vapeur par combustion dans une chaudière reliée à un turbo-alternateur), servant à l'alimentation énergétique de l'unité de transformation, qui fonctionne pratiquement en autosuffisance énergétique. En dehors des sucreries, la bagasse peut-être aussi brûlée dans des centrales à bagasse pour la production de chaleur et d'électricité<sup>[32],[33]</sup>. L'excédent de bagasse non utilisée comme combustible peut servir à la fabrication de papier, des panneaux de particules, de la litière pour les animaux, servir de nourriture pour le bétail, être valorisé comme base de compost, etc.

Comme combustible, la bagasse est généralement entreposée pour être séchée, la décomposition du sucre résiduel entraînant une réaction exothermique qui aide à son séchage. Pour la production de papier, la bagasse est conservée humide, afin de faciliter les opérations suivantes : les résidus de sucre et la moelle de surface qui enrobe la tige de canne doivent en effet être retirés avant la transformation en papier<sup>[31]</sup>.

Comme aliment pour le bétail, la bagasse est souvent trempée de mélasse, un autre sous-produit de la fabrication du sucre. Elle est généralement réservée au bétail adulte, alors que sa digestion par de jeunes veaux peut être énergétiquement peu rentable<sup>[31]</sup>. Divers traitements ont été tentés pour améliorer la digestibilité de la bagasse par le bétail, par exemple en la broyant ou en la trempant dans un bain de soude à 2 % afin de dissoudre la lignine et rendre la cellulose plus accessible aux enzymes digestifs<sup>[31]</sup>.

### Jus de canne

Le jus de canne est extrait par passage des tiges de canne à sucre dans une presse. Ce jus appelé vesou contient 70 % d'eau, 14 % de saccharose, 14 % de matière ligneuse et 2 % d'impuretés. Il est consommé comme boisson dans de nombreux pays, souvent accompagné d'un peu de jus de citron et de glace pilée (*guarapa*). De petites presses à main mécaniques existent pour cet usage et servent dans le cadre familial, dans la restauration ou par les vendeurs des rues.

En sucrerie, le jus de canne fait l'objet d'une évaporation, conduisant au sirop, lequel est clarifié puis concentré pour en extraire le sucre cristallisé brut, la cassonade. La cassonade donne le sucre roux, qui peut être commercialisé directement ou transformé en sucre blanc dans une raffinerie. Le vesou peut également faire l'objet d'une fermentation et d'une distillation, pour obtenir le rhum agricole. C'est le cas notamment dans les départements d'outre-mer français (Martinique, Guadeloupe, Guyane et un peu La Réunion).

Dans de nombreux pays d'Amérique du Sud ou d'Asie, le jus de certaines variétés de canne à sucre est également porté à haute température pour produire un aliment très commun, désigné par de nombreuses appellations différentes, dont l'une des plus courantes est *panela*, ou *jaggery* dans le sous-continent indien. Le même type de procédé est utilisé pour produire le sirop de canne, mais la cuisson est plus courte : il s'agit essentiellement de jus de canne dont une partie de l'eau a été évaporée.



Jus de canne par un vendeur de boisson de rue.



Petite machine à jus de canne mue par un moteur à combustion.



Le jus de canne ainsi pressé est ensuite filtré par une petite passoire.

### Mélasse

La mélasse est le résidu liquide après extraction du sucre du jus de la canne. La mélasse est encore très sucrée, noirâtre et visqueuse. Elle contient encore une faible quantité de sucre, de la vitamine B6 et des minéraux (calcium, magnésium, potassium et fer). Elle peut faire l'objet d'une fermentation et d'une distillation, pour produire le rhum industriel (autrefois dénommé le tafia aux Antilles), également appelé de nos jours rhum de mélasse ou rhum traditionnel de sucrerie (RTS) dans les départements d'outre-mer (Dom). En 1996, le rhum agricole de la Martinique a accédé au statut d'Appellation d'origine contrôlée (AOC), obtenue par les acteurs de la filière après plus de vingt ans de démarches<sup>[34]</sup>.

La mélasse peut également être fermentée et distillée pour la production d'alcool pur ou d'éthanol, à des fins pharmaceutiques ou, de plus en plus, de biocarburant, carburant aux véhicules (de façon de plus en plus importante notamment au Brésil). Cette fermentation peut aussi permettre la production d'acétone, de glycérol et d'acide citrique<sup>[35]</sup>.

La mélasse est aussi utilisée pour l'alimentation humaine ou pour l'alimentation du bétail (souvent en mélange avec la bagasse). Elle est aussi utilisée comme aliment de base pour la culture de levure de boulanger<sup>[35]</sup>.



Mélasse noire et très visqueuse issue de l'extraction maximale du sucre cristallisé présent dans le jus de canne.

La mélasse peut servir ralentir la solidification (prise) d'une coulée de ciment Portland afin que la coulée suivante lui colle bien malgré un délai de quelques jours. Sans ralentisseur de prise la coulée suivante ne collera pas sur un ciment trop solidifié.

La mélasse peut également servir d'engrais, notamment comme amendement dans les champs de canne à sucre.

## Autres usages

### Canne de bouche

Cette section est vide, insuffisamment détaillée ou incomplète. est la bienvenue !

Les tiges de canne à sucre servent aussi directement à l'alimentation humaine, comme friandise. La moelle externe très dure est retirée, et le tronçon de canne est coupée en quatre dans le sens vertical pour être mastiquée.

### Production d'éthanol

Cette section est vide, insuffisamment détaillée ou incomplète. est la bienvenue !

La culture de la canne se développe fortement au Brésil, pour la production de biocarburant.

## Aspects économiques

Plus de cent pays sur 130 000 km<sup>2</sup> en font pousser. Les vingt premiers ont récolté 1 218 millions de tonnes en 2003, soit 91 % du total. Les plus gros producteurs sont le Brésil, l'Inde et la Chine.



L'Australie est restée un relativement petit producteur de sucre de canne, mais cette culture a localement été importante dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (sur la photo, à Cairns, en 1890, avec des "travailleurs insulaires", main d'œuvre comme aux États-Unis faiblement payée). Elle a contribué à la déforestation et à la dégradation de certains sols.

Principaux pays producteurs			
2003 (Source FAO)	Surface cultivée (kHa)	Rendement (q/Ha)	Production (Mt)
Monde	20 419,7	652,9	1 333,3
Brésil	5 342,9	722,9	386,2
Inde	4 607,6	628,6	289,6
République populaire de Chine	1 328	695,6	92,4
Thaïlande	970,0	664,0	64,4
Pakistan	1 086	479,3	52,1

Mexique	639,1	706,1	45,1
Colombie	435,0	841,4	36,6
Australie	423,0	851,3	36,0
États-Unis	403,8	775,2	31,3

<b>Production en tonnes. Chiffres 2003-2004</b> <sup>[36],[37]</sup>				
Brésil	389 848 992	29 %	411 009 984	31 %
Inde	281 600 000	21 %	244 800 000	19 %
Chine	92 039 300	7 %	93 200 000	7 %
Thaïlande	78 170 000	6 %	63 707 272	5 %
Pakistan	52 055 800	4 %	52040000	4 %
Mexique	45 126 500	3 %	45126500	3 %
Colombie	37 000 000	3 %	37100000	3 %
Australie	37 968 000	3 %	36892000	3 %
Philippines	25 865 000	2 %	28000000	2 %
États-Unis	30 714 550	2 %	27 501 310	2 %
Indonésie	24 500 000	2 %	24 600 000	2 %
Cuba	22 901 600	2 %	24 000 000	2 %
Argentine	19 250 000	1 %	19 500 000	1 %
Afrique du Sud	20 418 932	2 %	19 291 800	1 %
Guatemala	17 500 000	1 %	18 000 000	1 %
Viêtnam	16 524 900	1 %	16 600 000	1 %
Égypte	16 334 763	1 %	16 335 000	1 %
Autres pays	143 776 462	11 %	140 167 208	11 %
<b>Total</b>	<b>1 351 594 799</b>	<b>100 %</b>	<b>1 317 871 074</b>	<b>100 %</b>

Le plus important producteur de sucre de canne européen est le groupe Quartier Français, dont le siège social se trouve à Sainte-Suzanne, à La Réunion.

La concurrence du sucre de betterave est très forte, mais ses rendements sont plus faibles, en particulier en comparaison des productions en pays tropicaux mécanisés disposant d'un climat favorable. La culture de la canne à sucre a connu de nombreux pics et crises au cours de son histoire (abolition de l'esclavage, propagation de maladies et parasites, développement de la betterave sucrière, etc.), mais aussi un fort regain d'intérêt depuis le développement récent des biocarburants.

## Histoire

La canne à sucre est connue depuis la préhistoire (Néolithique), et serait originaire de Nouvelle-Guinée ou d'Indochine. Sa culture s'est progressivement étendue aux îles avoisinantes, puis a gagné l'Inde et la Chine. L'extraction de sucre de canne est attestée en Chine environ six siècles avant Jésus-Christ. C'est l'expédition d'Alexandre le Grand jusqu'à l'Indus aux alentours de -325 qui la fit connaître la première fois aux Européens, on en retrouve la trace dans les écrits de Néarque.

Elle fut importée en Perse vers le VI<sup>e</sup> siècle. À partir du VII<sup>e</sup> siècle, les Arabes l'introduisirent depuis la Perse dans l'ensemble des territoires qu'ils occupèrent, notamment à Chypre, en Crète, et jusqu'en Espagne au cours du VIII<sup>e</sup> siècle. L'exploitation de ces grandes plantations est réalisée par des esclaves, mode de production qui persistera jusqu'à l'abolition de l'esclavage. L'Occident va redécouvrir le sucre avec les croisades : la première apparition du mot en français date du XII<sup>e</sup> siècle, chez Chrétien de Troyes, et il est emprunté à l'arabe.

Ce produit reste dans un premier temps en Europe vendu par les apothicaires (d'où il tire son nom latin *Saccharum officinarum*). À partir du XIII<sup>e</sup> siècle, l'intensification du commerce, le goût du luxe et l'ascension de la nouvelle classe bourgeoise dans les villes répand son usage.

Ce sont les villes marchandes italiennes, Venise et Gênes en premier, qui se livrent à ce fructueux commerce avec l'Orient. Le sucre y est acheté dans les comptoirs du Levant mais les commerçants italiens implantent aussi des colonies de plantation sur les bords de la mer Noire et dans les îles méditerranéennes.

La prise de Constantinople par les Turcs donne un coup d'arrêt au commerce avec la mer Noire et les villes italiennes se tournent alors vers d'autres centres de production et d'approvisionnement : la canne déjà cultivée dans les possessions méditerranéennes, Îles Baléares, Sud de l'Espagne et du Portugal est introduite dans les Nouvelles Îles atlantiques récemment découvertes (Îles Canaries) puis dans les conquêtes des Indes occidentales.

La canne à sucre fut introduite dans les Antilles par Christophe Colomb lors de son second voyage en 1493, où grâce au climat favorable sa culture a rapidement prospéré. Cette culture qui nécessite une abondante main d'œuvre a alimenté le trafic des esclaves en provenance d'Afrique puis, une fois l'abolition de l'esclavage prononcée, le recours à l'engagisme.

La propagation de la canne, qui se fait très facilement par boutures, atteint rapidement toute l'Amérique centrale, notamment Saint-Domingue, Cuba, le Mexique et la Louisiane. Tous les clones initialement introduits provenaient du bassin méditerranéen, mais au cours du XIX<sup>e</sup> siècle de nouvelles introductions ont été faites depuis Tahiti et Java. La fameuse expédition du Bounty commandée par le capitaine Bligh en 1787-1789 avait pour objectif de rapporter de Tahiti jusqu'à la Jamaïque des boutures de canne à sucre et d'arbre à pain.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, la culture de la canne est généralisée dans les colonies françaises. Dans *De l'esprit des lois*, Montesquieu caricature la défense des exploitants sucriers esclavagistes : « Le sucre serait trop cher, si l'on ne faisait cultiver la plante par des esclaves. »

La Révolution française perturba le transport maritime du sucre issu de la canne avec les colonies. Puis au début du XIX<sup>e</sup> siècle, le Blocus continental instauré par l'empire napoléonien contre l'Angleterre provoqua une flambée des prix. Le sucre de betterave fut alors développé et concurrence depuis la canne à sucre.



Vieux presseur à canne à sucre en bois dans le Goiás, Brésil

## Métiers d'autrefois

Cette section doit être **recyclée**. Une réorganisation et une clarification du contenu sont nécessaires. Discutez des points à améliorer en page de discussion.

La culture de la canne à sucre demandait beaucoup de main-d'œuvre, de travailleurs agricoles. Voici quelques-uns des métiers autrefois recensés dans une habitation sucrière des Antilles :

Les sarcleurs, coupeurs et amarreuses

Comme les noms l'évoquent, ils sarclaient les champs de canne, coupaient les cannes au moment de la récolte et les amarraient par tas pour faciliter le transport jusqu'à l'usine.

Les ti-band' (petites bandes)

Ils étaient constituées par les enfants qui mettaient du fumier, enlevaient les feuilles sèches des cannes, marchaient devant les bœufs pour les guider, etc.

Le commandeur

Il distribue les tâches, dirige, surveille et vérifie le travail dans les champs (c'était souvent un mulâtre).

Le gèreur (souvent un béké)

C'est lui qui faisait la gestion des propriétés agricoles et qui prenait les décisions.

L'économe

Il tient les finances, contrôle et gère le budget. C'est le bras droit du gèreur.

Pour conduire les cabrouets ou charrues à bœufs, il y avait :

Le guide

Un enfant (le plus souvent) qui marchait devant les bœufs pour les diriger.

Le conducteur

Il tenait et appuyait sur les bras de la charrue lors du labourage des champs.

L'aiguillonneur

Il marchait à côté des bœufs armé d'un fouet ou d'une gaule munie d'un aiguillon d'acier et qui fouettait ou piquait les bêtes pour les faire avancer. Selon la taille de l'attelage, il pouvait y avoir deux aiguillonneurs.

## Notes et références

[1] FAO, 2008.

[2] FAO, .

[3] <http://www.maep.gov.mg/filtecanesucre.htm>

[4] contrairement à la plupart des autres Graminées, la moelle ne se résorbe pas.

[5] Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Analyse cytogénétique de la canne à sucre

[6] <http://www.patentstorm.us/patents/6543373/description.html>

[7] <http://www.canne-progres.com/irrigation/irrigation-03.pdf>

[8] [http://www.afcas.info/documents/t3a-a-31\\_ABDEL-AZIZ.pdf](http://www.afcas.info/documents/t3a-a-31_ABDEL-AZIZ.pdf)

[9] <http://www.canne-progres.com/irrigation/irrigation-05.pdf>

[10] <http://www.netafim.fr/story/sugar-cane-in-philippines>

[11] [http://www.sugarcane-crops.com/soil\\_requirement/](http://www.sugarcane-crops.com/soil_requirement/)

[12] <http://www.vohikala.net/telecharger/canne-a-sucre.pdf>

[13] <http://www.unctad.org/infocomm/francais/sucre/culture.htm>

[14] [http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil\\_azote.php](http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil_azote.php)

[15] Yamada, Y., Hoshino, K. & Ishikawa, T. (1998). "*Gluconacetobacter* corrig. (*Gluconoacetobacter* [sic]). In Validation of Publication of New Names and New Combinations Previously Effectively Published Outside the IJSB, List no. 64. *Int J Syst Bacteriol* **48**:327-328.

[16] Z. Dong et al., A Nitrogen-Fixing Endophyte of Sugarcane Stems (A New Role for the Apoplast) (<http://www.plantphysiol.org/cgi/content/abstract/105/4/1139>), *Plant Physiology*, 1994, Vol 105, Issue 4 1139-1147

[17] R. M. Boddey, S. Urquiaga, V. Reis and J. Döbereiner, Biological nitrogen fixation associated with sugar cane (<http://www.springerlink.com/content/t31u80v263651648/>), *Plant and Soil*, Volume 137, Number 1 / November, 1991

- 
- [18] [http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil\\_phosphore.php](http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil_phosphore.php)
- [19] <http://www.epa.gov/gmpo/cac/pdf/mtng-feb-08-sugarcane-production-recom.pdf>
- [20] <http://www.fao.org/docrep/008/y5998e/y5998e0c.htm>
- [21] [http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil\\_potassium.php](http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil_potassium.php)
- [22] [http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil\\_calcium.php](http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil_calcium.php)
- [23] <http://www.amisol.fr/media/documents/modaliteschaulage.pdf>
- [24] [http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil\\_magnesium.php](http://www.canne-progres.com/fertilisation/fertil_magnesium.php)
- [25] <http://www.reunion.chambagri.fr/-Canne-a-sucre->
- [26] [http://www.mvad-reunion.org/FCKeditorFiles/File/fiches/cult\\_canne\\_sucre.pdf](http://www.mvad-reunion.org/FCKeditorFiles/File/fiches/cult_canne_sucre.pdf)
- [27] [http://visacane.cirad.fr/qui\\_sommes\\_nous](http://visacane.cirad.fr/qui_sommes_nous)
- [28] [http://visacane.cirad.fr/qui\\_sommes\\_nous/propriete\\_intellectuelle](http://visacane.cirad.fr/qui_sommes_nous/propriete_intellectuelle)
- [29] <http://www.cirad.fr/publications-ressources/science-pour-tous/dossiers/canne-a-sucre/ce-qu-il-faut-savoir/ennemis>
- [30] Voyage aux Isles, J.-B. Labat, intro. Michel Le Bris, (Phébus Libretto, Paris, 1993)
- [31] FAO (<http://www.fao.org/ag/aGa/AGAP/FRG/afris/Fr/Data/552.HTM>)
- [32] Sucrerie de Bois-Rouge ([http://www.bois-rouge.fr/br/fab\\_03.htm](http://www.bois-rouge.fr/br/fab_03.htm))
- [33] « L'usine sucrière de demain se construit à Savannah ([http://www.lexpress.mu/display\\_article.php?news\\_id=79060](http://www.lexpress.mu/display_article.php?news_id=79060)) », *L'Express*.
- [34] CTCS - Centre technique de la canne et du sucre de Martinique (<http://www.ctcs.mq>)
- [35] John Emsley, Guide des produits chimiques à l'usage du particulier, Paris, Odile Jacob, juin 1996, 336 p. (ISBN 2-7381-0384-7), p. 32-33
- [36] les États-Unis et la Chine sont aussi d'importants producteurs de betteraves à sucre.
- [37] Données de FAOSTAT (FAO)
-

# Sources et contributeurs de l'article

**Canne à sucre** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=85270914> *Contributeurs*: A2, Alain.Darles, Alain843, Archeos, BTH, Bertol, Bob08, Bogazliyan, Ccmpp, Chftn, Cognomaure, CommonsDelinker, Céréales Killer, Dake, David.Monniaux, Dhatier, Drongou, EDUCA33E, Ediacara, Enzo, Epop, Eric le libéral, F.very, Fafnir, Fcarcena01, Former user 1, Ft74, GDC, Galanga, Garulfo, Gaspard, Gbdivers, Geralix, Grondin, Gzen92, Helldjinn, Hercule, Humboldt, JP Brigand, Jaymz Height-Field, Jef-Infojef, Jeffdelonge, Jeremy salard, Ji-Elle, Joker-x, Jpm2112, Kelson, Kerflyn, Kimdime, Korrigan, Lamiot, Lilyu, Litlok, Marilyn, Mbolidi-Baron, Millot, Mirgolth, Monsieur Truite, N.i.k.o.l.a.s, Nico V, Nicolas Ray, Ordesiles, Orthogaffe, Padawane, Patrick.charpiat, Pautard, PhilBois, Pixeltoo, Polarman, PouX, Raminagrobis, Roby, Romainbehar, Rune Obash, Rémi, Salix, Sam Hocevar, Sebast971, Semnoz, Shawn, Ske, Spedona, Stanlekub, Sting, Stéphane33, Sylveno, Tavernier, Thierry Caro, Tux-Man, TwoWings, Valérie75, Verbex, Vincnet, Vlaam, VonTasha, Wuyouyuan, ZeroJanvier, Zubro, Zyzomys, 70 modifications anonymes

## Source des images, licences et contributeurs

**Image:Disambig colour.svg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Disambig\\_colour.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Disambig_colour.svg) *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Bub's

**Image:Saccharum\_officinarum\_-\_Köhler-s\_Medizinal-Pflanzen-125.jpg** *Source*:

[http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Saccharum\\_officinarum\\_-\\_Köhler-s\\_Medizinal-Pflanzen-125.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Saccharum_officinarum_-_Köhler-s_Medizinal-Pflanzen-125.jpg) *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen

**Image:Kew.gardens.sugar.cane.arp.jpg** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Kew.gardens.sugar.cane.arp.jpg> *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Anna reg, Arpingstone, Dantadd, Erin Silversmith, Paulbe, Quadell, WereSpielChequers, Yann, Yarl

**Image:Canne en fleur.jpeg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Canne\\_en\\_fleur.jpeg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Canne_en_fleur.jpeg) *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0,2.5,2.0,1.0 *Contributeurs*: Ft74

**File:Starr 020802-0003 Saccharum officinarum.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Starr\\_020802-0003\\_Saccharum\\_officinarum.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Starr_020802-0003_Saccharum_officinarum.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution 3.0 *Contributeurs*: Forest & Kim Starr

**File:2007-09-09 Mauritius 07.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:2007-09-09\\_Mauritius\\_07.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:2007-09-09_Mauritius_07.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contributeurs*: Hansueli Krapf

**File:Starr 050407-6278 Saccharum officinarum.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Starr\\_050407-6278\\_Saccharum\\_officinarum.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Starr_050407-6278_Saccharum_officinarum.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution 3.0 *Contributeurs*: Forest & Kim Starr

**File:Starr 030824-0002 Saccharum officinarum.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Starr\\_030824-0002\\_Saccharum\\_officinarum.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Starr_030824-0002_Saccharum_officinarum.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution 3.0 *Contributeurs*: Forest & Kim Starr

**Image:Sugar cane dsc09008.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugar\\_cane\\_dsc09008.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugar_cane_dsc09008.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Contributeurs*: User:David.Monniaux

**Image:Bagasse dsc08999.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Bagasse\\_dsc08999.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Bagasse_dsc08999.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Contributeurs*: User:David.Monniaux

**File:Sugar cane mauritius2 hg.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugar\\_cane\\_mauritius2\\_hg.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugar_cane_mauritius2_hg.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs*: Hannes Grobe, AWI

**File:Sugarcane harvest Piracicaba 05 2009 5783.JPG** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugarcane\\_harvest\\_Piracicaba\\_05\\_2009\\_5783.JPG](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugarcane_harvest_Piracicaba_05_2009_5783.JPG) *Licence*: Creative Commons Attribution 3.0 *Contributeurs*: Mariordo Mario Roberto Duran Ortiz

**File:Sudan Envoy - Kenana Machinery (cropped).jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sudan\\_Envoy\\_-\\_Kenana\\_Machinery\\_\(cropped\).jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sudan_Envoy_-_Kenana_Machinery_(cropped).jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution 2.0 *Contributeurs*: Sudan Envoy

**File:Remorques-usine-Beaufonds-1.JPG** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Remorques-usine-Beaufonds-1.JPG> *Licence*: Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Contributeurs*: Thierry Caro

**File:Engenho da Calheta 437.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Engenho\\_da\\_Calheta\\_437.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Engenho_da_Calheta_437.jpg) *Licence*: GNU Free Documentation License *Contributeurs*: RHaworth

**Image:Sugar plant dsc09052.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugar\\_plant\\_dsc09052.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugar_plant_dsc09052.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Contributeurs*: User:David.Monniaux

**File:Panela-2.jpg** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Panela-2.jpg> *Licence*: Creative Commons Attribution 3.0 *Contributeurs*: Panela.jpg; Jdvillalobos derivative work: Fritzs (talk)

**File:Jaggery.jpg** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Jaggery.jpg> *Licence*: GNU Free Documentation License *Contributeurs*: The.lawrd at en.wikipedia

**File:Sa-indian-gud.jpg** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sa-indian-gud.jpg> *Licence*: Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Contributeurs*: Sanjay ach

**Fichier:Sugarcane juice vendors, Dhaka.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugarcane\\_juice\\_vendors,\\_Dhaka.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sugarcane_juice_vendors,_Dhaka.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution 2.0 *Contributeurs*: Steve Evans from India and USA

**File:YosriMesinTebu.jpg.jpg** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:YosriMesinTebu.jpg.jpg> *Licence*: inconnu *Contributeurs*: Yosri at ms.wikipedia

**File:Making the guarapa from the sugarcane.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Making\\_the\\_guarapa\\_from\\_the\\_sugarcane.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Making_the_guarapa_from_the_sugarcane.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0,2.5,2.0,1.0 *Contributeurs*: Panther

**File:Blackstrapmolasses.JPG** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Blackstrapmolasses.JPG> *Licence*: Creative Commons Attribution 3.0 *Contributeurs*: Badagnani

**Fichier:StateLibQld 1 114288 Group of South Sea Islanders, Cairns, 1890.jpg** *Source*:

[http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:StateLibQld\\_1\\_114288\\_Group\\_of\\_South\\_Sea\\_Islanders,\\_Cairns,\\_1890.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:StateLibQld_1_114288_Group_of_South_Sea_Islanders,_Cairns,_1890.jpg) *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Lamiot

**Fichier:Old sugarcane press in Goiás.jpg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Old\\_sugarcane\\_press\\_in\\_Goiás.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Old_sugarcane_press_in_Goiás.jpg) *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contributeurs*: Eric Gaba (Sting - fr:Sting)

## Licence

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported  
 //creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/