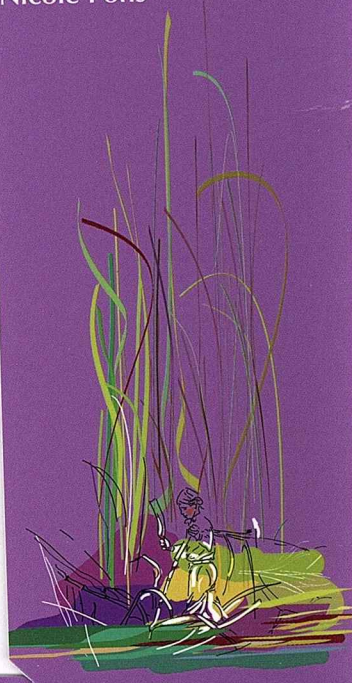
Canne à sucre

Cirad

Conception et réalisation

Delphine Guard-Lavastre
Nicole Pons



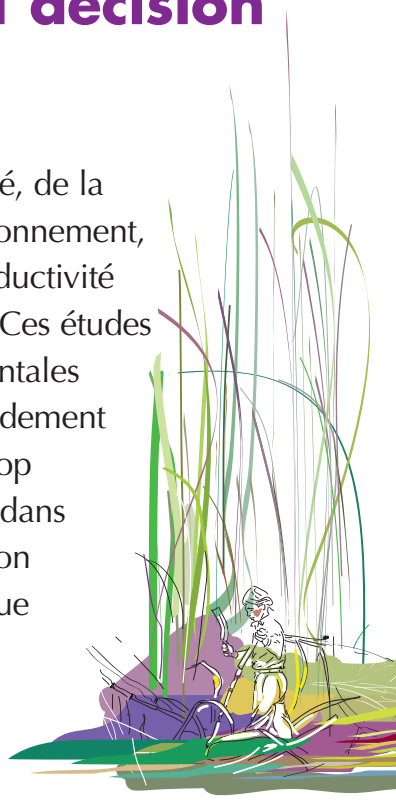
Contact

François-Régis Goebel
Correspondant de la filière canne à sucre
Cirad
Avenue Agropolis, TA B-102 / 02
34398 Montpellier Cedex 5, France
francois-regis.goebel@cirad.fr
canne@cirad.fr

Modélisation du fonctionnement de la canne à sucre

Du **diagnostic** agroclimatique de productivité à l'**aide à la décision**

L'optimisation de la productivité, de la parcelle au bassin d'approvisionnement, nécessite un diagnostic et des prévisions de la productivité ainsi qu'une amélioration des itinéraires techniques. Ces études doivent prendre en compte les conditions environnementales et culturales variées, et être réalisées à moindre coût et rapidement en raison des fluctuations du contexte mondial. L'expertise est trop approximative, l'expérimentation classique est coûteuse, lente et limitée dans le nombre de stratégies et de situations environnementales testées. L'utilisation d'outils de simulation de l'évolution de la croissance et du milieu est devenue incontournable.



Simuler la production pour optimiser les pratiques culturales

A l'aide d'un modèle de croissance de la canne à sucre et d'une plateforme de simulation, le Cirad propose des itinéraires techniques adaptés et des diagnostics utilisant des simulations. Il offre des expertises aux planteurs et à la recherche locale.

Appui à la production

- Prévisions de la quantité et de la qualité de la récolte en vue de son organisation.
- Estimations des potentialités de production d'une région, d'une pratique culturale comme par exemple l'irrigation.
- Evaluation de l'impact des changements climatiques.
- Diagnostics de production au niveau de l'exploitation.

Appui à la recherche-développement

- Optimisation de stratégies culturales (irrigation, dates de coupe, écartement, choix variétal...).
- Appui à la sélection variétale : analyse de l'interaction génotype x environnement, choix des variétés à tester selon le climat, le sol et les pratiques telles que l'irrigation et la mécanisation.

Pour en savoir plus

Jean-François Martiné
Cirad
UR Systèmes canniers
Station de La Bretagne
BP 20
97408 Saint-Denis
Messagerie Cedex 9
Réunion
jean-francois.martine@cirad.fr

Etude de la croissance de la canne à sucre : mesure de la hauteur de tige. © J.F. Martiné

Mieux connaître le fonctionnement de la canne à sucre

L'objectif de ces études sur le fonctionnement de la plante est de quantifier l'effet des conditions climatiques et pédologiques et de différentes pratiques culturales (choix des variétés, écartement des lignes, irrigation, dates de coupe) sur la production.

Les processus fondamentaux de la production sont le captage des ressources, telles que le rayonnement et l'eau, la conversion du rayonnement intercepté en biomasse, et la partition de cette biomasse entre les différents organes de la plante.

Les expérimentations et observations associées sont planifiées afin de définir les paramètres agroclimatiques et la réponse de la plante. Les résultats expérimentaux de différentes disciplines, telles que la gestion de l'eau, la fertilisation et la lutte contre les bio-agresseurs, peuvent aussi être pris en compte.

Etude de la maturation de la canne à sucre : marquage des tiges pour mesures du Brix. © J.F. Martiné

Intégrer les connaissances afin de simuler stratégies et impacts

Les résultats acquis sont intégrés dans les algorithmes du modèle, testés selon les hypothèses de fonctionnement, puis validés dans d'autres situations environnementales.

Ainsi, le domaine de validité du modèle – pour différents climats, sols, variétés et pratiques – s'accroît au cours du temps et peut être appliqué plus largement.

Cette démarche a ainsi conduit à la conception d'un modèle de croissance de la canne à sucre (Mosicas©) qui peut être couplé à d'autres outils, tels que la télédétection et FiveCore.

La plateforme de simulation Simulex a été créée pour gérer les données agroclimatiques et culturales nécessaires à son fonctionnement. Liée au modèle de croissance, elle permet à l'utilisateur de simuler les productions potentielles, les impacts de ces pratiques, et de tester de nombreuses stratégies de culture. L'ensemble constitue ainsi un outil d'aide à la décision.

Pesée des tiges de canne à sucre récoltées. © J.F. Martiné

Partenaires…

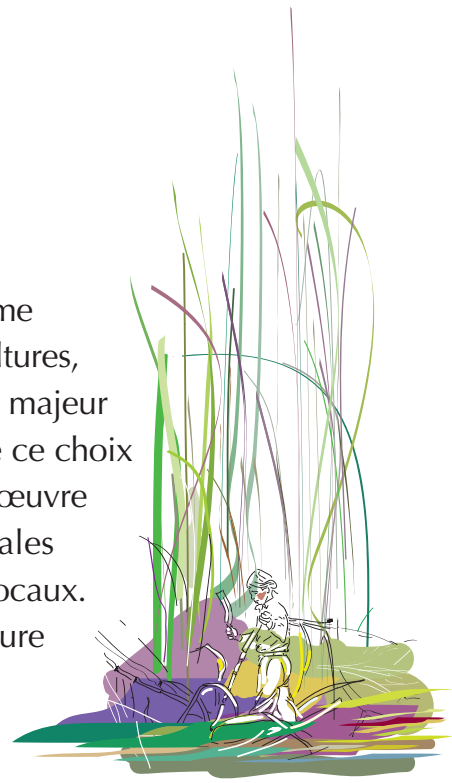
- Cerf (Centre d'essai de recherche et de formation), Réunion
- Chambre d'agriculture, Réunion
- Ctc (Centro de Tecnologia Canavieira), Brésil
- Ctics (Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre de la Réunion), Réunion
- Esalq (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), Brésil
- Iav (Institut agronomique et vétérinaire Hassan II), Maroc
- Icsm (International Consortium for Sugarcane Modelling)

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Pratiques culturales et fertilisation de la canne à sucre

Des **conseils adaptés** pour réduire l'impact sur l'environnement



En canne à sucre, comme pour la plupart des cultures, l'augmentation de la production est un objectif majeur des agriculteurs. Cependant, la pression qu'exerce ce choix sur les écosystèmes doit être maîtrisée par la mise en œuvre d'une agriculture raisonnée, utilisant des pratiques culturales adaptées aux différentes situations dans le respect des écosystèmes locaux. La préservation de l'environnement constitue une préoccupation majeure du Cirad. Ses experts adoptent une démarche pluridisciplinaire pour y répondre.

Des outils de gestion pour améliorer la fertilisation et les pratiques culturales

Le Cirad vise à répondre à un triple enjeu :
- Raisonner la fertilisation.
- Valoriser des sous-produits d'usinage de la canne à sucre (cendres, écume) et des matières organiques d'origines diverses (lisiers, composts urbains, déchets verts, boues).
- Maîtriser les coûts des pratiques culturales.

Ses champs d'intervention sont nombreux :
- Analyse des pratiques culturales (travail du sol, fertilisation, irrigation éventuelle, désherbage…) et conseils pour leur amélioration.
- Diagnostic de l'état nutritionnel des plantes et des problèmes de fertilité des sols.
- Analyse et caractérisation de sous-produits minéraux ou organiques.
- Mise au point d'un système expert d'interprétation des analyses de sols et de conseils adaptés à la situation.
- Conception et montage de laboratoires d'analyse du sol et de la plante et formation des personnels de laboratoire.
- Formation des agents de terrain : élaboration de dispositifs expérimentaux, suivi des essais et suivi agronomique de complexes sucriers.
- Proposition d'outils d'aide à la décision qui tiennent compte de la diversité des situations rencontrées.

Pour en savoir plus

Pierre Chabalier
Cirad
UR Systèmes canniers
Station de La Bretagne,
BP 20
97408 Saint-Denis Messagerie
Cedex 9
Réunion
pierre.chabalier@cirad.fr

Daniel Marion
Cirad
UR Systèmes canniers
c/o Cerf
BP 315
97494 Sainte-Clotilde Cedex
Réunion
daniel.marion@cirad.fr

Canne à sucre sur sol sableux au Sénégal. Itinéraire cultural à caler. © D. Marion

Une fertilisation raisonnée

La production importante et durable d'une parcelle de canne à sucre cultivée en continu nécessite d'importants apports en nutriments N, P et K. Raisonner la fertilisation et valoriser des sous-produits assurent une meilleure maîtrise des coûts. Pour cela, dans des environnements pédoclimatiques et d'exploitation différents, le Cirad propose des outils de pilotage pour formuler des recommandations en fertilisation minérale et organique.

A la Réunion, le Cirad a développé un système expert automatique de conseil en fertilisation basé sur l'analyse de sol et utilisant des seuils spécifiques à un type de sol. Cette démarche peut être développée dans d'autres environnements.

Le diagnostic foliaire et le Dris *(Diagnosis and recommendation integrated system)* sont des outils de contrôle de l'état nutritionnel de la culture. Ils nécessitent un calage préalable des teneurs seuils des éléments contrôlés pour chaque variété.

D'autres outils de diagnostic sont à l'étude :

- La mesure de la teneur en chlorophylle des feuilles par la couleur pour estimer leur teneur en azote, qui semble liée au rendement final.
- La fluorimétrie pour déterminer en temps réel l'état de la nutrition minérale.
- La télédétection aéroportée et satellitaire pour aider à établir des diagnostics sur des parcelles et des ensembles de parcelles.

La valorisation de produits tels que les matières organiques issues d'élevage (fumiers, lisiers, composts) ou des villes (boues, composts urbains ou déchets verts) demande des études préalables afin d'évaluer les risques environnementaux liés à leur utilisation au champ.

Echantillons de sol pour analyse et raisonnement de la fertilisation. © B. Siegmund

Plantation mécanique et localisation d'engrais à la Réunion. © D. Marion

Des pratiques culturales adaptées et rentables

Des gains de productivité conséquents peuvent être attendus de pratiques culturales adaptées à des conditions pédoclimatiques marginales comme la canne d'altitude. Mosicas, outil de modélisation de la croissance de la canne à sucre, permet de simuler les gains éventuels de rendement par l'emploi de ces pratiques de plantation dans diverses situations pédoclimatiques.

Partenaires...

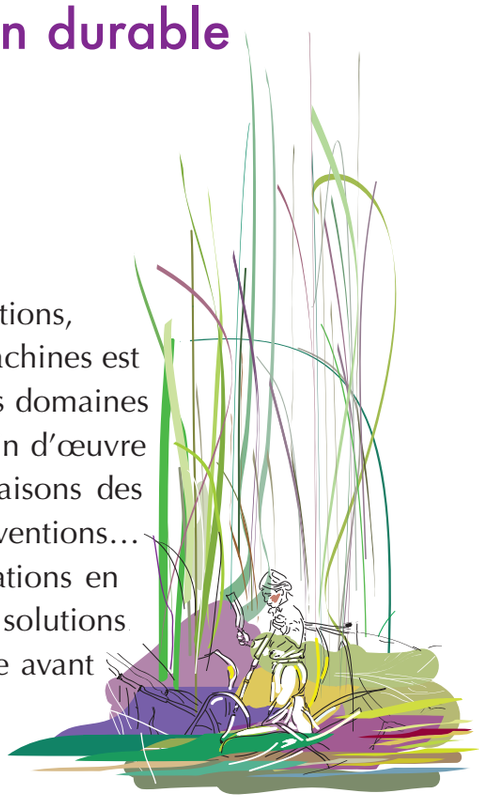
- **Chambre d'agriculture de la Réunion, Réunion**
- **Ctics (Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre), Réunion**
- **Mvad (Mission de valorisation agricole des déchets), Réunion**

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Mécanisation de la production de canne à sucre

Innover à coûts réduits pour une production durable



Dans bien des situations, le recours aux machines est à la fois un confort et une nécessité : grands domaines de production, disponibilité ou coûts de la main d'œuvre locale, grandes distances à parcourir pour les livraisons des productions, précision des dosages, temps limités d'interventions… Mais les impacts sur les habitudes de travail et sur les organisations en place sont souvent importants, voire déstabilisants. Les coûts des solutions mécanisées sont tels qu'un diagnostic complet est indispensable avant toute décision.

La capacité d'innovation du Cirad

Les recherches menées et l'expérience accumulée au Cirad lui permettent de mettre à la disposition des acteurs de la production agricole des outils puissants qui les aident à décider de leurs investissements techniques et logistiques.
En s'appuyant sur ses savoir-faire, reconnus au plan international, le Cirad propose une assistance pour réaliser dans des cas très spécifiques :

- Des diagnostics de parcs de machines, de pratiques techniques et d'utilisation des équipements.
- Des audits d'organisation techniques et logistiques.
- Des analyses de coûts de production.
- La conception de stratégies de mécanisation.
- La conception et la réalisation de campagnes de mesure et de suivi du fonctionnement des équipements sur le terrain.
- L'élaboration de stratégies de gestion des parcs de machines, d'installations d'irrigation…
- La mise en place de solutions mécanisées.
- La mise en place de projets complexes autour de la mécanisation.
- Des formations techniques de tous niveaux pour les agents des exploitations.
- Des formations de gestion de parcs de machines pour les cadres et techniciens des entreprises.

Planteuse mécanique de canne à sucre.
© D. Deurveilher

Pour en savoir plus

Jean-Cyril Dagallier
Cirad
UR Systèmes canniers
Station de Roujol
97170 Petit-Bourg
Guadeloupe
jean-cyril.dagallier@cirad.fr

Roland Pirot
Cirad
UR Systèmes canniers
TA B-102 / 02
34398 Montpellier
Cedex 5
France
roland.pirot@cirad.fr

Récolteuse de cannes à sucre entières semi-portée sur tracteur.
© J.C. Dagallier

Le respect de l'environnement et des hommes

Les objectifs du Cirad sont de :

- Réduire les coûts de production en prenant en compte les effets des solutions techniques sur l'environnement.
- Améliorer la qualité des produits et leur traçabilité.
- Améliorer les conditions de travail des personnels.
- Veiller à la pérennité des entreprises en leur permettant d'anticiper les changements dans leurs différents environnements de production (les marchés, les cours, les règlements et les normes…) et de s'y adapter.

Transbordement entre une remorque « de champ » et une remorque routière qui va livrer à la sucrerie.
© J.C. Dagallier

Vers une mécanisation judicieuse et appropriée

Avec l'appui du Cirad, la conduite d'un projet de mécanisation passe par six grandes étapes.

Le diagnostic

Il faut connaître les machines et leurs caractéristiques de fonctionnement, appréhender les situations des interventions mécanisées, évaluer les niveaux de formation et de compréhension des problèmes agronomiques des agents concernés, recenser les contraintes techniques, financières et organisationnelles qui peuvent peser sur les entreprises.

La prospective et la définition des objectifs

Il s'agit de modéliser toutes ces informations avec des outils de planification, d'analyse de coûts, de représentation géographique…

Désherbage post-récolte par pulvérisateur porté.
© J.C. Dagallier

La définition des stratégies pour atteindre les objectifs

On utilise des modèles pour déterminer les grandes lignes stratégiques et les traduire en projets. Les indicateurs de suivi sont ensuite définis pour rendre ces projets gérables avec des outils spécifiques.
Enfin, il faut préparer les investissements sur la base de documents d'orientations stratégiques, de plannings techniques et de budgets prévisionnels.

La préparation au changement

Il est important d'anticiper les impacts des changements qui vont inévitablement suivre la mise en œuvre des solutions techniques nouvelles et d'organiser les formations des personnels.

La réalisation concrète des solutions imaginées et planifiées

Cette étape consiste à mettre en place les solutions mécanisées, les documents de suivi et les systèmes informatiques d'exploitation des données.

Le transfert de technologies et des compétences

Enfin, il est impératif d'accompagner l'entreprise jusqu'à son autonomie complète.

Partenaires…

- **Chambre d'agriculture, Guadeloupe et Réunion**
- **Ctcs (Centre technique de la canne et du sucre) Martinique, Guadeloupe et Réunion**
- **Iguacanne (Interprofession guadeloupéenne pour la canne à sucre), Guadeloupe**
- **Issct (International Society of Sugar Cane Technologists)**
- **Msiri (Mauritius Sugar Industry Research Institute) – RTC (Regional Training Centre), Maurice**

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Systèmes de paiement de la canne à sucre aux planteurs

De **nouveaux modes de rémunération** pour de nouveaux débouchés de la filière

L'organisation du monde sucrier est en mutation. Les nouvelles règles de l'Organisation commune du marché du sucre, qui font baisser les prix d'achat du sucre à la production, ont des impacts qui imposent de réduire les coûts de revient et de diversifier les produits finis.

Le développement d'une canne aux usages multiples et de nouvelles filières à partir de la canne – sucre, biocarburants, chimie verte – suppose de trouver des itinéraires techniques de production adaptés et des nouvelles organisations logistiques et financières.

Livraison de la canne à sucre à l'usine. © C. Lejars

Des méthodes et des outils pour évaluer et concevoir des modes de rémunération des planteurs

Dans les pays sucriers où les planteurs et les usiniers sont des entités commerciales différentes, ces nouveaux développements impliquent de revoir les prix d'achat des cannes et les systèmes de paiements afin de rémunérer les producteurs en fonction des débouchés de la filière. De nouveaux mécanismes doivent être développés pour partager la valeur issue de la transformation de la matière première et créer des incitations permettant d'accroître la valeur globale de la filière. Les contraintes à intégrer dans les recherches sont les volumes, les rendements et les coûts de production, la rémunération des acteurs, l'organisation des ressources au niveau des bassins de production et les impacts sur l'environnement.

Les recherches menées au Cirad permettent de mettre à la disposition des acteurs de la production agricole des démarches et des outils pour les aider à :

- Estimer les résultats technico-économiques des exploitations, en fonction des débouchés de la filière, des modes de paiement et de subventions, des coûts de production.
- Evaluer les systèmes de rémunération et en concevoir de nouveaux adaptés à l'évolution des modes d'organisation des approvisionnements – groupements de planteurs, planification différenciée des apports – et aux différents débouchés de la filière.

Pour en savoir plus

Caroline Lejars
Cirad
UR Systèmes canniers
TA B-102 / 02
38498 Montpellier Cedex 5
caroline.lejars@cirad.fr

Echantillonnage de la canne à sucre à l'entrée à l'usine pour en estimer la qualité. © C. Lejars

Concevoir de nouveaux systèmes de paiement

Dans la plupart des pays sucriers, les modes de paiement de la canne aux planteurs sont adaptés à des filières dont le débouché principal est le sucre. Le développement d'une canne à usages multiples, dédiée ou non à la production de sucre, nécessite de repenser les relations contractuelles entre planteurs et industriels.

Les modes de paiement de la canne doivent être revus afin de rémunérer cette matière première en fonction des nouveaux débouchés de la filière. Cela implique notamment de redéfinir la notion de qualité de la canne selon les usages pour lesquels elle est utilisée, de repenser les méthodes de contrôle et de mesure de la qualité des cannes et, dans certains cas, de repenser la distribution des aides publiques de soutien des prix.

Les résultats des recherches et des interventions menées par le Cirad, au sein de la filière sucre mais également sur d'autres filières agricoles, lui permettent aujourd'hui de mettre à la disposition des agriculteurs, des industriels et de l'Etat des démarches et des outils pour les aider à concevoir et à évaluer de nouveaux modes d'organisation et de coordination adaptés à ces nouvelles filières. Ces méthodes aident notamment à mettre en place de nouvelles modalités de paiement des planteurs.

Evaluer la performance de différents systèmes de paiement

Les études en cours ont permis de mettre en place des outils et des méthodes pour évaluer l'impact de nouveaux modes d'organisation contractuels sur :

- Le gain pour la filière.
- Le revenu individuel des planteurs.
- Le partage de la valeur entre les acteurs de la filière.

Les outils offrent la possibilité de tester de nouveaux modes d'organisation :

- De nouvelles formules de paiement : effet de nouveaux indicateurs de qualité, de nouvelles structures, de nouveaux modes de partage.
- De nouveaux modes d'apports : planification différenciée en fonction de la qualité, regroupement des quotas de planteurs.
- L'effet conjoint des modes d'apports et des modes de partage.

Des études ont été réalisées à la Réunion et en Afrique du Sud, afin de simuler l'impact conjoint de modes d'allocation des quotas différenciés en fonction de la qualité et de nouvelles formules de paiement. De nouvelles formules ont été conçues en partenariat avec les acteurs, et adaptées aux objectifs de la filière.

Pesée de la canne en champ. © S. Auzoux

Partenaires...

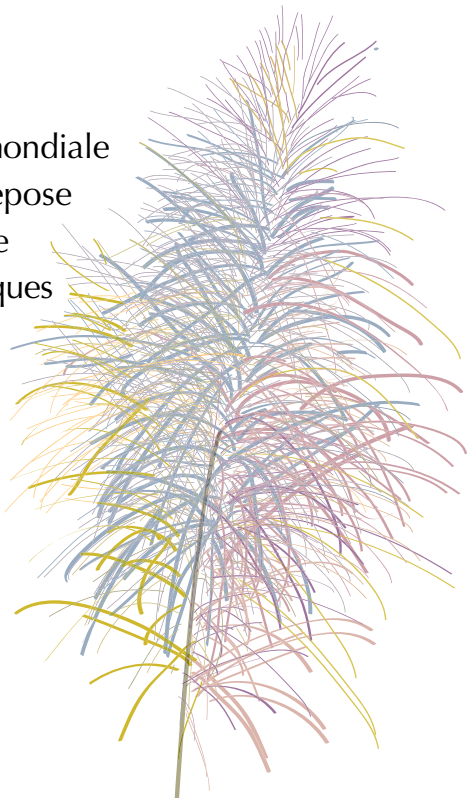
- Chambres d'agriculture de la Réunion et de la Guadeloupe
- Comité de pilotage de la canne, Réunion
- Inra (Institut national de la recherche agronomique), France
- Sasri (South African Research Institute), Afrique du Sud
- Usines sucrières à la Réunion (Le Gol, Bois Rouge), en Afrique du Sud (Sezela) et en Guadeloupe (Gardel)

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Biodiversité de la canne à sucre

Des **ressources génétiques** au service de l'amélioration variétale



L'innovation variétale mondiale de la canne à sucre repose actuellement sur la seule exploitation de l'hybridation sexuée de ressources génétiques interfertiles. Les critères de sélection recherchés sont nombreux : rendements élevés en canne et en sucre extractible, haute résistance aux maladies courantes, adaptations aux écologies de cultures. La multiplicité de ces objectifs nécessite de collecter, caractériser et exploiter de nombreuses ressources génétiques pour les besoins des programmes de sélection.

Proposer des stratégies d'innovation variétale

Afin de construire des stratégies d'innovation variétale performantes, reposant sur l'exploitation raisonnée d'une large diversité interspécifique, le Cirad :

- Capitalise et caractérise des collections de ressources génétiques.
- Crée de nouvelles variabilités par hybridation sexuée.
- Maîtrise l'épidémiologie de maladies (échaudure des feuilles, maladie de la feuille jaune) et identifie des sources de résistances utiles.
- Examine le mode de transmission des caractères agronomiques dans des descendances.
- Etudie la diversité génétique d'origine interspécifique *(Saccharum* spp.*)* au sein des ressources génétiques disponibles.
- Recherche les déterminants génétiques impliqués dans l'expression des caractères utiles.

Les connaissances scientifiques acquises servent à renforcer l'efficience du programme d'amélioration du Cirad dans le cadre de collaborations internationales.

Diversité génétique chez la canne. © J.Y. Hoarau

Pour en savoir plus

Jean-Yves Hoarau,
Danièle Roques
Cirad
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
Station de Roujol,
97170 Petit-Bourg
Guadeloupe
jean-yves.hoarau@cirad.fr
daniele.roques@cirad.fr

Capitaliser une vaste collection de ressources génétiques

Le Cirad a regroupé en Guadeloupe une collection de canne à sucre qui compte aujourd'hui 1300 accessions d'origines géographiques diverses. Cette collection, représentative de la diversité mondiale, comporte une majorité de génotypes interspécifiques ainsi que des clones appartenant aux espèces botaniques de base *(Saccharum officinarum, S. spontaneum, S. barberi, S. sinense)*.

Ces ressources génétiques permettent de créer de nouveaux hybrides adaptés aux programmes de sélection. Leur utilisation repose sur les connaissances acquises sur la diversité génétique interspécifique disponible *(Saccharum* spp.*)*, sur celle des agents pathogènes associés, et sur l'observation des modes de transmission des caractères utiles.

En collaboration avec l'Inra, le Centre de ressources biologiques sur les plantes tropicales (CRB Antilles) dédié à la valorisation d'espèces végétales tropicales (http://collections.antilles.inra.fr/) a été créé. Il regroupe des accessions de canne à sucre et celles d'autres espèces végétales.

Fleur de canne à sucre épanouie (en jaune le pollen, en noir les stigmates plumeux conduisant à l'ovaire). © D. Roques

Connaître la diversité génétique du genre *Saccharum*

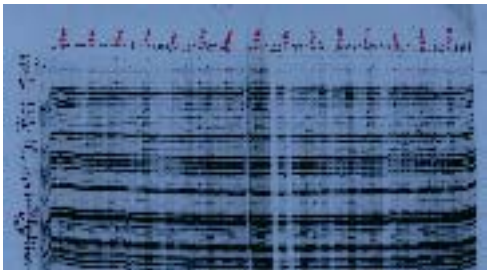
Les variétés commerciales contemporaines dérivent principalement de l'introgression de l'espèce sauvage *S. spontaneum* dans l'espèce sucrière domestiquée *S. officinarum*. Ce schéma permet d'associer à la teneur élevée en sucre de *S. o.* le tallage profus, la biomasse élevée et les résistances aux bioagresseurs de l'espèce sauvage. Toutefois la base génétique sur laquelle ont été construits les cultivars contemporains se révèle globalement étroite, notamment par rapport à la diversité génétique existante chez *S. spontaneum*. Ces observations ouvrent des perspectives d'exploitation plus large de la diversité génétique du genre *Saccharum*.

Fécondation croisée de géniteurs.
© J.Y. Hoarau

Exploiter la diversité et les allèles utiles

L'introgression, dans des variétés prometteuses, de caractères innovants issus de ressources exotiques, est rendue complexe par la disjonction de la plupart des caractères recherchés, accentuée par la forte hétérozygotie dans un contexte polyploïde. Les premières générations interspécifiques sont souvent caractérisées par des descendances aux caractéristiques inadaptées. L'introgression repose alors sur des rétrocroisements en vue d'obtenir des populations améliorées utiles à la sélection.

Des recherches actuellement menées, en collaboration avec l'UMR Développement et amélioration des plantes et l'UMR Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, visent à étiqueter des allèles d'intérêt agronomique impliqués dans de nombreux caractères cibles. La disponibilité de marqueurs liés à la diversité allélique utile devrait renforcer les stratégies d'amélioration raisonnées.



Marquage AFLP de clones de canne à sucre.
© J.Y. Hoarau

Partenaires…

- Cerf (Centre d'essai, de recherche et de formation), Réunion
- Issct (International Society of Sugar Cane Technologists)
- Wicscbs (West Indies Central Sugar Cane Breeding Station), Barbade

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Création de nouvelles variétés de canne à sucre

Fer de lance de la **durabilité** des systèmes de production

Dans un contexte de déréglementation, d'extension des cultures sur milieux contraignants, d'évolution des demandes industrielles et d'utilisations de plus en plus diversifiées, les attentes en matière d'innovation variétale de la canne à sucre sont fortes. L'amélioration variétale permet aussi d'assurer une agriculture respectueuse de l'environnement en utilisant la diversité génétique et les interactions entre la plante, ses pathogènes et son environnement.

Des variétés de canne pour les nouveaux enjeux de développement

La création variétale est une voie privilégiée pour accroître la durabilité et la viabilité des productions agricoles dans un contexte de contraintes biotiques, abiotiques et socio-économiques. Elle contribue à l'intensification écologique des productions et aide à faire face à une compétitivité croissante sur les marchés.
Afin de répondre à ces enjeux et aux besoins de ses partenaires du Sud, le Cirad s'est fixé comme objectif majeur d'élargir la gamme de variétés de canne à sucre performantes et adaptées à des systèmes de production innovants.

Il propose :

- Des variétés à forts rendements en canne et en sucre.
- Des variétés adaptées aux zones de culture ciblées, dont les zones à fortes contraintes environnementales (sols vertiques en zone sèche).
- Des variétés tolérantes aux principales maladies qui sévissent dans les zones de production.
- Des variétés potentiellement valorisables pour des usages énergétiques.

Essai de familles de seedlings au champ.
© D. Roques

Pour en savoir plus

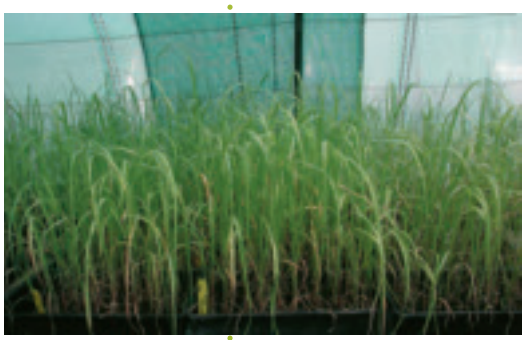
Danièle Roques
et Jean-Yves Hoarau
Cirad
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
Station de Roujol
97170 Petit-Bourg
Guadeloupe
daniele.roques@cirad.fr
jean-yves.hoarau@cirad.fr

Inflorescences en maturation. © D. Roques

L'hybridation et la création des variétés FR et FG

Le programme d'amélioration variétale de la canne à sucre repose sur la création de plusieurs centaines de combinaisons génétiques nouvelles obtenues par fécondation croisée de géniteurs choisis sur leur valeur propre et leur valeur en croisement. En Guadeloupe, le Cirad réalise chaque année plus de 200 hybridations contrôlées sous lanternes. Les milliers de plantes ainsi créées, nommées FR et FG, sont évaluées sur leurs performances au champ au travers d'un schéma de sélection sur une dizaine d'années. Au terme de cette sélection, les potentialités agronomiques des variétés prometteuses sont confirmées en essais préindustriels sur les sites de production.

Un dispositif d'amélioration variétale innovant



Population de seedlings en serre tunnel. © D. Roques

Les recherches menées par les équipes du Cirad ont permis de préciser le fonctionnement de la plante, ses interactions avec l'environnement et avec ses pathogènes. L'exploitation de ces connaissances a abouti au développement récent d'un schéma de sélection original qui permet d'offrir rapidement aux agriculteurs des variétés répondant à leurs attentes. Si l'augmentation du rendement en sucre, le comportement en coupe mécanique, et l'amélioration de la résistance aux agents pathogènes restent les objectifs majeurs, des critères additionnels importants pour des enjeux de production durable sont pris en compte (tolérance à la sécheresse en sols vertiques) ou testés (valeur énergétique) dans le schéma d'amélioration variétale du Cirad. Actuellement, des recherches visent à évaluer la possibilité de repérer des gènes impliqués dans des caractères agronomiques importants.

Des outils de pointe pour une amélioration génétique ciblée

Extraction d'un méristème de canne à sucre sous loupe binoculaire. © D. Roques

Les équipes de recherche du Cirad ont mis au point et développent des techniques et des outils performants au service de l'innovation variétale.

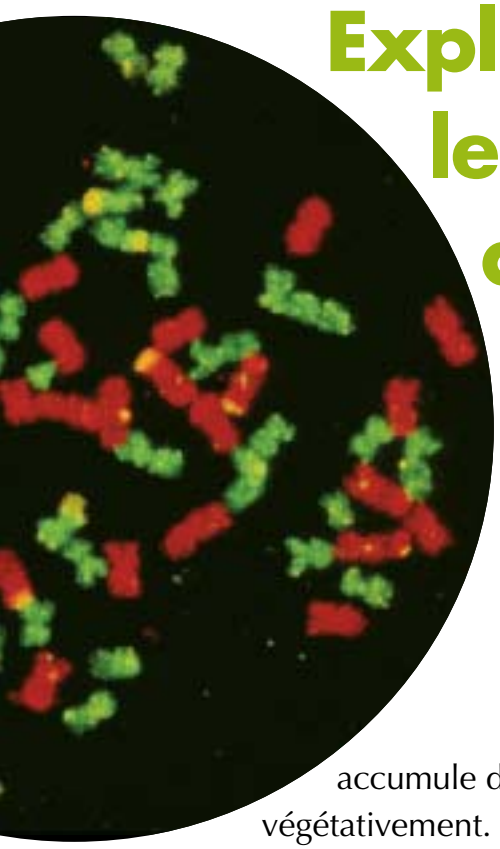
- Identification variétale par marquage moléculaire (microsatellites).
- Caractérisation de la fertilité pollinique par coloration et germination *in situ* du pollen.
- Conservation à moyen et long terme de variétés par culture *in vitro,* et cryoconservation d'apex.
- Assainissement vis-à-vis du virus de la feuille jaune par culture *in vitro* de méristème.
- Constitution d'une base de données relationnelle sur les caractères des parents et de leurs descendances.
- Développement, en s'appuyant sur cette base de données, d'un outil d'aide à la décision du choix des croisements et au pilotage du programme d'amélioration variétale.
- Recherche de marqueurs moléculaires pour assister le travail de sélection en repérant au plus tôt, parmi le matériel créé, les variétés porteuses d'allèles d'intérêt.

Partenaires…

- **Bses Ltd, Australie**
- **Cerf (Centre d'essai de recherche et de formation), Réunion**
- **Inra (Institut national de la recherche agronomique), Guadeloupe**
- **Wicscbs (West Indies Central Sugar Cane Breeding Station), Barbade**
- **Wisben (West Indies Sugarcane Breeding and Evaluation Network), Barbade**

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr



Exploiter les ressources génétiques de la canne à sucre

L'apport du **marquage moléculaire**

La canne à sucre est cultivée pour le sucre qu'elle accumule dans ses tiges, elle est multipliée végétativement. Sa très forte productivité en a fait récemment une plante très attrayante pour la production de bioénergie. Les cultivars modernes de canne à sucre ont une structure génétique très complexe. Ils sont hautement polyploïdes et aneuploïdes, avec entre 100 et 130 chromosomes, et résultent de croisements interspécifiques entre l'espèce domestiquée, productrice de sucre, *Saccharum officinarum* et l'espèce sauvage, *S. spontaneum*. Cette complexité du génome rend l'amélioration variétale difficile.

Utiliser la génomique pour l'amélioration variétale de la canne à sucre

Afin de fournir aux sélectionneurs des informations et outils qui faciliteront l'exploitation de la diversité génétique pour l'amélioration variétale, le Cirad (UMR Développement et amélioration des plantes, à Montpellier ; UMR Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, à la Réunion ; UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative, en Guadeloupe) développe différents types de marqueurs moléculaires (RFLP, SSR , AFLP, DArT), de ressources moléculaires (banques d'ADN) et de méthodes (QTL, étude d'associations) et les utilise pour :

- Comprendre l'organisation de ce génome complexe.
- Mieux connaître la diversité génétique au sein des cultivars modernes et des ressources génétiques disponibles (complexe *Saccharum*).
- Mieux connaître les possibilités d'introgression à partir des espèces sauvages pour mieux exploiter cette diversité.
- Etablir la carte du génome de la canne.
- Etablir des ponts entre le génome de la canne à sucre et les génomes modèles voisins (sorgho et riz) pour bénéficier des avancées sur ces espèces modèles plus simples.
- Marquer les gènes impliqués dans les caractères de rendement en sucre et en bioénergie.
- Marquer et cloner les gènes responsables de la résistance à certaines maladies.

Pour en savoir plus

Angélique D'Hont
Cirad
UMR Développement
et amélioration des plantes
TA A-96 / 03
34398 Montpellier Cedex 5
angelique.d'hont@cirad.fr

Comprendre la structure et le fonctionnement de ce génome complexe

Les études de cytogénétique moléculaire menées au Cirad ont permis d'importantes avancées dans la compréhension de l'organisation du génome des cultivars de canne à sucre. Elles ont notamment révélé que :

- 15 % à 25 % des chromosomes des cultivars modernes proviennent de l'espèce sauvage *S. spontaneum*.
- Les chromosomes de *S. officinarum* sont organisés en 10 groupes d'homologie et ceux de *S. spontaneum* en 8 groupes d'homologie.
- Les chromosomes de ces deux espèces peuvent se recombiner.

L'analyse de la diversité a montré que le génome de *S. spontaneum*, bien qu'en minorité dans le génome des cultivars modernes, est responsable de la plus grande part de la diversité génétique.

Diversité des formes et couleurs des entre-noeuds des tiges de canne à sucre. A gauche, *S. officinarum* ; à droite, *S. spontaneum* ; au milieu, les cultivars hybrides.
© M. Butterfield

Développer la carte du génome de la canne

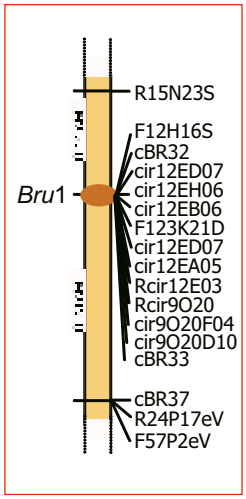
La cartographie du génome consiste à baliser l'ensemble des chromosomes par un maillage de marqueurs moléculaires. Plusieurs cartes génétiques ont été construites avec différents types de marqueurs (RFLP, AFLP, SSR, DArT), en particulier celle du cultivar réunionnais R570.
Ces cartes constituent un outil pour repérer des gènes d'intérêt agronomique. Leur réalisation est compliquée par la complexité du génome de la canne à sucre, c'est pourquoi le Cirad a été pionnier dans l'exploitation des espèces proches plus simples, telles que le riz et le sorgho. Il a ainsi montré, par comparaison de cartes génétiques, que l'organisation de gènes le long des cartes de la canne à sucre, du sorgho et du riz est largement similaire (synténie).

Chaque barre représente un chromosome. Les barres jaune orangé correspondent aux chromosomes de l'espèce *S. officinarum* et les barres rouge orangé aux chromosomes de l'espèce *S. spontaneum*. Les principales particularités de ce génome sont : un nombre très important de chromosomes (entre 100 et 120) ; l'origine bispécifique des chromosomes et l'existence de différences structurales entre les chromosomes des deux espèces parentales.

Représentation schématique du génome des cultivars modernes de canne à sucre.
© A. D'Hont

Identifier et marquer des gènes d'intérêt agronomique

L'analyse de la ségrégation de caractères agronomiques dans les populations utilisées pour la cartographie a permis aux chercheurs du Cirad de marquer des facteurs génétiques impliqués dans plusieurs caractères d'intérêt agronomique, tels que la teneur en sucre, le tallage... Ils ont identifié plusieurs gènes majeurs, en particulier des gènes de résistance. Ce sont les seuls gènes majeurs identifiés jusqu'à présent chez la canne à sucre.
Actuellement de nouvelles approches s'appuient sur l'exploitation du déséquilibre de liaison et la détection d'associations entre marqueurs et gènes d'intérêt dans des populations de cultivars évaluées au champ à la Réunion et à la Guadeloupe.



Carte génétique d'un segment de chromosome portant un gène de résistance *(Bru1)* à la rouille brune de la canne à sucre.
© A. D'Hont

Clonage positionnel d'un gène de résistance

Avec le soutien financier du Consortium international pour les biotechnologies de la canne à sucre, le Cirad a entrepris le clonage positionnel du gène majeur de résistance à la maladie fongique de la rouille brune de la canne à sucre *(Bru1)*. A cette fin, il exploite les ressources génomiques (carte génétique et physique, séquence du génome) des espèces modèles (riz et sorgho).

Partenaires...

- **Bses (Bureau of Sugar Experiment Stations), Australie**
- **Cerf (Centre d'essai de recherche et de formation), Réunion**
- **Icsb (International Consortium for Sugarcane Biotechnology)**
- **Sasri (South African Sugarcane Research Institute), Afrique du Sud**
- **Usp (Universidade de São Paulo), Brésil**
- **Wiscbs (West Indies Sugar Cane Breeding Station), Barbades**

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Sélection variétale de la canne à sucre

Un levier pour soutenir la **compétitivité** des **exploitations agricoles** du Sud

Les agro-industries sucrières sont constamment amenées à améliorer leur compétitivité économique. Face à cet enjeu, le développement de nouvelles variétés de canne à sucre performantes est capital pour pérenniser ce secteur agricole. A cette fin, les agro-industries cannières conduisent localement des programmes d'amélioration variétale adaptés à leurs besoins. Le Cirad appuie ces travaux grâce à son équipe d'amélioration variétale en Guadeloupe. Les variétés FR ou FG créées aux Antilles sont diffusées auprès de divers producteurs du Sud avec lesquels le Cirad a établi un partenariat.

De la sélection à la diffusion de variétés commerciales

Le Cirad est fortement impliqué dans la création variétale, la sélection et la diffusion de variétés améliorées de canne à sucre dans le monde. Tout au long de ce processus ses interventions visent à :

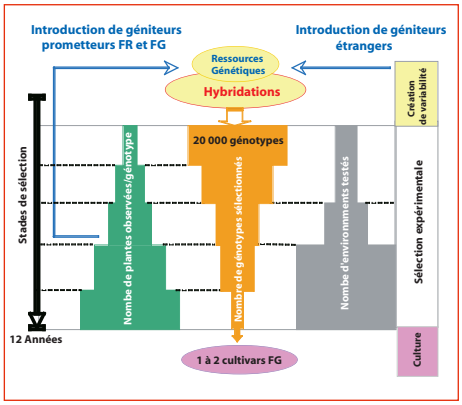
- Développer des méthodes de sélection sur la base de critères tels que le rendement agronomique, la qualité technologique, la résistance aux maladies et l'adaptation à différentes écologies.
- Offrir une expertise en conduite de schémas de création et de sélection.
- Mettre au service de ses partenaires son expertise en matière de diagnostic afin d'améliorer la sélection de variétés résistantes à la maladie de la feuille jaune, au rabougrissement des repousses, et à l'échaudure des feuilles.
- Produire de nouvelles variétés pour la culture aux Antilles françaises et à l'étranger.
- Diffuser dans tous les continents les nouvelles variétés créées en Guadeloupe avec ses partenaires.
- Participer activement aux réseaux régionaux, aussi bien dans la Caraïbe qu'en Afrique.

Plantation d'une nouvelle variété de canne à sucre.
© R. Domaingue

Pour en savoir plus

Philippe Oriol
Cirad
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
Station de Roujol
97170 Petit-Bourg
Guadeloupe
philippe.oriol@cirad.fr

Robert Domaingue
Cirad
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
TA A-75 / 02
34398 Montpellier Cedex 5
France
robert.domaingue@cirad.fr



Principe du schéma de sélection des variétés FR et FG.

Un schéma original de sélection variétale

Le Cirad conduit un schéma de sélection variétale de la canne à sucre en Guadeloupe avec pour objectif de fournir de nouvelles variétés performantes aux agriculteurs.
Sa conception repose sur le mode usuel de propagation de la canne à sucre, la multiplication végétative par bouturage. Ainsi un matériel génétiquement fixé, donc homogène, est disponible dès la première étape de sélection. Les méthodologies de sélection reposent sur le choix de caractères stables et pertinents suivi d'évaluations multilocales avec les partenaires.
Le Cirad préconise la méthode de sélection dite « en famille » qui consiste à évaluer en premier lieu les descendances sur la base des comportements moyens. Puis quatre cribles successifs de sélection massale permettent d'identifier les variétés prometteuses. Le schéma de sélection s'échelonne sur une douzaine d'années. Un objectif majeur des sélectionneurs est de raccourcir le temps de sélection à l'aide d'outils performants, tels les marqueurs moléculaires sur lesquels des études sont en cours.

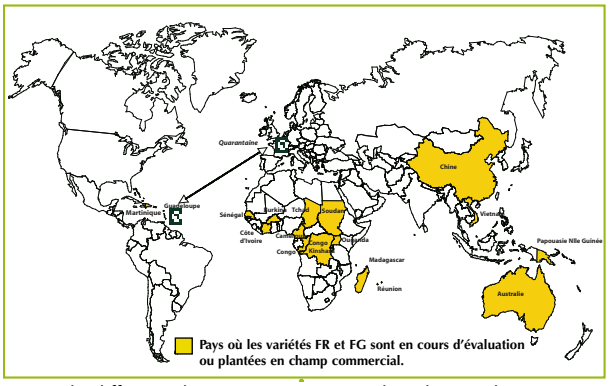
Pesée de différentes variétés de cane à sucre récoltées dans un essai de sélection.
© P. Oriol

Des critères de sélection pertinents

Les potentiels de rendement agronomique, la qualité technologique, la résistance aux maladies et l'adaptation à différentes écologies constituent les critères majeurs de sélection de la canne.
Afin d'assurer la durabilité de la culture de la canne à sucre, la qualité sanitaire est un critère déterminant chez cette plante pluri-annuelle qui ne nécessite pas l'usage de pesticides.
Dans une perspective d'utilisation énergétique de la plante, le Cirad développe des méthodes d'analyses de laboratoire visant à mesurer rapidement les composants lignocellulosiques de la fibre et leur dégradabilité.
Enfin, en vue de mieux comprendre les réactions physiologiques face à un stress hydrique, il étudie le comportement de la plante en milieu contrôlé.

La nécessité d'une sélection multilocale

Les recherches menées par le Cirad montrent une interaction génotype x environnement élevée. En conséquence, le programme de sélection repose sur un dispositif de sélection multilocal représentatif de la diversité des écologies cibles.
A la Guadeloupe, le Cirad a réalisé un zonage pédoclimatique qui a permis d'optimiser le dimensionnement et la localisation de ce dispositif.



Carte de diffusion des variétés FR et FG dans le monde.

Une diffusion mondiale de variétés

Les variétés prometteuses créées par le Cirad en Guadeloupe sont largement diffusées à ses partenaires dans de nombreux pays du Sud.
Certaines de ces variétés ont atteint un stade commercial en Ouganda (FR91679, FR93910) et en Martinique (FR80050). D'autres variétés sont mises à la disposition des planteurs pour être testées en essais préindustriels : 11 en Guadeloupe, 6 en Côte d'Ivoire, 4 au Sénégal, 3 au Congo, 2 en Chine, une au Cameroun ainsi qu'au Soudan.

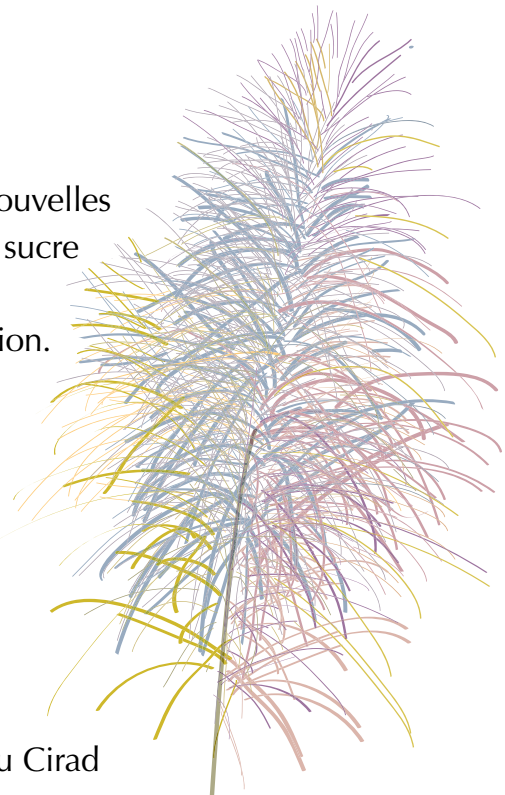
Partenaires…

- Cerf (Centre d'essai de recherche et de formation), Réunion
- Cnra (Centre national de recherche agronomique), Côte d'Ivoire
- Ctcs (Centre technique de la canne et du sucre), Martinique et Guadeloupe
- Opérateurs sucriers en Afrique, en Asie et dans la Caraïbe
- Wicscbs (West Indies Central Sugar Cane Breeding Station), Barbade
- Wisben (West Indies Sugarcane Breeding Evaluation Network), Barbade
- Yunnan Sugar Research Institute, Chine

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Transférer des variétés en toute sécurité

La **quarantaine** de canne à sucre



La disponibilité de nouvelles variétés de canne à sucre contribue dans une large mesure à l'amélioration des systèmes de production. A cette fin le Cirad procure à ses partenaires l'accès à du matériel génétique pour des besoins de recherche et d'amélioration variétale, et à des variétés nouvelles performantes pour la culture industrielle. Le matériel végétal est transféré d'un lieu à un autre sous forme végétative dans la grande majorité des cas, ce qui augmente considérablement les risques de propagation de maladies et de ravageurs. La quarantaine canne à sucre du Cirad permet d'éliminer ces risques.

Un dispositif pour garantir des variétés saines

La quarantaine de canne à sucre du Cirad à Montpellier prend en charge les trois activités majeures d'une quarantaine : transfert de matériel végétal, détection de bioagresseurs et assainissement. Aux contraintes d'ordre phytosanitaire s'ajoute une contrainte d'ordre juridique : s'assurer, par l'intermédiaire de contrats appropriés, que les droits des obtenteurs de variétés à la propriété intellectuelle du matériel diffusé sont bien respectés.

Sur le plan pratique, le matériel végétal introduit passe par trois étapes au cours desquelles tout est mis en œuvre pour détecter d'éventuelles maladies ou ravageurs et pour les éliminer :

- Un passage par une enceinte aux normes NS2 pour éliminer tout risque d'introduction de ravageurs considérés comme des parasites de quarantaine en Europe.
- Deux cycles de quarantaine de 9 à 12 mois chacun afin de détecter les maladies et de multiplier les variétés avant leur libération et leur diffusion.

Le matériel végétal passe donc au minimum deux ans en quarantaine.

Plants de canne à sucre en serre de quarantaine.
© J.-C. Girard

Pour en savoir plus

Jean-Claude Girard
Cirad
UMR Biologie et génétique des interactions plantes-parasites pour la protection intégrée
TA A-54 / K
34398 Montpellier Cedex 5
France
jean-claude.girard@cirad.fr

Robert Domaingue
Cirad
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
TA A-75 / 02
34398 Montpellier Cedex 5
France
robert.domaingue@cirad.fr

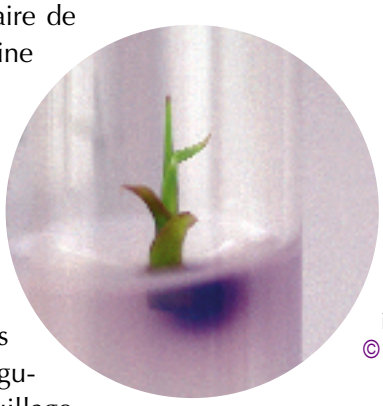
La détection des maladies

La détection des maladies constitue l'une des activités principales de la quarantaine.
Les techniques de détection utilisées en quarantaine sont variées : recherche visuelle de symptômes, isolement sur milieu sélectif, mise en œuvre de tests sérologiques et moléculaires (PCR, RT-PCR).
Pour les besoins d'une quarantaine, les outils de détection des maladies doivent permettre de repérer des quantités très faibles d'agent pathogène et de détecter, lors d'un même test, tous les variants d'un même agent pathogène, voire plusieurs agents.

Symptômes de feuille jaune *(Sugarcane yellow leaf virus)* sur la variété H50-7209.
© P. Rott

Un défi majeur : identifier les maladies latentes

Trois maladies font l'objet d'une surveillance particulière en quarantaine car il est souvent très difficile, voire impossible, de les détecter par simple observation de symptômes. En effet, l'échaudure des feuilles – due à la bactérie *Xanthomonas albilineans* – et la maladie de la feuille jaune – due au virus *Sugarcane yellow leaf virus* – peuvent présenter de longues phases sans qu'aucun symptôme ne se manifeste. Le rabougrissement des repousses, causé par la bactérie *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, ne manifeste quant à lui jamais de symptômes externes lors de la croissance des plantes infectées en serre de quarantaine.
Selon l'origine géographique des variétés, il est parfois nécessaire de rechercher une dizaine d'autres maladies, essentiellement d'origine virale ou bactérienne, y compris des phytoplasmes.



Jeune plantule de canne à sucre issue de méristème apical.
© J.-C. Girard

L'assainissement

Entre les deux cycles de quarantaine, toutes les boutures sont systématiquement soumises à un traitement thermothérapique long à l'eau chaude afin d'éliminer au maximum les bactéries, champignons, insectes et acariens susceptibles d'être hébergés par ces boutures. Des traitements phytosanitaires sont aussi régulièrement pratiqués en cours de culture (pulvérisation du feuillage, arrosage au pied) et en fin de cycle (trempage des boutures).
En cas de détection d'une maladie difficilement curable, comme l'échaudure des feuilles, les variétés infectées sont détruites. En revanche, si la maladie détectée est considérée comme curable, par exemple pour le rabougrissement des repousses, les variétés sont assainies par un traitement thermothérapeutique long. Dans le cas de la feuille jaune ou de la mosaïque en tirets *(Sugarcane streak mosaic virus)*, il faut recourir à la culture de méristème apical pour obtenir des plants sains.

Préparation de boutures à expédier.
© D. Roques

Le transfert de variétés

Une centaine de variétés est importée chaque année de divers pays producteurs de canne à sucre. A la sortie de la quarantaine, une centaine de variétés est transférée tous les ans à différents partenaires du Cirad. Ces variétés sont utilisées soit par l'industrie pour les plantations, soit par la recherche. Elles sont de différents types : variétés prometteuses, déjà connues, nouvelles à évaluer, ou encore appartenant à des espèces ancestrales.

Emballage de boutures pour expédition.
© D. Roques

Partenaires…

- Bses Limited, Australie
- Cerf (Centre d'essai de recherche et de formation), Réunion
- Msiri (Mauritius Sugar Industry Research Institute), Maurice
- Opérateurs sucriers en Afrique, en Asie, dans la Caraïbe et en Amérique du Sud
- Spv (Service de la protection des végétaux), France
- Usda (United States Department of Agriculture), USA
- Wicscbs (West Indies Central Sugar Cane Breeding Station), Barbade

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Des variétés de canne à sucre pour les pays du Sud

L'offre commune du Cirad et du Cerf

L'accès à du matériel végétal de canne à sucre nouveau et innovant est un enjeu majeur pour de nombreux pays du Sud. Il est l'un des principaux moyens qui permettent d'assurer l'accroissement de la productivité et l'amélioration de la compétitivité de la filière. L'inexistence de création variétale dans de nombreux pays du Sud limite l'accès à du matériel nouveau et performant, d'autant plus que la plupart des centres obtenteurs ont des stratégies de restriction de diffusion de leurs nouvelles variétés, voire même refusent de les fournir.

Une collaboration forte pour une production variétale performante

La complémentarité des équipes du Cirad et du Cerf et de leurs dispositifs expérimentaux, la diversité des partenariats qu'ils développent, permettent de répondre au mieux aux attentes spécifiques de chaque producteur sucrier en matière d'accès à des variétés plus performantes pour leur site.

Ainsi, ces deux organismes :

- Mènent des programmes d'amélioration variétale à la Guadeloupe et à la Réunion.
- Proposent une offre de production et de diffusion de nouvelles variétés de canne à sucre.
- Mettent en commun leurs compétences et savoir-faire pour répondre aux attentes des producteurs sucriers qui en font la demande.

Soucieux de mieux répondre aux besoins et aux attentes des professionnels, autres que les filières guadeloupéenne et réunionnaise, le Cirad et le Cerf associent leurs forces pour une offre variétale française.

Maturation des inflorescences de canne à sucre après hybridation. © Cerf

Pour en savoir plus

Robert Domaingue
Cirad
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
TA A-75 / 02
34398 Montpellier Cedex 5
France
robert.domaingue@cirad.fr

Bernard Siegmund
Cerf
La Bretagne
BP 315
97494 Sainte-Clotilde Cedex
Réunion
siegmund@cerf.re

Hybridations de canne à sucre sous lanternes à la Guadeloupe. © D. Roques

Des sorties variétales pour et avec les producteurs locaux

Parmi les objectifs multiples des programmes du Cirad, à la Guadeloupe, et du Cerf, à la Réunion, la sortie variétale à destination des agriculteurs et des producteurs locaux de canne et de sucre est la première priorité. Pour cela, les programmes s'appuient sur les connaissances acquises par les équipes des deux centres de recherche sur l'organisation du génome, l'héritabilité des caractères majeurs, les facteurs de résistance aux bio-agresseurs et d'adaptation aux différentes zones écologiques, les qualités technologiques… Les dispositifs expérimentaux prennent en compte la diversité des conditions de production rencontrées sur ces deux territoires.

Les programmes de création et de sélection variétale ont aussi pour objectif de proposer des variétés aux producteurs sucriers demandeurs. Le Cirad a ainsi diffusé à ses partenaires à l'étranger plusieurs centaines de variétés à sélectionner dans leurs conditions de culture, dont certaines sont cultivées à l'échelle industrielle. Le Cerf a fourni des variétés industrielles qui sont actuellement cultivées sur des superficies importantes dans de nombreux pays (Maurice, Afrique de l'Ouest, Afrique australe…).

Afin de s'assurer de la transmission d'un matériel végétal sain et de bonne qualité, les deux centres de recherche s'appuient sur les structures de quarantaine, installées à Montpellier, qui sont chargées de son assainissement et de son transfert.

Seedlings de canne à sucre à la Réunion. © R. Domaingue

Des croisements ciblés pour créer des variétés communes

Les deux centres de recherche ont choisi de consacrer une part de leurs activités à la création de variétés communes, à partir de géniteurs retenus pour leurs capacités à produire des variétés industrielles adaptées aux conditions de culture spécifiques aux zones ciblées. Les semences (fuzz) ainsi produites à l'issue d'hybridations alimentent les schémas de sélection conduits par les producteurs sucriers partenaires.

Le Cirad et le Cerf apportent leurs compétences dans plusieurs domaines. Un appui scientifique en termes d'acquisition de connaissances sur des facteurs d'adaptation au milieu, les interactions variété-milieu, les facteurs de résistance aux maladies et aux insectes, allié à l'amélioration de la qualité technologique, permet de mieux appréhender l'exploitation des variétés. Les deux centres de recherche apportent leurs connaissances et leurs savoir-faire pour améliorer les schémas de sélection existants (conception de schémas, méthodes et critères de sélection) ainsi que pour la formation des équipes d'expérimentation.

Partenaires…

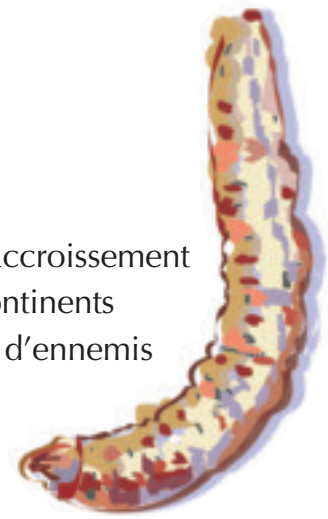
- **Iguacanne, Guadeloupe**
- **Producteurs sucriers en Afrique Australe, Afrique de l'Ouest, Afrique centrale, Asie centrale, Asie du Sud-Est, Océanie**
- **Sucrerie de Bois Rouge (Groupe Tereos) et Sucrière de la Réunion (Groupe Quartier Français), Réunion**

cerf
CANNE À SUCRE
CRÉATION VARIÉTALE
TECHNOLOGIE SUCRIÈRE
www.cerf.re

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Contrôler les bioagresseurs de la canne à sucre

Réguler leurs populations en **préservant environnement** et **biodiversité**



Les changements climatiques et l'accroissement du volume des échanges entre continents accélèrent l'introduction d'insectes. Dépourvus de leur cortège d'ennemis naturels, ils provoquent des pullulations brutales dommageables aux cultures. La canne à sucre n'est pas épargnée et certains ravageurs comme les vers blancs ou les foreurs des tiges exercent de fortes pressions conduisant à des pertes économiques significatives. Au Cirad, la mise au point de solutions de protection intégrée économique, préservant l'environnement et la biodiversité, est un impératif.

Acquérir des connaissances et transférer les innovations

Les priorités des entomologistes du Cirad sont de :

- Recenser et identifier les insectes et arthropodes présents dans les zones cannières.
- Evaluer les dégâts et préciser l'incidence économique sur la production.
- Etudier et suivre la dynamique des populations d'insectes.
- Analyser, avec les agronomes, les pratiques culturales pouvant influencer les populations d'insectes, de ravageurs et d'auxiliaires.
- Mettre au point des stratégies d'exploitation et de conservation de la biodiversité végétale et animale visant à une gestion agro-écologique des ravageurs.
- Transférer les savoirs et les innovations aux acteurs de la filière.

Ces activités s'inscrivent dans des projets pluridisciplinaires. De ce fait, la recherche est conduite en partenariat permanent avec les acteurs de la recherche phytosanitaire, jusqu'à l'adoption des innovations par les planteurs.

Le Cirad s'applique à rechercher des stratégies de lutte intégrée parmi lesquelles l'utilisation d'auxiliaires (champignons ou parasitoïdes) occupe une place prépondérante.

Pour en savoir plus

Régis Goebel
et Bernard Vercambre
Cirad
UR Systèmes Canniers
TA B-05 / 02
34398 Montpellier Cedex 5
France
francois-regis.goebel@cirad.fr
bernard.vercambre@cirad.fr

Ver blanc parasité par *Beauveria brongniartii*. © B. Vercambre

Un champignon contre le ver blanc de la canne à sucre

Hoplochelus marginalis (Coleoptera, Scarabaeidae) a été introduit accidentellement de Madagascar à la Réunion vers 1973. Les larves âgées consomment les racines de la canne et causent des dégâts importants. Le seuil économique des pertes se situe entre 3 et 5 vers blancs par souche de canne. Les années de pullulations intenses, la perte financière peut atteindre une dizaine de millions d'euros. Lors de prospections à Madagascar, un champignon *(Beauveria brongniartii)* qui s'attaque spécifiquement à ce ver a été découvert. Après son introduction, une opération de lutte obligatoire via un traitement conjuguant insecticide (chlorpyriphos-éthyl) et biocide (spores de *Beauveria*), une baisse généralisée des populations a été observée. Une action animée par le Groupe de travail ver blanc, réunissant tous les acteurs de la filière canne à sucre, a montré que la densité moyenne des vers blancs était tombée à 0,3 par souche de canne et que le taux moyen de larves mycosées était en hausse. Cette constatation a permis de supprimer l'usage du chlorpyriphos-éthyl, adjoint au traitement par sécurité. Durant toute cette opération, de nombreux documents (fiches techniques, diaporamas, bandes dessinées, autocollants, voire installation de panneaux routiers relatifs à la zone infestée par le ver blanc) ont été produits et des réunions d'information ont été organisées à l'intention des planteurs.

Œufs de foreur de couleur noire parasités par *Trichogramma chilonis*.
© F.R. Goebel

Un insecte minuscule pour combattre le foreur ponctué de la canne à sucre

Chilo sacchariphagus (Lepidoptera, Crambidae), foreur originaire d'Asie et présent dans l'océan Indien et en Afrique australe, est un ravageur de premier plan. Cette chenille mineuse provoque à la fois des pertes au champ (pertes de rendement atteignant 40 t/ha) et à l'usine (diminution du sucre extractible par tonne de canne). Les attaques sont en recrudescence dans de nombreuses exploitations de l'île de la Réunion, situation liée au développement d'une nouvelle variété (la R579) plus productive mais sensible au foreur.

A la Réunion, le Cirad conduit un programme de recherche sur l'utilisation de lâchers de parasitoïdes, en partenariat avec l'Inra et la Fdgdon. Au champ, des lâchers programmés de grandes quantités de l'hyménoptère *Trichogramma chilonis* entraînent une baisse significative du pourcentage d'entre-nœuds attaqués. Le gain de rendement va de 15 à 36 tonnes de canne à l'hectare.

Pour assurer la rentabilité et la fiabilité de ce contrôle biologique, il est maintenant nécessaire d'améliorer la stratégie des lâchers (périodes et doses), ainsi que d'affiner le choix de la population de trichogrammes. Le partenariat, qui a été jusqu'à maintenant exemplaire entre les trois organismes, est le garant du succès des actions futures.

Partenaires…

- **Fdgdon (Fédération départementale des groupements de défense contre les organismes nuisibles), Réunion**
- **Inra (Institut national de la recherche agronomique), France**
- **Sasri (South African Sugar Cane Research Institute), Afrique de Sud**
- **Spv (Service régional de la protection des végétaux), Réunion**

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Lutter contre les maladies à caractère épidémique de la canne à sucre

Favoriser la **durabilité** de la **résistance**

De structure génétique complexe, la canne à sucre se multiplie par bouturage. Les plantations sont de type pluriannuel (5 à 10 ans) avec une récolte annuelle. Leurs productions sont régulièrement menacées par l'apparition de maladies. La lutte contre les maladies repose principalement sur la création et la sélection de variétés résistantes, et parfois sur l'assainissement. Ces spécificités agrotechniques de la canne à sucre soulignent l'importance du développement de variétés de canne à sucre résistantes aux maladies. Favoriser la durabilité des résistances est fondamental et nécessite une analyse des risques de développement des maladies en fonction des contextes locaux.

Innover dans l'analyse des risques et de leurs facteurs

Le Cirad a acquis les compétences et propose une expertise pour :

- Déterminer les risques de dispersion de maladies en fonction des conditions locales.
- Estimer les risques d'évolution de maladies, liés à la variabilité et à la dynamique des populations des agents pathogènes.
- Conseiller des itinéraires techniques pour minimiser les risques d'impact sur la production locale.
- Evaluer la résistance des variétés aux maladies majeures.

La détermination des risques va orienter aussi bien le choix variétal (résistance nécessaire ou sensibilité tolérée) que les techniques d'assainissement et de diffusion du matériel végétal via un schéma de pépinière dans une zone géographique donnée ou entre zones.

Grâce à son réseau mondial de coopération et à la quarantaine canne à sucre de Montpellier, le Cirad étudie la diversité génétique et la pathogénicité de nombreux microorganismes. Ses compétences permettent aujourd'hui au Cirad de proposer une expertise d'analyse de risques liés à l'évolution des maladies de la canne à sucre.

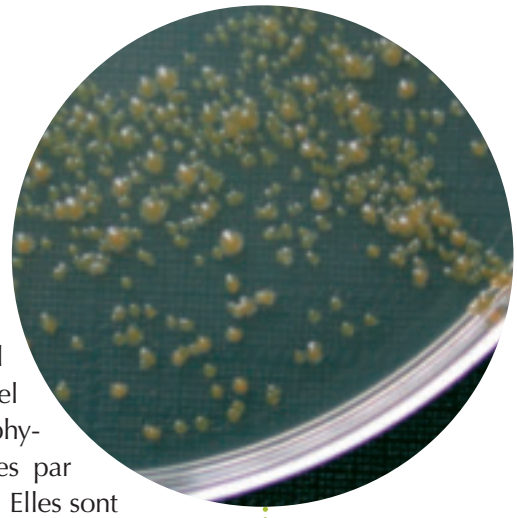
Pour en savoir plus

Jean-Heinrich Daugrois
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
Station de Roujol
97170 Petit-Bourg
Guadeloupe
jean-heinrich.daugrois@cirad.fr

Philippe Rott
UMR Biologie et génétique des interactions plantes - parasites pour la protection intégrée
University of Florida
Plant Pathology Department
PO Box 110680
1453 Fifield Hall
Gainesville, FL 32611
Etats-Unis
philippe.rott@cirad.fr

Gouttelettes de rosées. © J.H. Daugrois

Concevoir des outils de prédiction pour favoriser la résistance



Xanthomonas albilineans, agent causal de l'échaudure des feuilles. © J.H. Daugrois

Le Cirad a démontré que la phase épiphyte de la bactérie *Xanthomonas albilineans*, agent causal de l'échaudure des feuilles, joue un rôle essentiel dans son cycle infectieux. Les populations épiphytes peuvent atteindre 10 millions de bactéries par millilitre d'eau prélevé à la surface des feuilles. Elles sont associées aux taux de contamination des tiges de canne à sucre par *X. albilineans*. Le facteur essentiel au développement de ces populations épiphytes est la pluviosité pendant la période de croissance de la plante. Les précipitations sont, de fait, liées à l'infection des plantes qui fait suite au développement des populations bactériennes à la surface des feuilles. La pluviosité peut donc être utilisée comme outil de prédiction des risques de contamination de la plante. En revanche, si la pluie favorise la contamination, l'expression de la maladie est plus prononcée en condition de stress hydrique.

Pour caractériser le mode de dissémination de l'agent responsable de la maladie de la feuille jaune, un Polerovirus transmis par des pucerons *(Melanaphis sacchari)*, le Cirad a participé au développement d'un modèle descriptif de l'infection de parcelles saines. L'infection se déroule en 2 phases. La première, aléatoire, est liée à l'arrivée de pucerons ailés sur la parcelle, lorsque les contrastes de couleur sol – plante sont encore visibles vus du ciel. La seconde, agrégative et de proximité, est liée au mouvement des pucerons aptères de plante à plante. Ce modèle descriptif permet d'évaluer les risques d'infection en fonction des conditions locales.

Melanaphis sacchari, ailé. © J.H. Daugrois

Melanaphis sacchari, aptère. © J.H. Daugrois

Evaluer l'évolution des risques épidémiques

Les risques épidémiques peuvent évoluer en fonction du changement des variétés cultivées et des variations d'agressivité des pathogènes. C'est pourquoi, grâce à son réseau mondial de coopération et à la quarantaine canne à sucre, le Cirad étudie la diversité génétique et la variabilité de pathogénicité de nombreux microorganismes tels que le virus de la mosaïque de la canne à sucre, le virus de la feuille jaune et la bactérie responsable de la maladie de l'échaudure des feuilles, *X. albilineans*.

Le Cirad a montré que la variabilité génétique de *X. albilineans* peut être très faible dans une zone donnée (exemple de la Guadeloupe) alors que sa diversité d'agressivité est de même grandeur que celle de souches d'origines et de structures génétiques variées. La probabilité d'apparition de souches plus agressives dépendra donc de la zone concernée.

Partenaire...

- **Grimaag (Groupe de recherche en informatique et mathématiques appliquées des Antilles-Guyane), Uag (Université des Antilles et de la Guyane), Guadeloupe**

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

La gestion des enherbements en culture de canne à sucre

Améliorer le désherbage
dans le respect de l'environnement

Le désherbage est un élément clé de la conduite de la culture de canne à sucre, une culture très sensible à la concurrence des mauvaises herbes. L'enherbement consomme une part importante des fertilisants et de l'eau au détriment de la culture. Dans de nombreuses situations, de bonnes pratiques limitant le développement des mauvaises herbes procurent des augmentations de production de l'ordre de 10 à 25 %. Les populations d'adventices sont très diversifiées même au sein d'une zone de culture réduite. La maîtrise de ces enherbements exige l'élaboration de programmes d'interventions adaptés à chacun des problèmes à résoudre.

Le Cirad améliore les itinéraires techniques de désherbage

Afin de maîtriser les problèmes d'enherbement de la canne à sucre, le Cirad intervient dans quatre domaines complémentaires :

- Il identifie les espèces de mauvaises herbes présentes.
- Il analyse les pratiques de désherbage et les adapte aux itinéraires techniques.
- Il aide à améliorer les méthodes de désherbage par la préconisation de programmes d'intervention pour la lutte contre les mauvaises herbes, la proposition de modifications des itinéraires techniques, l'élaboration de dispositifs expérimentaux.
- Il forme des agents sur le terrain en leur transmettant l'information nécessaire à la réalisation des programmes de lutte : flores et logiciels d'aide à la reconnaissance des mauvaises herbes, conception des programmes d'intervention, initiation à l'implantation et au suivi des essais.

Enherbement en canne vierge à la Réunion.
© T. Le Bourgeois

L'amélioration des pratiques de désherbage procure plusieurs avantages :

- Des gains économiques, par l'augmentation de la production et la réduction des coûts.
- Une réduction de la pénibilité du travail, par la réduction du recours à la main-d'œuvre pour le sarclage manuel.
- Une meilleure maîtrise des risques environnementaux, par un emploi adapté des herbicides.
- Une meilleure efficience de l'irrigation et de la fertilisation.

Pour en savoir plus

P. Marnotte
Cirad
UR Systèmes Canniers
Station de La Bretagne
BP 20
97408 Saint-Denis
Messagerie Cedex 9
Réunion
pascal.marnotte@cirad.fr

Identifier les mauvaises herbes présentes

La caractérisation de l'état d'enherbement des parcelles est une phase préliminaire indispensable à toute proposition de méthode de lutte contre les mauvaises herbes dominantes. Le développement des espèces potentiellement envahissantes est à surveiller afin de juguler les infestations avant qu'elles ne prennent trop d'ampleur. Au fil des successions culturales, des mauvaises herbes tendent à s'imposer :

- Espèces sur lesquelles les herbicides employés en culture de canne à sucre montrent une faible efficacité *(Panicum maximum, Rottboellia cochinchinensis)*.
- Espèces à organes de réserves, tubercules *(Cyperus rotundus)*, rhizomes *(Imperata cylindrica* ou *Cynodon dactylon)* ou racines *(Launaea chevalieri)*.
- Espèces parasites, comme *Striga hermonthica*.

Argemone mexicana, espèce commune de la canne à sucre.
© T. Le Bourgeois

Adapter les pratiques de désherbage mécanique

L'enherbement est facilement maîtrisé par des sarclages manuels, tant que la main-d'œuvre est disponible. En cas de recours aux sarclages mécaniques, il est nécessaire de préciser les périodes d'interventions les plus favorables en fonction des conditions culturales ; les travaux motorisés sont limités aux premiers stades de la culture, afin de ne pas endommager la plante cultivée, mais des goulots d'étranglement apparaissent souvent dans l'organisation des chantiers de sarclages, si la pression de l'enherbement est trop forte.

Ipomoea nil. Les espèces lianescentes posent de plus en plus de problèmes en plantations de canne à sucre
© T. Le Bourgeois

Raisonner le désherbage chimique

Il est parfois nécessaire d'améliorer les conditions d'utilisation des herbicides afin d'optimiser leur efficacité, tout en réduisant les risques pour l'environnement et les utilisateurs. Il est souhaitable d'élargir la gamme des produits herbicides utilisables pour l'entretien des parcelles pour :

- Disposer de plusieurs types de matières actives pour assurer une rotation des herbicides appliqués afin d'éviter l'apparition de flores résistantes.
- Adapter le choix des matières actives à la flore dominante de la parcelle.
- Diversifier ses fournisseurs, afin d'assurer la disponibilité des produits au meilleur coût.

Les conditions agronomiques et économiques, dont dépend la rentabilité d'une application d'herbicide, évoluent extrêmement rapidement. Il faut donc, par une expérimentation régulière, constituer un référentiel technique fiable sur le désherbage chimique, dans lequel on puisse trouver des solutions adaptées aux évolutions des contraintes. Il s'agit de préciser l'activité des nouvelles familles d'herbicides sur les mauvaises herbes et la sensibilité de la culture, puis d'apprécier l'intérêt d'un traitement herbicide dans les conditions pratiques d'utilisation, en mettant l'accent sur l'aspect économique.

Intégrer l'ensemble des pratiques culturales

Quelles que soient les méthodes de désherbage préconisées, elles devront trouver leur place au sein des autres pratiques culturales, qui viseront elles aussi à participer à une lutte intégrée contre l'enherbement : préparation des parcelles, choix variétal, écartement des rangs, gestion des résidus de récolte, etc.

Partenaires…

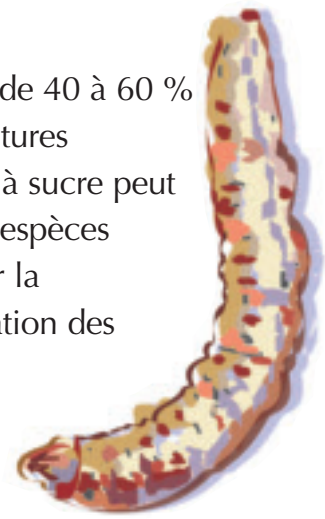
- Cerf (Centre d'essai de recherche et de formation), Réunion
- Ctcs-Guadeloupe (Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre), Guadeloupe
- Ctcs-Martinique (Centre technique de la canne et du sucre), Martinique
- Firmes phytosanitaires
- INRA (Institut national de recherche agronomique), France
- Sucrière de la Réunion, Réunion
- Sucrerie de Bois-Rouge, Réunion
- Sucrerie de Gardel, Guadeloupe

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Les plantes envahissantes, une contrainte majeure des cultures tropicales

Connaître les adventices pour une **gestion durable** des milieux cultivés ou naturels

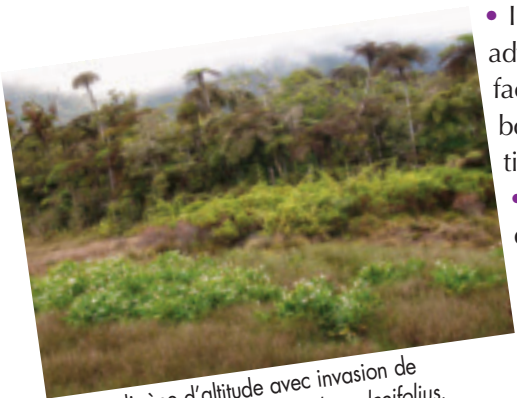


Les adventices sont responsables de 40 à 60 % des pertes de rendement des cultures alimentaires tropicales. Leur mauvaise gestion en canne à sucre peut se traduire par des pertes de production de 30 à 40 %. Les espèces exotiques envahissantes représentent la deuxième menace pour la biodiversité terrestre, après la transformation des milieux. L'augmentation des rendements dans le cadre d'un système de production durable respectueux de l'environnement et la conservation de la biodiversité des milieux naturels nécessitent une bonne connaissance des espèces et de leur comportement, afin d'élaborer des stratégies de lutte adaptées.

De nouvelles méthodes d'identification des espèces et d'analyse de leur comportement

La mise au point de méthodes de lutte nécessite de bien connaître la ou les cibles, mais les outils classiques d'identification sont difficiles d'utilisation et réservés à quelques spécialistes. Il faut aussi comprendre le comportement des espèces en fonction des facteurs anthropiques et environnementaux pour agir sur ces facteurs.
Pour améliorer les méthodes de gestion d'enherbement et d'invasion par les plantes, le Cirad intervient dans trois domaines complémentaires :

- Il développe des outils d'aide à l'identification des adventices et des plantes envahissantes qui soient facilement utilisables par des non-spécialistes de la botanique tout en étant d'une grande rigueur scientifique.
- Il analyse l'effet des facteurs environnementaux, d'origine anthropique ou naturelle sur les variations du comportement des espèces.
- Il forme aussi bien les techniciens sur le terrain que les encadrants et les futurs chercheurs.



Forêt indigène d'altitude avec invasion de Zantedeschia aethiopica et Rubus alceifolius.
© T. Le Bourgeois

Les malherbologues du Cirad s'appuient sur des collections de référence des mauvaises herbes tropicales et une méthodologie appropriée. Ils participent à de nombreux programmes de recherche pluridisciplinaires intégrant systématique, informatique appliquée, écologie, agronomie, lutte biologique et conservation de la biodiversité.

Pour en savoir plus

Thomas Le Bourgeois
Cirad
UMR Botanique
et bio-informatique
de l'architecture des plantes
TA A-51 / PS2
34398 Montpellier Cedex 5
France
thomas.le_bourgeois@cirad.fr

Identification des adventices

Adventices dans une culture d'oignon. © T. Le Bourgeois

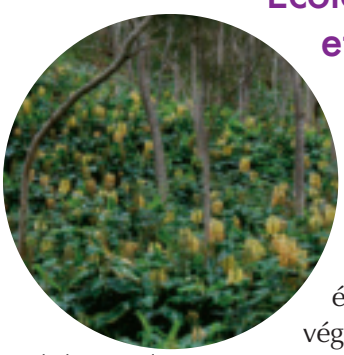
Avant toute action d'étude ou de lutte contre les adventices, il convient de les identifier de façon précise. Or différents problèmes se posent :

- Les flores classiques, fondées sur la structure florale, ne permettent pas d'identifier les espèces à un stade précoce, stade prioritaire pour le désherbage.
- Le système de clé d'identification classique ne tolère pas l'erreur ou l'absence de description d'un caractère.
- La terminologie technique, utilisée dans les flores classiques, n'est pas facilement compréhensible pour des non-spécialistes de la botanique.

C'est pourquoi le Cirad a développé des méthodes d'identification utilisables sur différents types de support (papier : clés graphiques sur caractères végétatifs, ou informatique : systèmes d'identification assistés par ordinateur utilisant un portrait robot) permettant à toute personne – étudiant, agriculteur, agent de développement, agronome – d'identifier facilement et précisément les adventices à n'importe quel stade de développement.

Divers produits (flores, cédérom, Web) ont été publiés ou sont accessibles via Internet et concernent les flores adventices de divers systèmes de culture de différentes régions tropicales (par exemple, AdvenRun : adventices de la canne à sucre de la Réunion).

Ecologie et comportement des adventices et des plantes envahissantes



Hedychium gardnerianum en forêt d'*Acacia heterophylla* . © T. Le Bourgeois

Cardiospermum halicacabum et *Cyperus rotundus*. © T. Le Bourgeois

Pour lutter efficacement contre une plante envahissante, que ce soit dans une culture comme la canne à sucre ou en milieu naturel, il convient de comprendre pourquoi elle est envahissante dans ce contexte et quels sont les facteurs biotiques et abiotiques qui favorisent ou gênent son développement. A cette fin, le Cirad étudie les adventices à l'échelle de la dynamique de communautés végétales et à l'échelle des populations de façon à préciser :

- Leurs modes de multiplication et de dispersion.
- L'adaptation de leurs cycles de développement aux contextes environnementaux.
- La structuration des communautés végétales et leurs dynamiques d'évolution.
- Les facteurs agronomiques et écologiques favorables à leur développement.
- Les facteurs de régulation des espèces.

La connaissance de ces informations permet de raisonner les moyens de lutte et la gestion à long terme des enherbements de façon à préserver durablement le potentiel agronomique des parcelles cultivées et la biodiversité des milieux naturels.

Formation : du terrain à l'Université

Les activités de formation en malherbologie du Cirad sont multiples :

- Fourniture de flores et de logiciels d'aide à la reconnaissance des adventices.
- Initiation aux méthodes d'identification botanique avec de nouveaux outils.
- Intégration des éléments de compréhension du comportement des espèces dans l'élaboration des méthodes de lutte.
- Encadrement de stagiaires et de futurs chercheurs.
- Participation aux formations d'ingénieurs et aux masters universitaires.

Partenaires…

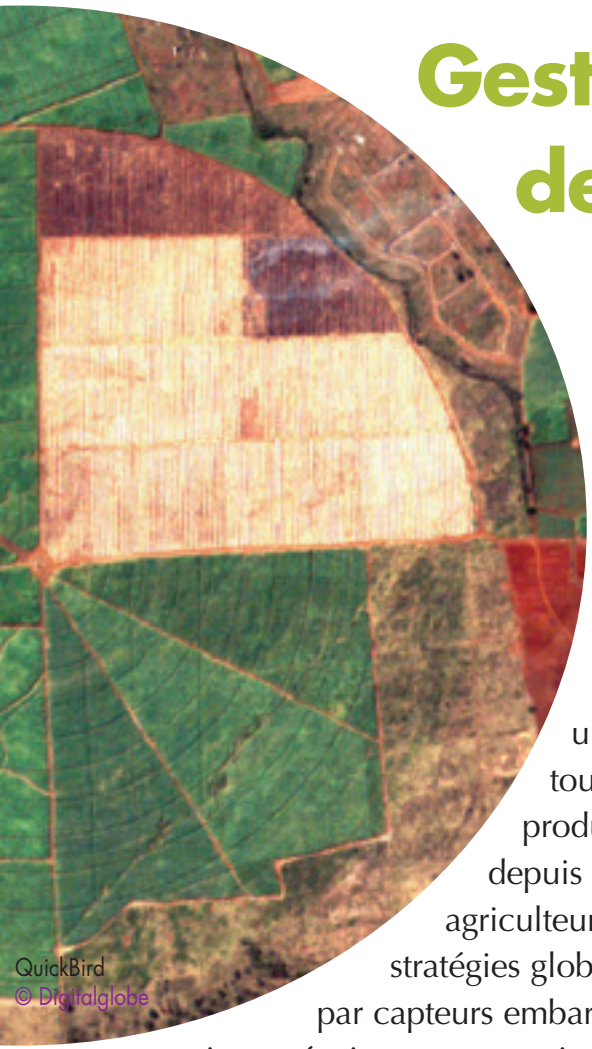
- **Iac (Institut agronomique Calédonien), Nouvelle-Calédonie**
- **Onf (Office national des forêts), Réunion**
- **Prpv (Programme régional de protection des végétaux), Commission de l'océan Indien, Madagascar, Réunion, Maurice, Seychelles, Comores**
- **Uicn (Union internationale pour la conservation de la nature), Initiative sur les espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer, France**

CIRAD

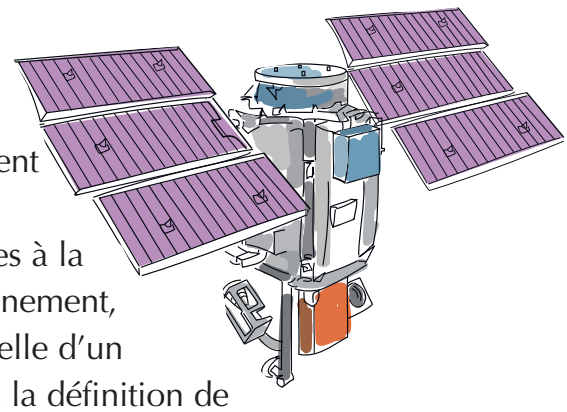
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Gestion spatialisée de la production cannière

Utiliser la **télédétection** de la parcelle à la région



QuickBird
© Digitalglobe

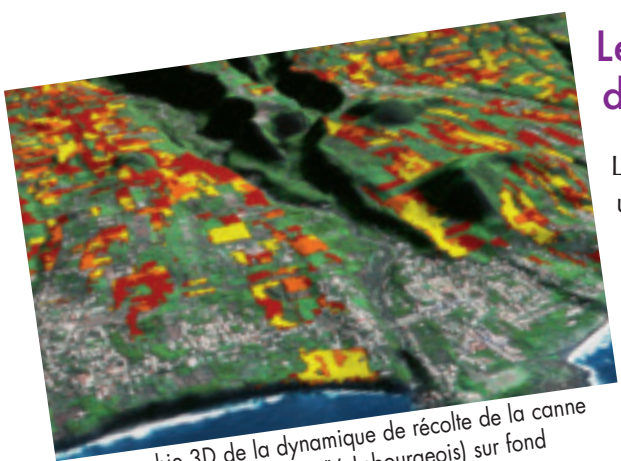


L'information spatialisée tient une place déterminante dans toutes les prises de décision liées à la production agricole et à l'environnement, depuis la prise de décision individuelle d'un agriculteur sur son exploitation jusqu'à la définition de stratégies globales des filières agricoles ou des régions. L'acquisition d'images par capteurs embarqués satellitaires ou sur systèmes légers (ULM, drone) et leur interprétation « agronomique » sous forme de cartes d'indicateurs pertinents pour les professionnels de la filière constituent un enjeu fort pour l'aide à la gestion de la production cannière.

Une vision exhaustive de l'état des plantations

Les experts du Cirad sont disponibles pour :

- Aider à définir les besoins des utilisateurs en informations spatialisées.
- Proposer des solutions en fonction de la zone d'étude et du budget disponible.
- Commander les images satellite et fournir les cartes d'indicateurs.
- Organiser une campagne aéroportée et traiter les images.
- Organiser des formations à partir de logiciels commerciaux ou libres.



Cartographie 3D de la dynamique de récolte de la canne au 26 octobre à la Réunion (V. Lebourgeois) sur fond d'image Spot. © Cnes, Distribution Spot image

Les bénéfices de la télédétection

L'utilisation d'images aérospatiales permet un diagnostic rapide et fiable de l'état de la culture, une gestion facilitée de la campagne de récolte et une meilleure anticipation des rendements.

L'information spatialisée extraite des images Spot ou des photographies aériennes est objective, précise, spatialement exhaustive, en temps quasi-réel et économique par rapport aux méthodes de terrain (moins de un euro par hectare). Cette information est diffusée et traitée à l'aide d'outils libres et adaptés à des utilisateurs non spécialistes du traitement de l'information géographique.

Pour en savoir plus

Agnès Bégué
Cirad
UMR Territoires, environnement, télédétection et information spatiale
Maison de la télédétection
TA C-91 / MTD
34398 Montpellier Cedex 5
France
agnes.begue@cirad.fr

Pierre Todoroff
Cirad
UR Systèmes Canniers
7 chemin de l'Irat
97410 Saint-Pierre
Réunion
pierre.todoroff@cirad.fr

Acquisition d'images dans l'infrarouge thermique par ULM. La température de surface augmente du bleu vers le rouge. © V. Lebourgeois et B. Roux.

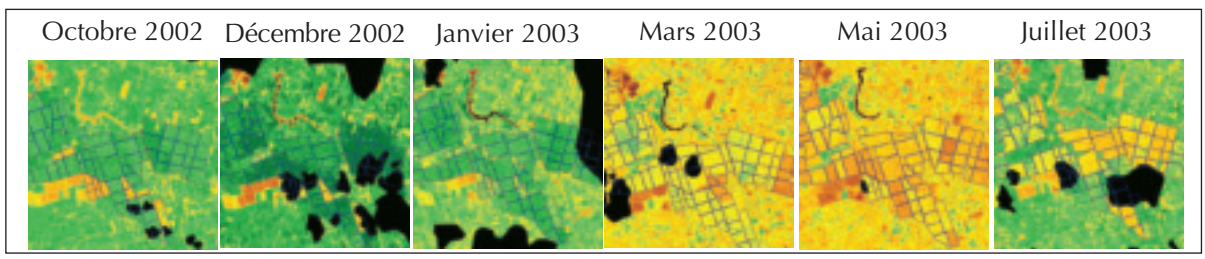
Les deux grands types d'information spatialisée

- Des informations sur les surfaces, par l'identification des limites du parcellaire cultural sur des images à résolution métrique.
- Des informations sur l'état des cultures, par analyse de la variabilité spatio-temporelle de la vigueur des cultures.

La cartographie, outil de gestion des plantations pour l'ensemble de la filière

L'information agronomique issue des images de télédétection aide les planteurs de canne à sucre à :

- Détecter les anomalies de croissance à l'échelle de la parcelle : les images aériennes et satellitaires permettent une meilleure gestion culturale par la détection précoce de l'enherbement ou des plants manquants en début de culture, le repérage d'anomalies de croissance et de stress hydrique en fin de croissance, et le suivi de la maturation.

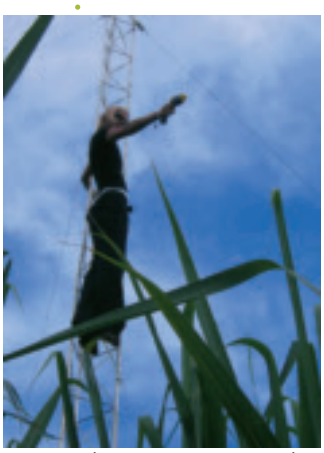


Cartographie évolutive de la vigueur de parcelles de canne à sucre en Guadeloupe produite à partir d'images Spot. © A. Bégué

- Piloter l'irrigation : la température de surface d'un couvert végétal est fortement corrélée à l'état hydrique des cultures. Sa cartographie à partir de vecteurs aéroportés est utilisée pour localiser des zones présentant un stress hydrique. Cette information spatiale peut être un élément important du conseil aux agriculteurs pour la position des systèmes d'irrigation ou le zonage des apports d'eau.

L'information régionale issue des images de télédétection est utilisée par les usiniers et les organismes techniques pour :

- Réaliser un zonage des bassins de production : l'analyse spatiale de la vigueur des cultures permet d'établir des zonages à différentes échelles, de la typologie des exploitations à la définition de campagnes d'échantillonnage de terrain.
- Suivre la récolte et les replantations : l'utilisation des séries d'images satellite mensuelles permet de détecter les principales interventions culturales telles que les coupes ou les labours. Ce suivi spatio-temporel est utilisé pour l'organisation de la récolte, le calcul des rendements, la quantification des replantations ou des surfaces de cannes restant sur pied.
- Estimer la quantité et la qualité de la production : quantifiée de façon ponctuelle avant la campagne de récolte, la vigueur de la canne est un bon indicateur de la production potentielle de la culture. Cette estimation précoce est un élément important pour organiser la récolte et planifier les flux financiers. Le dessèchement de la canne, également suivi par télédétection, peut être utilisé comme un indicateur qualitatif de la richesse en sucres.



Mesures de terrain avec un pistolet infrarouge thermique, faites en synchronisation avec les acquisitions ULM. B. Roux © L'Avion jaune

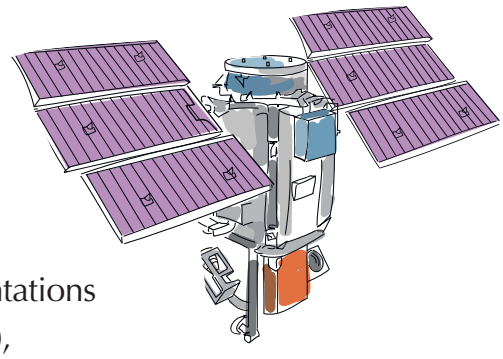
Partenaires…

- **Avion jaune, France**
- **Cerf (Centre d'essai de recherche et de formation), Réunion**
- **Cnes (Centre national des études spatiales), France**
- **Msiri (Mauritius Sugar Industry Research Institute), Maurice**
- **Spot Image, France**

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Optimiser la production de la canne à sucre

Des **outils de pilotage** de la filière



Pour être rentables et respecter les réglementations (environnementales, administratives…), les productions agricoles doivent être gérées à une échelle plus large que la parcelle individuelle. L'exploitant se trouve face à un problème d'optimisation de la production sous contraintes multiples, de natures diverses et parfois mal maîtrisées. En particulier, la rentabilité de la filière canne à sucre nécessite de coordonner la production de l'ensemble des parcelles au sein d'une région. Pour faciliter cette tâche, le Cirad a développé des outils d'aide au pilotage de la production de canne à l'échelle régionale.

Des outils qui s'appuient sur des informations géographiques

Utilisation des photos prises par les satellites Spot 5. © Cnes.

Les outils de pilotage de la production sont développés par le Cirad avec :

- Des cartes de suivi de la croissance et de la récolte par images satellite.
- Un système d'informations géographiques (SIG), contenant les données administratives, agronomiques, climatiques et de production pour toutes les parcelles agricoles, connecté à des modèles issus de la recherche tels le modèle de croissance de la canne et le système de prévision de récolte.
- Des produits obtenus par télédétection et accessibles en ligne (cartes de suivi de la croissance ou de la récolte, détection des hétérogénéités de croissance…).

Des outils destinés à l'ensemble de la filière

Ces outils sont largement diffusés :

- Aux agriculteurs qui souhaitent gérer plus finement la croissance de leurs parcelles.
- Aux structures d'encadrement, pour ajuster leurs conseils techniques.
- Aux industriels, pour mieux préparer l'outil de production (approvisionnement, volume de canne à traiter, dates de début et de fin de broyage…).
- Aux institutions, afin qu'elles disposent d'une image plus précise des capacités de production de la filière, anticipent les montants des aides nécessaires (garantie de prix, catastrophes naturelles…), élaborent des mesures incitatives…
- Aux organismes de recherche.

Pour en savoir plus

Jean-Baptiste Laurent
Cirad
UR Aide à la décision et biostatistique
TA B-13 / 07
34398 Montpellier Cedex 5
France
jean-baptiste.laurent@cirad.fr

Pierre Todoroff
Cirad
UR Systèmes Canniers
7 chemin de l'Irat
97410 Saint-Pierre
Réunion
pierre.todoroff@cirad.fr

Couplé avec des outils de gestion de l'eau,
Tsigane est un puissant outil de conseil pour l'irrigation © J.B. Laurent

Les outils

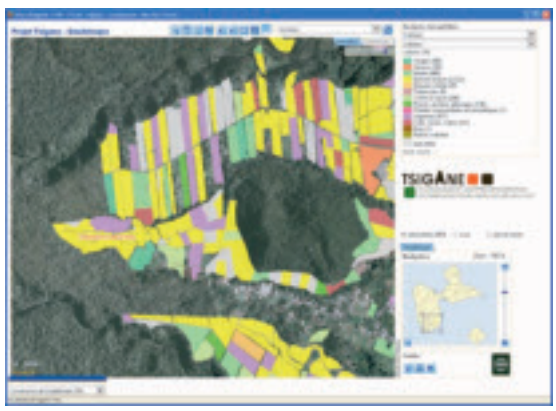
Ils sont l'aboutissement de travaux de recherche en modélisation et outils d'aide à la décision (modèle de croissance de la canne à sucre, système de prévision de récolte…). Leurs résultats sont maintenant valorisés en produits appliqués et utilisables par les filières agricoles grâce à la mise en œuvre des technologies de l'information et de la communication.

Le Cirad propose de faire bénéficier ses partenaires de sa maîtrise des méthodologies d'élaboration de ces outils, qui ont été validés en Guadeloupe et à la Réunion. Notre mission est de les adapter à d'autres pays des régions chaudes, où ils pourraient être mis à profit pour améliorer le revenu des exploitants.

La plateforme Tsigane est un système d'information en ligne composé de plusieurs modules.

- **Sucrette©** : logiciel de cartographie de suivi de la récolte de la canne par images satellites.
- **Rainette©** : module de gestion de la base de données agroclimatiques et outil d'aide à la décision.
- **Géoclip©** : module de gestion et de diffusion des données agronomiques des parcelles agricoles cartographiées.
- **Sharp** (Sugarcane Harvest Prediction) : module de prévision de la production de canne à sucre.
- **Mosicas©** : module de simulation de la croissance des cannes à sucre.

Certains de ces modules sont susceptibles d'être également utilisés pour d'autres cultures, comme l'hévéa, le palmier à huile… Chaque module est utilisable indépendamment.



Gestion et diffusison des données agronomiques par parcelle grâce au système Tsigane. © Cirad

L'expertise

De la réalisation ponctuelle de cartes analytiques à la formation d'une équipe de géomaticiens ou aux développements d'outils spécifiques, le Cirad apporte son expertise.

- Aide à la rédaction de cahiers des charges.
- Analyse et structuration de données.
- Collecte des données internes et externes.
- Contrôle de numérisations.
- Choix des architectures techniques.
- Accompagnement à la gestion de projet de systèmes d'information (assistance à la maîtrise d'ouvrage).

Une expertise au service du secteur agro-industriel.
© Gardel SA.

Partenaires…

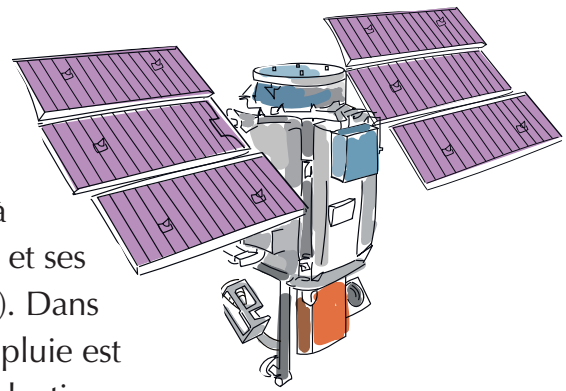
- **Agrigua (Association guadeloupéenne de recueil d'informations géographiques d'utilité agricole), Guadeloupe**
- **Direction de l'agriculture et de la forêt, Guadeloupe**
- **Météo France, Réunion et Guadeloupe**
- **Sucrerie Gardel S.A., Guadeloupe**
- **Union des groupements de producteurs de bananes, Guadeloupe**

CIRAD

Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement
www.cirad.fr

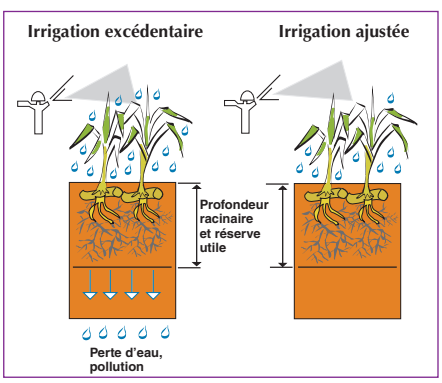
L'eau : une ressource à utiliser à bon escient

Des **outils** pour une **gestion durable** de l'**eau** de pluie et d'irrigation



L'eau est indispensable à une bonne production de la canne à sucre et ses besoins sont élevés (15 000 à 25 000 m^3/ha/an). Dans les zones à fort ensoleillement, les plus productives, la pluie est souvent insuffisante et c'est alors un facteur limitant de la production. L'irrigation est un moyen très efficace pour améliorer l'alimentation en eau de la culture mais, pour des raisons économiques, sociales, environnementales, l'eau d'irrigation ne doit pas être gaspillée.

Optimiser l'utilisation de l'eau par la canne



Effets d'une irrigation excédentaire : des pertes d'eau, un risque environnemental.

Apportée en excès, l'eau peut être néfaste pour l'environnement. Améliorer l'efficience de l'eau de pluie et d'irrigation dans les plantations industrielles et chez les petits planteurs est un axe important de recherche du Cirad. Des outils d'aide à la décision ont ainsi été développés :

OSIRI : Outil Simplifié pour une Irrigation Raisonnée et Individualisée

D'une utilisation simple pour les conseillers agricoles ou les agriculteurs, il aide à la décision de l'agriculteur pour déterminer les doses d'eau à apporter les jours suivants.

FIVE-CoRe: Farm Irrigation Volume Estimation according to Constraints and Requirements

Il permet aux décideurs et scientifiques d'estimer les consommations optimales en irrigation, compte tenu des besoins des cultures, des contraintes et des choix de l'agriculteur.

Ces outils ont fait l'objet d'une validation scientifique sur le terrain. OSIRI est utilisé à la Réunion par la Chambre d'agriculture et FIVE-CoRe a servi pour des études à la demande de décideurs (Conseil général, Saphir). Ces outils ont été testés et utilisés sur la canne à sucre, mais ils peuvent être mis en œuvre sur d'autres cultures.

Le Cirad propose également une expertise sur la gestion agricole de l'eau au service des agriculteurs, des conseillers agricoles et des agro-industries.

Pour en savoir plus

Jean-Louis Chopart
Cirad
UR Systèmes canniers
7 chemin de l'Irat
97410 Saint-Pierre
Réunion
jean-louis.chopart@cirad.fr

Programmation d'une irrigation avec une vanne volumétrique. © L. Le Mézo

OSIRI, aide à la décision pour les agriculteurs et les périmètres sucriers

Aider les petits producteurs canniers de la Réunion dans leurs décisions d'irrigation – Quand irriguer ? Quel volume apporter pour satisfaire aux besoins de la culture ? –, tel est l'objectif d'OSIRI, élaboré par le Cirad avec la Chambre d'agriculture de la Réunion.

Dans une exploitation, les besoins en eau de la canne à sucre peuvent être très variables d'une parcelle à l'autre. Les conseils doivent donc être adaptés à chaque secteur d'irrigation et sont donnés au choix en mètres cubes, en heures ou en millimètres.

Cet outil de conseil a fait l'objet d'une validation sur le terrain et c'est maintenant le plus utilisé à la Réunion. Les premiers résultats sont positifs : avec le conseil OSIRI, les doses apportées sont en diminution, il n'y a pas de pertes significatives d'eau par drainage, sauf en cas de fortes pluies, et la production est maintenue.

En culture pluviale, il permet d'évaluer, par parcelle, les stress hydriques et l'intérêt ou non de passer d'une culture pluviale à une culture irriguée.

FIVE-CoRe, outil pour les décideurs, les scientifiques, les ingénieurs

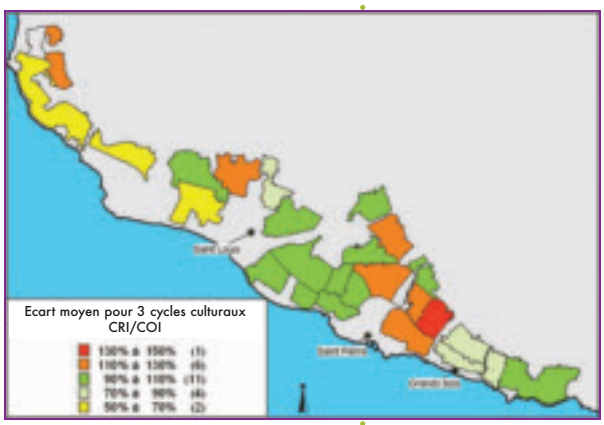
Estimer rapidement et facilement les volumes optimaux d'eau d'irrigation à apporter par les agriculteurs, tel est l'objectif principal du logiciel FIVE-CoRe.

Pour diagnostiquer des consommations excessives ou insuffisantes, il faut d'abord connaître les consommations optimales en eau d'irrigation, en tenant compte à la fois des besoins des cultures, des contraintes et des choix techniques de l'agriculteur.

FIVE-CoRe a été utilisé pour modéliser les consommations d'eau dans les périmètres irrigués du sud de la Réunion (environ 2 500 ha, 500 agriculteurs). Il a permis de quantifier les quantités optimales d'eau d'irrigation et les écarts entre les pratiques réelles et optimisées pour évaluer l'efficience de l'irrigation. Dans deux zones, les consommations réelles s'écartent nettement de celles modélisées, l'appui aux agriculteurs devra être renforcé.

FIVE-CoRe peut être mis en œuvre à l'échelle d'une parcelle ou d'une exploitation réelle ou virtuelle en mono ou polyculture. Il permet aussi de simuler facilement différents scénarios d'irrigation pour évaluer, par exemple, l'effet de changements techniques ou climatiques. Il peut enfin être utilisé en culture pluviale pour étudier l'intérêt potentiel de l'irrigation et aider à la création de nouveaux périmètres.

OSIRI et FIVE-CoRe sont déposés à l'App (Agence française de la propriété des programmes). Ils sont disponibles en français et en anglais (et en portugais pour OSIRI).



CRI : consommation réelle en eau d'irrigation ; COI : consommation optimale en eau d'irrigation.
Identification, dans les périmètres irrigués du Sud de la Réunion, de zones ou les doses d'irrigation apportées par les agriculeurs sont plus fortes ou plus faibles que les besoins optimaux modélisés par FIVE-CoRe.

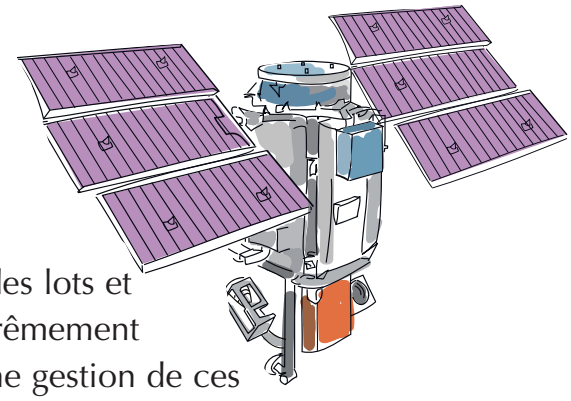
Partenaires…

- Chambre d'agriculture de la Réunion, Réunion
- Conseil général de la Réunion, Réunion
- Conseil régional de la Réunion, Réunion
- LTHE (Laboratoire des transferts en hydrologie et environnement), France
- Saphir (Société d'aménagement de périmètres hydro-agricoles à la Réunion), Réunion

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Gestion des approvisionnements des usines

Optimiser la récolte de la canne à sucre



La récolte, le chargement des lots et le transport de la canne à sucre vers l'usine sont extrêmement coûteux pour les différents opérateurs de la filière. La bonne gestion de ces opérations génère d'importants gains de productivité : réduction des temps de transport, optimisation des plannings de livraison, mise en commun du matériel. Cette gestion des approvisionnements nécessite de coordonner les opérateurs entre eux afin de réguler les flux de canne à l'entrée de l'usine tout au long de la campagne.

Des méthodes et des outils pour faciliter la gestion des approvisionnements de canne à l'usine

Les résultats des recherches et l'expérience accumulés au Cirad permettent aujourd'hui de mettre à la disposition des agriculteurs des démarches et des outils pour les aider à :

- Améliorer la planification de la récolte en fonction des prévisions de rendement et des variations qualitatives de la canne.
- Mieux gérer la logistique, les transports et l'utilisation du parc de machines.

Ses savoir-faire reconnus au plan international permettent au Cirad de proposer une assistance pour :

- Réduire les coûts de la coupe, du chargement, et du transport.
- Adapter et gérer le parc de machines.
- Dimensionner et positionner les plateformes de stockage.
- Améliorer les prévisions de récolte.
- Planifier les apports à l'usine en exploitant les variations qualitatives des cannes sur les bassins.

Champ de jeunes cannes à sucre à la Réunion. © S. Auzoux

Pour en savoir plus

Caroline Lejars
Cirad
UR Systèmes canniers
TA B-102 / 02
38498 Montpellier Cedex 5
caroline.lejars@cirad.fr

Jean-Cyril Dagallier
Cirad
UR Systèmes canniers
Station de Roujol
97170 Petit-Bourg
Guadeloupe
jean-cyril.dagallier@cirad.fr

Livraison et chargement des cannes à l'usine en vue du broyage. © S. Auzoux

Améliorer les plannings de livraisons

Afin de saturer la capacité de fonctionnement de l'usine, un quota de canne est attribué aux planteurs, calculé en fonction du tonnage total à livrer et de la durée de campagne. Ce quota est constant au cours de la campagne et indépendant des variations qualitatives des lots de canne. Or les courbes de qualité changent au cours du temps selon, notamment, la localisation pédoclimatique des exploitations et les variétés utilisées.

Le logiciel Magi, outil d'aide à l'organisation des approvisionnements, a été mis au point par le Cirad afin de tester différents scénarios d'organisation valorisant la qualité des cannes. Des études, réalisées à la Réunion et en Afrique du Sud, prouvent qu'une gestion des approvisionnements tenant mieux compte de la qualité des cannes sur un bassin cannier au cours de la campagne permet d'augmenter significativement la quantité de sucre produite. Les acteurs de la filière sont en conséquence mieux rémunérés. Cette démarche est applicable sur d'autres bassins d'usine.

Améliorer les temps et les coûts de transport

La réduction des coûts de transport est aussi un point clé de l'efficacité des filières. Des logiciels logistiques et cartographiques ont été paramétrés à la Réunion, à Maurice et en Guadeloupe, afin d'évaluer les temps et coûts de transport des cannes de la parcelle à l'usine, de localiser les temps morts et de proposer des scénarios d'amélioration.

L'utilisation de ces informations permet de calculer des itinéraires optimisant les temps de déplacement entre les groupes de parcelles et les centres de réception, et de définir des cartes de flux de tonnage, de vitesse, et de coûts théoriques.

Récolte mécanique de la canne à sucre et chargement du camion pour livraison à l'usine. © S. Auzoux

Améliorer la gestion des parcs de machines

De la même façon que pour les transports, la gestion des chantiers de récolte et des équipements utilisés permet de réduire les coûts de cette opération. Des tableaux de bord de gestion, issus des recherches du Cirad, permettent de dimensionner le parc d'équipements à mettre en œuvre, de préparer les budgets de récolte, et de suivre le déroulement des opérations.

Partenaires…

- **Chambres d'agricultures de la Réunion et de la Guadeloupe**
- **CTICS (Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre), Comité de pilotage de la canne, Réunion**
- **Inra (Institut national de la recherche agronomique), France**
- **Msiri (Mauritius Sugar International Research Institute), Maurice**
- **Sasri (South African Sugarcane Research Institute), Afrique du Sud**
- **Usines sucrières à la Réunion (Le Gol, Bois Rouge) en Afrique du Sud (Sezela) et en Guadeloupe (Gardel)**

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

Automatisation et régulation du process sucrier

Trente années au service des professionnels de la canne à sucre

Le service automatisme et régulation du Cerf existe depuis 1973. Il travaille pour les industriels locaux, mais également pour des sucreries en Afrique, en Asie et aux Antilles. Il a permis la réalisation de nombreux projets d'automatisation de procédés dans le monde sucrier. Ses domaines de compétence sont variés: de la mise en place des cahiers des charges à la formation du personnel, il assure la programmation du matériel de régulation et sa mise au point sur site.

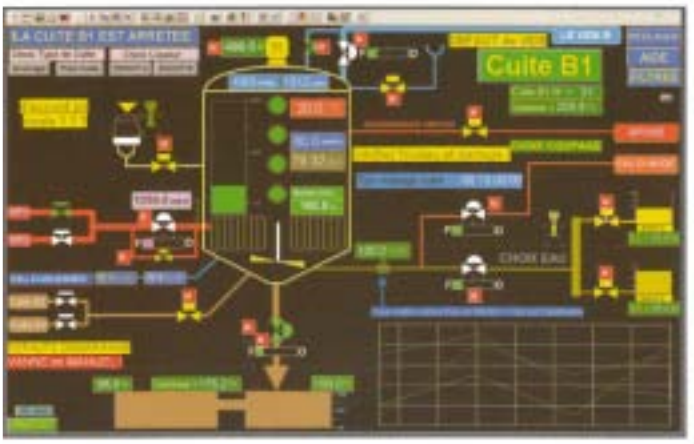
Automatiser le procédé pour l'optimiser

l'automatisation apporte la fiabilité et la régularité du process tout en « soulageant » la charge de travail des opérateurs. En effet, il permet un meilleur suivi et un contrôle permanent des différents paramètres.

Le service automatisme et régulation du Cerf intervient à toutes les étapes de réalisation des projets, depuis le conseil pour une étude de faisabilité jusqu'à la formation du personnel, en passant par la réalisation des différents programmes.

La plupart des projets d'automatisation de procédés sucriers sont programmés, vérifiés et testés en dynamique au Cerf avant leur mise en place sur site, aussi bien localement que pour l'export. La programmation des systèmes numériques se traduit par la rédaction de programmes d'automatisme et la réalisation de « vues de conduite» (suivi et commande des paramètres physico-chimiques du process à partir d'un ordinateur).

Les systèmes de contrôle-commande (utilisés dans les centrales thermiques, les distilleries, les sucreries de cannes et de betteraves) sont basés sur du matériel électronique et informatique et connaissent une évolution très rapide. Le Cerf assure la maintenance du matériel existant (Modumat 8000), et aussi le passage aux nouveaux systèmes (Freelance 2000).



Conduite d'une cuite discontinue à partir d'un ordinateur.

Pour en savoir plus

Jean-Paul Dijoux
Cerf
La Bretagne
BP 315
97494 Sainte-Clotilde Cedex
Réunion
dijoux@cerf.re

Transmetteurs de niveaux au Congo. © I.P. Dijoux

Produire des transmetteurs spécifiques pour mieux maîtriser l'extraction et la cuisson

Le service fabrique également des transmetteurs spécifiques à l'industrie sucrière de la canne:

• Transmetteurs de niveau de chute Donnelly : ils permettent de connaître en continu la mesure de niveau de remplissage des moulins, ce qui est indispensable à leur bon fonctionnement.

• Conductivimètres : la mesure de la conductivité est indispensable pour assurer la conduite des appareils à cuire le sucre. Cette technique est simple, peu onéreuse et utilisée de tout temps dans l'industrie sucrière. Elle peut également générer des gains économiques importants en évitant les pertes en sucre (ex: détection de la présence accidentelle de produits sucrés dans les eaux condensées).

Visualiser l'usine à distance

Les nouveaux systèmes de conduite ont un réseau de communication plus performant, ce qui permet, par exemple, de suivre à distance les paramètres de fonctionnement d'une sucrerie. Le Cerf a donc mis en place une interface de ce type pour les deux sucreries réunionnaises.

Paramètres des sucreries de la Réunion visibles sur Internet.

Former le personnel des usines

La formation est un facteur clé pour un bon fonctionnement industriel. Elle permet aux sucreries de disposer de personnel plus qualifié et d'améliorer ainsi leurs performances.
Cest pourquoi l'équipe du service automatisme et régulation du Cerf forme aussi bien du personnel de régulation que des opérateurs de conduite.

Formation opérateur ou Congo. © J.P. Dijoux

Exporter un savoir-faire

Le professionnalisme et la réactivité du service automatisme et régulation du Cerf le rendent indispensable pour les industries sucrières locales et lui ont permis d'acquérir une renommée internationale. Il a déjà exporté son savoir-faire dans plusieurs pays :

• Algérie (Cevital) : mise au point d'une raffinerie de sucre.

• Antilles: automatisation et assistance au démarrage de campagnes sucrières.

• Cameroun (Sosucam) : automatisation des ateliers de broyage et de cristallisation, aide et assistance au démarrage.

• Congo (Sari) : automatisation des ateliers de broyage et de cuites de raffinerie.

• Côte d'Ivoire (Sucaf) : audits, conseils et aide au démarrage.

• Malawi: audit d'un système de contrôle.

• Maurice: formation des instrumentistes sur le système numérique de contrôle-commande.

• Sénégal (Compagnie sucrière du Sénégal Richard-Toll) : automatisation de cuite continue.

• Tchad (Somdiaa) : mise en place de système numérique de conduite de procédé, audits, conseils et aide au démarrage.

• Vietnam: construction de la nouvelle sucrerie Tayninh.

cerf
CANNE A SUCRE
CREATION VARIETAL
www.cerf.re

Optimisation du process sucrier

Un accompagnement technique adapté aux besoins des sucreries

Depuis 1985, le Service Process Sucrier du Cerf a développé des compétences et acquis des moyens techniques afin d'assister l'industrie sucrière réunionnaise. Interventions sur sites, audits, formations ou analyses à façon sont autant de missions que ce service est à même de proposer pour améliorer la productivité du process sucrier. Son professionnalisme et sa réactivité lui ont permis d'acquérir une renommée internationale.

Coisses d'évaporation à Rots tombants à l'usine du Gol. © Athenas

Interventions techniques et conseils pour une meilleure productivité

Les sites industriels sucriers sont soumis à de nombreuses contraintes. L'appui apporté par le Service Process Sucrier couvre des domaines permettant une amélioration de nombreuses facettes de cette industrie. Ses missions portent sur:

- La caractérisation de la qualité de la canne: influence de la détérioration (délai coupe - broyage), de la présence de matières étrangères (feuilles, « bouts-blancs », terre) sur la richesse, et donc le revenu planteur, et les performances industrielles.
- Des audits techniques sur chacune des étapes du process, aboutissant à une optimisation de l'utilisation de l'outil de production, grâce à l'interprétation des résultats par ses ingénieurs spécialisés dans ce domaine.
- Des audits de sites afin de rechercher les causes de pertes en sucre.
- Des audits de laboratoire évaluant le bon fonctionnement du matériel, les méthodes utilisées, ainsi que la compétence du personnel de laboratoire.

Ces interventions techniques permettent aux industriels de mieux contrôler leur outil de production et d'être conseillés par un organisme de référence.

Diffuseur de l'usine de Bois-Rouge. © Cedus

Pour en savoir plus

Laurent Corcodel
Cerf
La Bretagne
BP 315
97494 Sainte-Clotilde Cedex
Réunion
corcodel@cerf.re

Système d'analyse de granulométrie des cristaux de sucre assistée par ordinateur.
© I. (orcadel

Le laboratoire du Cerf : un outil pour le développement de la filière

L'optimisation du process sucrier passe par un appui scientifique et technique solide. Ainsi, une équipe d'ingénieurs et de techniciens formés à la chimie du sucre fait vivre le laboratoire du Service Process.
Les analyses effectuées concernent tous les produits du process sucrier (sucre, jus, masse cuite, mélasse…) localement, en analyse de routine, mais également à l'international.

Un laboratoire tourné vers l'avenir

Construit en 2007, le laboratoire Emile Hugot est né des nouveaux projets de développement du Service Process Sucrier, dont certains sont labellisés par le pôle de compétitivité de la Réunion « Qualitropic » (Agro-nutrition en milieu tropical). Ces projets portent sur les nouvelles valorisations de la canne « plante entière ». Les principes de la chimie verte sont appliqués afin de trouver des débouchés innovants pour l'ensemble de la filière.
Ce laboratoire est équipé des matériels généralement présents dans les laboratoires industriels (polarimètre, réfractomètre…) et des outils de pointe:

- HPIC Dionex (chromatographie ionique à haute performance).
- HPLC Waters (chromatographie liquide à haute performance).
- NIRS Foss (spectrophotomètre dans le proche infrarouge).
- Analyseurs d'images.
- Aw mètre.
- Hotte à flux laminaires pour des analyses microbiologiques.

Système de chromatographie liquide Waters.
© A. Refait

Formations

La formation est un facteur clé pour un bon fonctionnement industriel. Les sessions de formation régulièrement organisées permettent aux sucreries de disposer de personnel plus qualifié, et d'améliorer ainsi leurs performances sur:

- Le process sucrier: extraction, clarification, évaporation, cristallisation…
- Le contrôle chimique en sucrerie.
- Des domaines spécifiques avec des formations sur mesure.

Ces formations s'adressent à tous les publics, de l'opérateur au chef de quart, en passant par le responsable fabrication.

Des activités à l'internationale

Les interventions locales ont permis au Service Process Sucrier d'acquérir une renommée internationale, et ainsi l'exportation de son savoir-faire. Des missions régulières sont donc menées en sucreries et de nombreux échanges scientifiques ont lieu avec des laboratoires spécialisés dans le monde entier.
Le Service Process est également représenté dans les organismes internationaux comme l'icumsa (International Commission for Uniform Methods of Sugar AnalysisJ et l'Issct (International Society of Sugar Cane Technologists).

Partenaires…
Audubon Sugar Institute, Etats-Unis
Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), France
Cnrs (Centre national de la recherche scientifique), France
Laboratoire de chimie-physique industrielle, université de Reims, France
Lca-Ensiacet (Laboratoire de chimie agro-industrielle de Toulouse-Ecole nationale supérieure des ingénieurs en arts chimiques et technologiques), France
Lcsnsa (Laboratoire de chimie des substances naturelles et des sciences des aliments), Réunion
Msiri (Mauritius Sugar Industry Research Institute), Maurice
Smri (Sugar Milling Research Institute), Afrique du Sud

www.cerf.re

Valorisation de la biomasse

De **l'agro-industrie** du sucre au **bioraffinage** de la canne

La valorisation de biomasse cellulosique des cultures fait l'objet d'une forte pression de la recherche au niveau international. Des applications sont annoncées dans des délais courts (5 à 10 ans), quand elles ne sont pas déjà en place. La canne à sucre, du fait de son efficience photosynthétique, est l'une des cultures les plus performantes pour la production de matière carbonée renouvelable en zone tropicale. Dans des situations d'isolement relatif (milieu rural, insularité…) la bioénergie peut dynamiser le développement rural en facilitant l'accès à l'énergie tout en s'inscrivant dans une démarche de protection de l'environnement.

L'expertise Cirad pour mieux valoriser la biomasse

Dans divers contextes agronomiques, écologiques et économiques, le Cirad dispose d'une expertise reconnue en matière de production de canne à sucre destinée à l'industrie sucrière.

Cette culture aux rendements très importants génère une quantité considérable de coproduits (bagasse, boues, vinasses) qui, dans un souci de protection de l'environnement, devront être plus efficacement transformés. Un des nouveaux objectifs du Cirad vise à moduler la composition relative des constituants de la biomasse et à en accroître la valorisation, améliorant ainsi la rentabilité globale de la culture.

Pour produire cette biomasse à des fins énergétiques, voire des coproduits à divers usages, ses chercheurs mobilisent leurs compétences pour :

- L'analyse de ses constituants par spectrométrie dans le proche infrarouge (cellulose, hémicellulose, lignine, protéines, sucres) et de son pouvoir calorifique.
- La création de variétés de canne à sucre à d'autres fins que la seule production de sucre ou de rhum.
- La mise au point d'itinéraires techniques adaptés.
- L'analyse socio-économique de ces nouvelles filières.

Usine de bioéthanol et de sucre au Brésil.
© R. Goebel

Pour en savoir plus

Pierre Langellier-Bellevue
Cirad
TA B-102 / 02
34398 Montpellier Cedex 5
pierre.langellier-bellevue@cirad.fr

Robert Domaingue
Cirad
UR Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
TA A-75 / 02
34398 Montpellier Cedex 5
France
robert.domaingue@cirad.fr

Spectrophotomètre dans le proche infra rouge. © Bastianelli

La composition et les qualités de la biomasse

Les usages de la biomasse reposent sur la connaissance précise de la composition chimique de la matière première (sucres, cellulose, hémicellulose, lignines, protéines, minéraux) et de son pouvoir calorifique. Les méthodes analytiques traditionnelles, longues et onéreuses ne sont pas utilisables. La technique de la spectrométrie dans le proche infrarouge permet de lever ces contraintes. Non destructrice, elle évalue l'ensemble des composantes chimiques et des caractéristiques physiques. Le Cirad dispose déjà d'une base de données pour la canne fourragère qui devra être complétée par des analyses de canne à d'autres usages.

Une sélection variétale ciblée

L'objectif est de créer et de sélectionner de nouvelles variétés dans un contexte de diversification vers des usages autres que le sucre et le rhum. Il passe par l'amélioration de la production de biomasse et de ses composantes, notamment la teneur en fibres lignocellulosiques. Cette amélioration de la composante fibreuse de la matière sèche repose sur les ressources génétiques sauvages (*Saccharum spontaneum*), de teneur naturellement élevée en fibres.

La création variétale vise à élargir la base génétique de la canne à sucre par l'intermédiaire d'hybridations sexuées interspécifiques. Les hybrides ainsi créés sont sélectionnés pour leur forte teneur en fibres, en cellulose et en hémicellulose et le pouvoir calorifique de ces composantes. D'autre part, ces cultivars doivent répondre aux exigences de la culture – adaptation aux conditions pédoclimatiques diverses et variées et résistance aux principaux bio-agresseurs.

Outre la production et la diffusion de matériel variétal innovant, ces recherches alimentent les connaissances sur les déterminismes génétiques des caractères recherchés et permettent la mise au point de méthodes et d'outils.

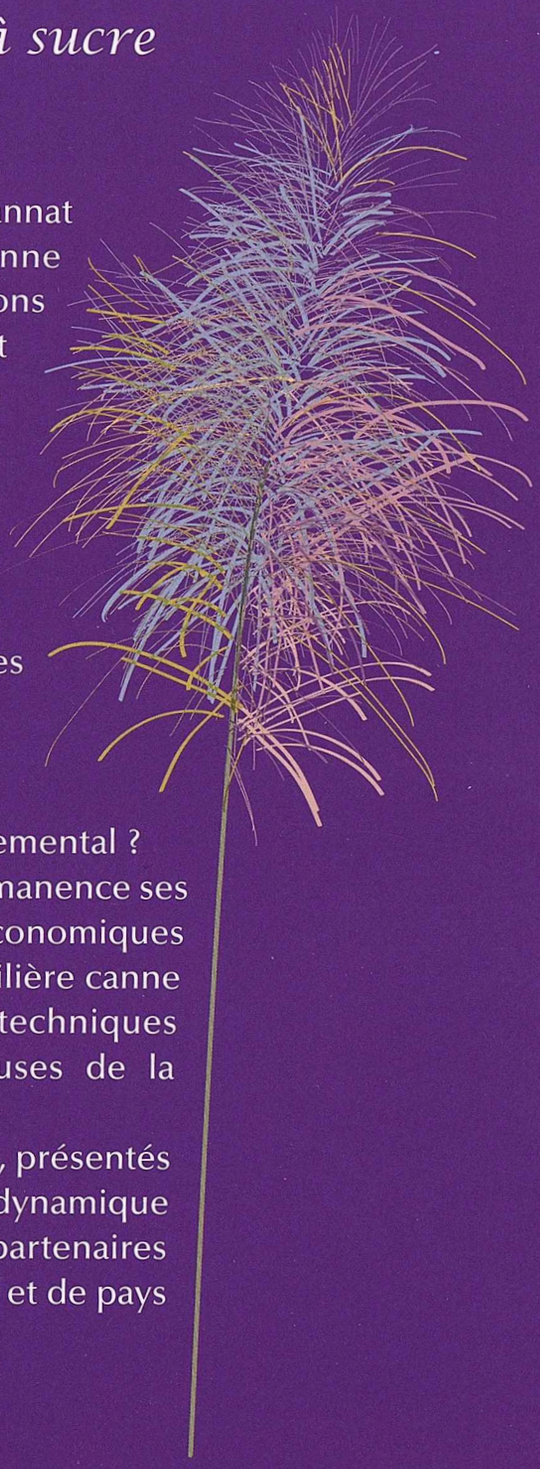
Saccharum spontaneum.
© R. Domaingue

Partenaires…

- Cerf (Centre d'essai, de recherche et de formation), Réunion
- Inra (Institut national de la recherche agronomique), Guadeloupe
- Wicscbs (West Indies Central Sugar Cane Breeding Station), Barbade
- Wisben (West Indies Sugarcane Breeding Evaluation Network), Barbade

CIRAD
Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
www.cirad.fr

De nombreuses compétences pour faire face aux nouveaux enjeux de la canne à sucre



Cultivée dans plus de cent pays, en petit paysannat ou en complexes agro-industriels, la canne à sucre fournit les trois quarts des 150 millions de tonnes de sucre produits dans le monde. Elle est actuellement convoitée pour de nouveaux débouchés à forte valeur ajoutée tels que les bioénergies, les bioplastiques et les dérivés pharmaceutiques.

L'essor de la production d'éthanol pour une utilisation comme carburant pose des questions cruciales :

La conquête de nouvelles terres agricoles pour la canne à sucre va-t-elle se faire au détriment de cultures vivrières ou d'espaces forestiers à préserver ?

Le développement des agrocarburants va-t-il profiter aux communautés rurales du Sud ?

Le bilan énergétique est-il satisfaisant au plan environnemental ?

Ces interrogations conduisent le Cirad à adapter en permanence ses recherches à de nouveaux enjeux environnementaux, économiques et sociaux. L'objectif est de proposer aux acteurs de la filière canne – agriculteurs, industriels et institutionnels – des techniques agronomiques toujours rentables, mais plus soucieuses de la préservation de l'environnement et de la biodiversité.

Les compétences scientifiques et le savoir-faire du Cirad, présentés dans les fiches ci-jointes, contribuent à une recherche dynamique menée en étroite collaboration avec de nombreux partenaires publics et privés des départements français d'outre-mer et de pays du Sud et du Nord.

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

42, rue scheffer
75116 Paris
France

www.cirad.fr

Le Cirad, Centre de recherche agronomique spécialisé dans les productions tropicales et méditerranéennes, 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.

Ses activités relèvent des sciences du vivant et de la terre, des sciences sociales et des sciences de l'ingénieur appliquées à l'agriculture, la forêt, l'élevage, l'alimentation, les ressources naturelles et les territoires ruraux.

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