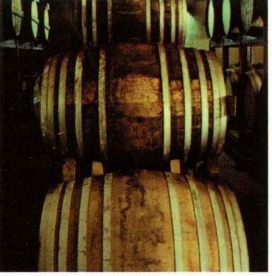
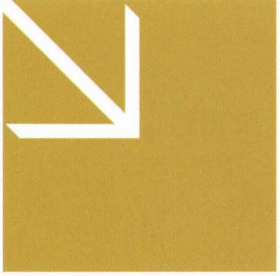
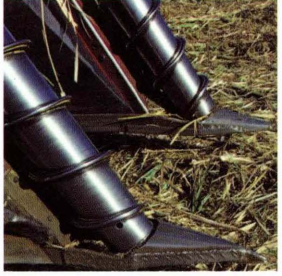
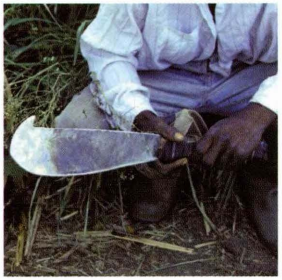
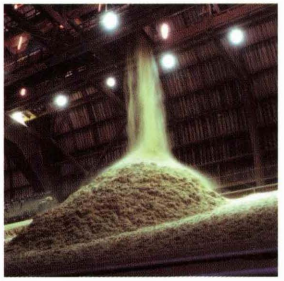
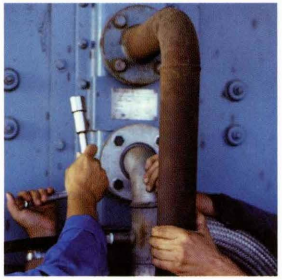





Cirad

Rapport annuel Canne à sucre



2005

Cirad

Rapport annuel Canne à sucre

2005

Le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, CIRAD, est l'institut français de recherche agronomique au service du développement des pays du Sud et de l'outre-mer français. Il privilégie la recherche en partenariat.

Le CIRAD a choisi le développement durable comme ligne de force de son action à travers le monde. Cette démarche prend en compte les conséquences écologiques, économiques et sociales, à long terme, des processus de transformation des sociétés et des territoires du Sud.

Le CIRAD intervient par des recherches, des expérimentations, des actions de formation, d'information et d'innovation et des expertises. Ses compétences relèvent des sciences du vivant, des sciences humaines et des sciences de l'ingénieur, appliquées à l'agriculture et à l'alimentation, à la gestion des ressources naturelles et aux sociétés.

Le CIRAD comprend sept départements de recherche : cultures annuelles ; cultures pérennes ; productions fruitières et horticoles ; élevage et médecine vétérinaire ; forêts ; territoires, environnement et acteurs ; amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique. Il est organisé en 62 unités : 36 unités propres de recherche (UPR), 20 unités mixtes de recherche (UMR), 3 unités de recherche en partenariat (URP) et 3 unités de service.

Il emploie 1 820 personnes, dont 1 050 cadres. Son budget opérationnel s'élève à 200 millions d'euros.

Photographies de couverture

© CEDUS

Réalisation

Edition (département des Cultures annuelles du CIRAD) :
Cécile Fovet-Rabot

Maquette et mise en page :
Laurence Laffont, Montpellier

Impression

Imp'act Imprimerie,
Saint-Gély-du-Fesc (F-34)

© CIRAD, décembre 2006

Avant-propos

Depuis le 1er janvier 2005, le CIRAD dispose de 62 unités de recherche réparties dans sept départements et cette répartition confère une place centrale aux problématiques scientifiques. En 2005, les sujets de recherche sur la canne à sucre ont été traités de façon transversale par neuf unités de recherche. Cette même année, la direction du département des Cultures annuelles du CIRAD m'a confié la coordination de la filière canne à sucre au sein de l'établissement. Les unités de recherche étant en général très spécialisées, il fallait assurer une dynamique transversale autour de la canne à sucre pour élaborer des projets multidisciplinaires et souvent finalisés. Le maintien d'une porte d'entrée de type filière au CIRAD est primordiale pour tous nos partenaires publics et privés, techniques et financiers. Je souhaite que ce rapport annuel 2005 soit le reflet de cette transversalité et du dynamisme de la filière canne à sucre au CIRAD.

La reconnaissance de nos recherches doit être en permanence visée et les publications, sous toutes les formes, leur donnent une légitimité. C'est dans cet esprit qu'ont été menées les évaluations de nos unités de recherche par des personnalités du monde scientifique français et européen et par des utilisateurs du Sud. Ces évaluations, essentielles à la vie scientifique, peuvent remettre en question certaines thématiques ou faire émerger de nouveaux sujets, comme la canne et l'environnement, l'utilisation de la biomasse pour synthétiser des bioproduits à des fins énergétiques ou pharmaceutiques et des biomatériaux. Nous devons nous adapter à ces nouveaux enjeux.

Les équipes canne à sucre du CIRAD sont en partie localisées dans les départements français d'outre-mer. De nouvelles coopérations internationales s'ouvrent et se concrétiseront en 2006. Si l'expatriation de chercheurs dans des institutions est souvent recherchée, les expertises et les participations à des projets internationaux (comme ceux de l'International Consortium for Sugarcane Biotechnology) nous permettent d'assurer une présence effective aussi bien dans le secteur industriel que dans les grands congrès scientifiques.

Pour cette année 2005, nous avons également changé la formule de ce rapport annuel. Les actions de recherche liées à la canne à sucre au CIRAD sont décrites de façon exhaustive. Ensuite, nous développons quelques actions, qui comportent des résultats marquants ou qui sont nouvelles. Cette formule nous permettra de présenter des actions différentes d'une année à l'autre et d'illustrer ainsi la richesse des recherches sur la canne à sucre au CIRAD.

Je souhaite que ce rapport vous apporte satisfaction et qu'il permette l'accessibilité des résultats scientifiques et techniques aux décideurs, aux professionnels, aux formateurs, et à un public large.

François-Régis Goebel,
Chargé de mission
filière canne à sucre
au CIRAD

Sommaire

Avant-propos 3

Les actions de recherche liées à la canne à sucre au CIRAD en 2005 7

Actions et résultats marquants 15

Systèmes de paiement aux planteurs : simulation et étude de cas 17
Evaluation des systèmes de paiement dans 18 pays producteurs 17
Conception d'un outil testant l'effet du système de paiement sur la rémunération 18
Modification de la formule de paiement : étude de cas à La Réunion 18

MAGI, pour mieux approvisionner les usines sucrières 20
Voies d'amélioration de l'approvisionnement 20
Modélisation et simulation de l'approvisionnement 21
Applications pratiques 22
Perspectives pour MAGI 23

Référentiel technico-économique des exploitations cannières de La Réunion 24
Dix-huit systèmes de culture canniers 25
Deux nouveaux outils informatiques 28

Edition de guides agronomiques 29

La télédétection, base d'outils pour prévoir le rendement et suivre les parcelles cultivées 30
Partenariats 30
Résultat préalable : numérisation du parcellaire agronomique 31
Prévision de récolte 31
Suivi des coupes 33
Cartographie de l'hétérogénéité inter-parcellaire 33
Perspectives : de l'imagerie satellite aux images de drone 35

↗ **Formation : aide à la gestion de la production par télédétection** 36

↗ **La canne à sucre à La Réunion, un atout maître pour le développement durable** 37

↗ **Soudan : effets des écumes de sucrerie de canne sur le sol** 39

↗ **Evaluation des productions mondiales de bagasse : potentiel énergétique** 40

↗ **Formation à Racin'situ, l'étude des racines au champ** 42

↗ **Projet Rainette, réseau agro-météorologique de Guadeloupe** 43

↗ **Potentialités d'irrigation dans le nord-est de La Réunion** 44

↗ **En test à La Réunion, des messages SMS pour la gestion de l'irrigation** 45

↗ **Formation au machinisme agricole et à l'amélioration foncière** 46

La Réunion : des maîtres d'œuvre en amélioration foncière 46

Martinique : un projet de formation en machinisme agricole 47

↗ **Les variétés prometteuses de canne à sucre en Guadeloupe** 48

↗ **Agrément de la quarantaine canne à sucre du CIRAD à Montpellier** 51

Une centaine de variétés testées chaque année 51

Etape de quarantaine européenne 51

Etape de quarantaine internationale 52

La quarantaine, charnière entre recherche et application 52

↗ **Collaboration en pathologie avec la recherche sucrière chinoise** 53

↗ **Facteurs d'ordre physiologique associés à la tolérance à la sécheresse** 54

Un indicateur pertinent : la vitesse d'élongation foliaire 54
Méthodologie : adaptation à partir de travaux sur le maïs 54
Effet marqué du potentiel hydrique du sol avant le lever du jour 55
Perspectives 56

↗ Rôle de la silice dans la résistance de la canne au foreur *Eldana saccharina* 57
Conduite de l'expérimentation 58
Résultats : la silice renforce la protection de la canne contre le foreur 58
Perspectives : étudier la silice dans les tiges 59

↗ Exploitation des ressources génétiques pour la résistance de la canne à sucre au foreur ponctué *Chilo sacchariphagus* (Bojer) 60
Variabilité génétique de la résistance 60
Trois modes d'expression de la résistance 61
Des QTL de résistance identifiés chez R570 62

↗ Vers l'identification des gènes impliqués dans la pathogénie de *Xanthomonas albilineans* 63

↗ Diversité génétique du *Sugarcane yellow leaf virus,* agent causal de la maladie de la feuille jaune 65

↗ Identification de régions chromosomiques impliquées dans la résistance au charbon 67

↗ Cartographie physique de la région comprenant le gène de résistance à la rouille *Bru1* 68

Annexes 69

Les équipes impliquées dans les travaux de recherche sur la canne à sucre en 2005 71

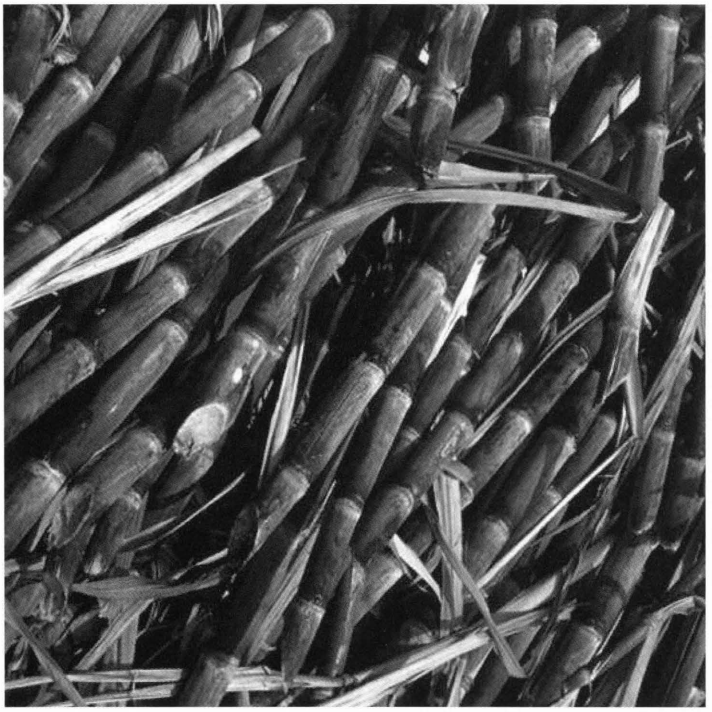
Publications 73

Principales missions effectuées en 2005 79

Stagiaires accueillis en 2005 83

Chercheurs et visiteurs accueillis en 2005 (non exhaustif) 87

Sigles et abréviations 89



© CEDUS

Les actions de recherche liées à la canne à sucre au CIRAD en 2005

Les actions de recherche liées à la canne à sucre au CIRAD en 2005

En 2005, les nombreuses actions sur la canne à sucre au CIRAD ont été portées par neuf unités de recherche (tableau 1). La plupart de ces actions sont transversales et impliquent plusieurs équipes.

Tableau 1.

Actions de recherche sur la canne à sucre au CIRAD en 2005. (↗ = les actions dont certains résultats ont été développés dans la partie Actions et résultats marquants.)

	Intitulé de l'action de recherche	Thème et discipline	Unité* de recherche porteuse	Responsable de l'action	Localisation
↗ p. 17	Organisation des approvisionnements des sucreries de canne	Agronomie	UPR 5	Caroline Lejars	La Réunion
↗ p. 20	Modélisation de l'approvisionnement des cannes aux usines (MAGI)	Informatique	UPR 13	Sandrine Auzoux	Montpellier
	Modélisation de l'approvisionnement des sucreries de canne en Afrique du Sud	Agronomie	UPR 43	Pierre-Yves Le Gal	Montpellier Afrique du Sud
	Qualités des productions	Agronomie	UPR 5	Caroline Lejars	La Réunion
	Modélisation de la richesse en sucre de la canne à La Réunion	Biostatistique	UPR 13	Sabine Laurent (thèse)	Montpellier
	Typologie d'un bassin de production (Zécàs)	Informatique	UPR 13	Jean Parriaud	Montpellier
↗ p. 24	Référentiel technico-économique des exploitations cannières	Economie	UPR 5	Jérôme Masson	La Réunion
↗ p. 30 p. 36	Aide à la gestion de la sole cannière par télédétection	Agronomie Télédétection	UPR 5, UMR TETIS	Agnès Bégué, Valentine Lebourgeois (thèse)	La Réunion Montpellier

*** Intitulés des unités propres de recherche (UPR) et des unités mixtes de recherche (UMR) :**
UPR 5, Systèmes canniers - UR 75, Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative - UPR 13, Aide à la décision et biostatistique - UPR 43, Innovations et dynamiques des exploitations agricoles - UPR 78, Risque environnemental lié au recyclage - UMR BGPI, Biologie et génétique des interactions plantes-parasites pour la protection intégrée, CIRAD, Agro.M, INRA, Montpellier, France - UMR PVBMT, Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, CIRAD, université de La Réunion, La Réunion - UMR PIA, Polymorphismes d'intérêt agronomique, CIRAD, Agro.M, INRA, Montpellier, France – UMR TETIS, Territoires, environnement, télédétection et information spatiale, CIRAD, CEMAGREF, ENGREF, Montpellier, France.

Tableau 1 (suite).

Actions de recherche sur la canne à sucre au CIRAD en 2005. (↗ = les actions dont certains résultats ont été développés dans la partie Actions et résultats marquants.)

	Intitulé de l'action de recherche	Thème et discipline	Unité* de recherche porteuse	Responsable de l'action	Localisation
	Coopération régionale : systèmes d'information géographique et télédétection des pays de l'OECS	Agronomie Télédétection Systèmes d'information géographique	UPR 5	Pierre Todoroff	Guadeloupe
	Modélisation de la croissance de la canne à sucre et prévision des récoltes (Mosicas)	Agronomie Agrophysiologie	UPR 5	Jean-François Martiné	La Réunion
	Modélisation de la croissance de la canne à sucre et développement d'outils d'aide à la décision	Agronomie Ecophysiologie	UPR 5	Pierre Todoroff	Guadeloupe
↗ p. 37	Rôle de la culture de la canne dans l'environnement	Agronomie	UPR 5	Christophe Poser	La Réunion
	Valorisation de la biomasse	Agronomie Valorisation des coproduits	UPR 5	Denis Pouzet	Guadeloupe
↗ p. 39	Utilisation des écumes de sucrerie en culture de canne à sucre	Agronomie Biologie des sols Valorisation des coproduits	UPR 78	Denis Montange Thabit Elsayed (thèse)	Soudan Montpellier
↗ p. 40	Evaluation des productions mondiales de bagasse. Potentiel énergétique	Agronomie Valorisation des coproduits	UPR 5	Pierre Langellier	Montpellier
	Agronomie de la canne en altitude (hauts de La Réunion)	Agronomie	UPR 5	Christophe Poser	La Réunion
	Couverture du sol, cultivar, enherbement et écartement	Agronomie	UPR 5	Denis Pouzet	Guadeloupe
	Gestion de l'enherbement : homologation des herbicides	Malherbologie	UPR 5	Pascal Marnotte	Montpellier La Réunion Guadeloupe Martinique
	Agro-pédologie et fertilisation	Agronomie	UPR 5	Marinus Brouwers	Montpellier
↗ p. 42	Formation à Racin'situ, méthode d'étude des racines au champ	Agronomie	UPR5	Jean-Louis Chopart	Sénégal La Réunion Montpellier
	Appui à la compagnie sucrière sénégalaise	Agronomie Gestion de l'eau	UPR 5	Daniel Marion	Sénégal

Tableau 1 (suite).

Actions de recherche sur la canne à sucre au CIRAD en 2005. (↗ = les actions dont certains résultats ont été développés dans la partie Actions et résultats marquants.)

	Intitulé de l'action de recherche	Thème et discipline	Unité* de recherche porteuse	Responsable de l'action	Localisation
	Démarche qualité pour le réseau météorologique géré par le CIRAD	Agronomie Gestion de l'eau	UPR 5	Roland Pirot	La Réunion
↗ p. 43	Projet agrométéorologie Rainette	Agronomie Bioclimatologie	UPR 5	Pierre Todoroff	Guadeloupe
↗ p. 43	Portail des données météorologiques de Guadeloupe (projet Rainette)	Informatique	UPR 13	Jean-Baptiste Laurent	Montpellier
↗ p. 44	Gestion de l'eau, aide à la décision	Agronomie	UPR 5	Pierre Langellier	Montpellier
↗ p. 45	Analyse de la variabilité des pratiques d'irrigation	Agronomie Gestion de l'eau	UPR 5	Roland Pirot	La Réunion
	Effet du rationnement de l'eau pendant le premier tiers du cycle	Agronomie Gestion de l'eau	UPR 5	Jean-Louis Chopart	La Réunion
	Conseil en irrigation avec Osiri-run	Agronomie Gestion de l'eau	UPR 5	Jean-Louis Chopart	La Réunion
	Simulation des consommations d'eau en irrigation avec M-Cider	Agronomie Gestion de l'eau	UPR 5	Jean-Louis Chopart	La Réunion
	Coupe mécanique à La Réunion	Agronomie Mécanisation de la sole cannière	UPR 5	Dany Deurveilher	La Réunion
	Mécanisation de la sole cannière en Guadeloupe	Agronomie Mécanisation de la sole cannière	UPR 5	Jean-Cyril Dagallier	Guadeloupe
	Coûts, organisation et gestion des transports de canne	Agronomie Mécanisation de la sole cannière	UPR 5	Jean-Cyril Dagallier	Guadeloupe
	Gestion des travaux du sol (techniques alternatives)	Agronomie Mécanisation de la sole cannière	UPR 5	Jean-Cyril Dagallier	Guadeloupe
↗ p. 46	Modules de formation en machinisme agricole et amélioration foncière	Agronomie Mécanisation de la sole cannière	UPR 5	Jean-Cyril Dagallier	La Réunion Guadeloupe Martinique
	Gestion des ressources génétiques	Amélioration variétale	UPR 75	Danièle Roques	Guadeloupe
	Création variétale, hybridations	Amélioration variétale	UPR 75	Danièle Roques	Guadeloupe
	Sélection variétale	Amélioration variétale	UPR 75	Danièle Roques	Guadeloupe

Tableau 1 (suite).

Actions de recherche sur la canne à sucre au CIRAD en 2005. (↗ = les actions dont certains résultats ont été développés dans la partie Actions et résultats marquants.)

	Intitulé de l'action de recherche	Thème et discipline	Unité* de recherche porteuse	Responsable de l'action	Localisation
	Evaluation des géniteurs : tests sur descendance	Amélioration variétale	UPR 75	Danièle Roques	Guadeloupe
↗ p. 48	Sélection régionalisée et participative : sélection et diffusion de variétés améliorées	Amélioration variétale	UPR 75	Philippe Oriol	Guadeloupe
	Calage des cultivars guadeloupéens pour le modèle de croissance Mosicas	Agronomie	UPR 5	Denis Pouzet	Guadeloupe
	Diversification et enrichissement de la gamme variétale : échanges variétaux avec les partenaires étrangers	Amélioration variétale	UPR 75	Philippe Oriol, Danièle Roques, Robert Domaingue	Guadeloupe Montpellier
	Production de matériel végétal assaini	Amélioration variétale	UPR 75	Danièle Roques	Guadeloupe
	Gestion et conduite des pépinières mères	Amélioration variétale	UPR 75	Jean-Claude Efile	Guadeloupe
↗ p. 51 p. 53	Quarantaine canne à sucre : gestion des données, assainissement, diagnostic et détection des maladies	Protection des plantes Phytopathologie	UMR BGPI	Jean-Claude Girard	Montpellier
	Système d'information pour la quarantaine canne à sucre	Informatique	UPR 13	Michel Giner	Montpellier
	Déterminisme génétique de caractères utiles	Amélioration variétale Connaissance du génome	UPR 75	Jean-Yves Hoarau	Guadeloupe
↗ p. 54	Déterminisme des facteurs physiologiques associés à la tolérance au stress hydrique	Amélioration variétale	UPR 75	Danièle Roques, Robert Domaingue	Guadeloupe Montpellier
	Evaluation des variétés du CERF à La Réunion pour la résistance à la gommose et à l'échaudure des feuilles	Protection des plantes Phytopathologie	UMR PVBMT	Laurent Costet	La Réunion
	Surveillance des maladies et contrôle sanitaire de la quarantaine du CERF à La Réunion	Protection des plantes Phytopathologie	UMR PVBMT	Laurent Costet	La Réunion
	Veille et suivi des maladies en Guadeloupe et dans la Caraïbe	Gestion des bioagresseurs Phytopathologie	UPR 75	Jean-Heinrich Daugrois	Guadeloupe

Tableau 1 (suite).

Actions de recherche sur la canne à sucre au CIRAD en 2005. (↗ = les actions dont certains résultats ont été développés dans la partie Actions et résultats marquants.)

	Intitulé de l'action de recherche	Thème et discipline	Unité* de recherche porteuse	Responsable de l'action	Localisation
	Déterminismes des facteurs de résistance aux bioagresseurs : appui de la pathologie à l'amélioration variétale en Guadeloupe	Gestion des bioagresseurs Phytopathologie	UPR 75	Jean-Heinrich Daugrois	Guadeloupe
↗ p. 57	La silice, facteur de résistance de la canne au foreur de tige *Eldana saccharina*	Protection des plantes Entomologie	UPR 5	Régis Goebel	Montpellier Afrique du Sud
	Enquête sur les dégâts du foreur *Eldana saccharina* en Afrique du Sud	Protection des plantes Entomologie	UPR 5	Régis Goebel	Montpellier Afrique du Sud
	Lutte biologique contre le ver blanc *Hoplochelus marginalis*	Protection des plantes Entomologie	UPR 5	Bernard Vercambre	La Réunion
	Lutte biologique contre le foreur *Chilo sacchariphagus* à l'aide de trichogrammes	Protection des plantes Entomologie	UPR 5	Régis Goebel	Montpellier La Réunion
↗ p. 60	Exploitation des ressources génétiques pour la résistance de la canne à sucre au foreur ponctué *Chilo sacchariphagus*	Protection des plantes Entomologie Amélioration variétale	UMR PVBMT	Samuel Nibouche	La Réunion
	Génétique et analyse moléculaire de la pathogénie des bactéries phytopathogènes	Protection des plantes Phytopathologie	UMR BGPI	Philippe Rott	Montpellier
	Diversité génétique et variabilité du pouvoir pathogène des *Xanthomonas* pathogènes	Protection des plantes Phytopathologie	UMR PVBMT	Laurent Costet	La Réunion
↗ p. 63	Echaudure des feuilles : diversité génétique et variabilité du pouvoir pathogène de *Xanthomonas albilineans*	Protection des plantes Phytopathologie	UPR 75, UMR BGPI	Patrice Champoiseau (thèse) Jean-Heinrich Daugrois	Montpellier Guadeloupe
	Transmission aérienne de *Xanthomonas albilineans*	Protection des plantes Phytopathologie	UPR 75, UMR BGPI	Jean-Heinrich Daugrois	Guadeloupe La Réunion
	Echaudure des feuilles : voie de biosynthèse de l'albicidine	Protection des plantes Phytopathologie	UMR BGPI	Eric Vivien	Montpellier
↗ p. 65	Maladie de la feuille jaune : caractérisation de la diversité génétique et variabilité du pouvoir pathogène du *Sugarcane yellow leaf virus*	Protection des plantes Phytopathologie	UMR BGPI	Philippe Rott Youssef Abu Ahmad (thèse)	Montpellier

Tableau 1 (suite).

Actions de recherche sur la canne à sucre au CIRAD en 2005. (↗ = les actions dont certains résultats ont été développés dans la partie Actions et résultats marquants.)

	Intitulé de l'action de recherche	Thème et discipline	Unité* de recherche porteuse	Responsable de l'action	Localisation
	Epidémiologie du *Sugarcane yellow leaf virus* et mécanisme de la résistance de la canne à sucre	Protection des plantes Phytopathologie	UPR 75	Jean-Heinrich Daugrois Carine Edon (thèse)	Guadeloupe
	Diversité génétique du champignon *Ustilago scitaminea* responsable de la maladie du charbon	Connaissance du génome	UMR PIA, UMR PVBMT	Angélique d'Hont	Montpellier La Réunion
↗ p. 67	Déterminisme génétique de la résistance au charbon	Connaissance du génome	UMR PVBMT, UMR PIA	Louis-Marie Raboin (thèse)	Montpellier La Réunion
	Déterminisme génétique de la résistance aux maladies : diversité des sources de résistance à la rouille brune	Connaissance du génome	UMR PVBMT, UMR PIA	Louis-Marie Raboin	La Réunion Montpellier
↗ p. 68	Clonage positionnel d'un gène de résistance à la rouille brune *(Bru1)*	Connaissance du génome	UMR PIA, UMR PVBMT	Angélique d'Hont Loïc Le Cunff (thèse)	Montpellier La Réunion
	Caractérisation du déséquilibre de liaison chez la canne à sucre	Connaissance du génome	UMR PVBMT, UMR PIA	Louis-Marie Raboin	La Réunion Montpellier
↗ p. 29	Edition de guides agronomiques	Agronomie	UPR 5 UPR 75 UPR 78	Pierre-François Chabalier Jean-Cyril Gagallier	La Réunion Guadeloupe

© CEDUS

Actions et résultats marquants

Systèmes de paiement aux planteurs : simulation et étude de cas

C. Lejars
UPR 5 Systèmes canniers

Des études conduites entre 2002 et 2004 par le CIRAD en collaboration avec le South African Sugar Research Institute (SASRI) et l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) ont montré qu'au cours de la campagne, une organisation des approvisionnements qui tient mieux compte de la variabilité de la qualité des cannes dans un bassin cannier permettrait de gagner 1 à 5 % de sucre supplémentaire (Le Gal *et al.*, 2003 ; Lejars *et al.*, 2003 ; Lejars *et al.*, 2005)[1]. Toutefois, la réorganisation des approvisionnements en fonction de la qualité a des conséquences variables sur le revenu des planteurs. La mise en place de nouveaux systèmes d'organisation nécessite donc de redistribuer la valeur créée à l'échelle de la filière et d'élaborer des systèmes de paiement adaptés.

Dans un premier temps, les systèmes de paiement existants pour la canne à sucre ont été évalués. Un outil de simulation a ensuite été conçu pour tester l'effet conjoint de systèmes de paiement et de modes d'approvisionnement. Enfin, des études de cas ont été effectuées à La Réunion et en Afrique du Sud pour tester les effets du changement de la formule de paiement.

→ Evaluation des systèmes de paiement dans 18 pays producteurs

Les systèmes de paiement ont été étudiés pour 18 pays sucriers (Lejars, 2005)[2] sur la base de trois fonctions :
– être un vecteur d'incitation à la qualité ;
– inciter à la régularité des flux ;
– être un moyen de partage de la valeur créée par la filière, entre usiniers et planteurs, et entre planteurs.

L'étude a montré comment chacune des composantes du système peut influer sur les stratégies des acteurs de la filière (planteurs, usiniers, transporteurs) et comment le système fait converger ou non les intérêts de chacun. Elle a également mis en évidence l'influence de la rémunération sur la régularité des apports réels de canne à l'usine et sur la qualité des livraisons.

1

Lejars C., Le Gal P.Y., Meyer E., Lyne P., Auzoux S., Siegmund B., 2005. Improved profitability by re-organising mill supply: a decision support approach: un enfoque de apoyo de decisions. *In* International Society of Sugar Cane Technologists Proceedings of the XXV Congress, 30 January - 4 February 2005, Guatemala. Ed. Hogarth, Guatemala, Atagua, vol. 2, p. 20-25. ISBN 99922-2-211-5.
Le Gal P.Y., Lejars C., Auzoux S., 2003. MAGI: a simulation tool to address cane supply chain management issues. *In* Proceedings of the Annual Congress of the South African Sugar Technologists' Association (SASTA), Mount Edgecombe, Afrique du Sud, 19-22 August 2003. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association 77: 555-565. ISSN 1028-3781.
Lejars C., Letourmy P., Laurent S., 2003. Building and assessing mill supply scenarios based on cane quality variations: example of Reunion Island. *In* Proceedings of the Annual Congress of the South African Sugar Technologists' Association (SASTA), Mount Edgecombe, Afrique du Sud, 19-22 August 2003. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association 77: 580-590. ISSN 1028-3781.

➔ Conception d'un outil testant l'effet du système de paiement sur la rémunération

Un outil de simulation (figure 1), développé sous Excel®, a été conçu pour tester l'effet, sur le revenu des planteurs, de la modification des formules de paiement aux planteurs et de la modification des quotas imposés aux planteurs. Ce modèle réalise plusieurs opérations :
– calculer le revenu des planteurs (pris individuellement ou en groupe) pour différentes formules de paiement ;
– analyser la manière dont la valeur créée par la filière est redistribuée aux planteurs. Les résultats obtenus peuvent être analysés en fonction du type d'exploitation ;
– pour une formule de paiement donnée, tester l'impact d'une modification des quotas sur le revenu du planteur ;
– tester l'impact de formules de paiement sur le partage de la valeur entre planteurs et industriels.

Sur le plan pratique, ce modèle permet de répondre à des questions concrètes :
– comment une modification du paramètre de qualité utilisé dans la formule de paiement influe sur le revenu planteur ?
– quel est l'impact sur le revenu planteur d'un passage du paiement absolu au paiement relatif ?
– pour une formule de paiement donnée, quel est l'impact sur le revenu d'une modification des quantités hebdomadaires livrées par les planteurs ?

➔ Modification de la formule de paiement : étude de cas à La Réunion

Des tests ont été effectués à l'usine du Sezela en Afrique du Sud et à La Réunion (Lejars, 2006 ; Papaiconomou, 2004)[3]. Nous développons ici le cas de La Réunion.

Nous avons analysé l'effet sur le revenu des planteurs d'un changement de la formule de paiement, conjointement à trois modes d'apports différents, pour les 3 278 planteurs de l'île répertoriés dans la base de données du Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre (CTICS). Les effets du passage d'un paiement absolu (les planteurs sont payés par rapport à la richesse hebdomadaire réelle) à un paiement relatif (les planteurs sont payés par rapport à une richesse relative) ont été simulés (figure 2). Cette analyse a montré que ce changement de formule de paiement ne modifie pas le partage des gains issus du sucre entre industriels et planteurs. Pour les planteurs, le paiement relatif est moins contraignant en termes de dates et de fréquence d'apports : ils peuvent livrer moins régulièrement, à n'importe quelle période de la campagne, sans modification

2 Lejars C., 2005. Evaluation des systèmes de paiement de la canne à sucre dans quelques pays producteurs. Impact du mode de paiement sur la qualité des cannes et sur l'organisation des approvisionnements dans quelques industries sélectionnées. Département des Cultures annuelles du CIRAD, UPR 5 Systèmes canniers, CIRAD, Montpellier, France, 53 p.

des revenus. De ce fait, ce mode de paiement facilite l'organisation de la récolte mécanique et la constitution de groupements de planteurs. Enfin, le paiement relatif permet de répartir plus équitablement la valeur créée entre les planteurs, dans le cadre d'une réallocation des quotas tenant compte de la qualité des lots.

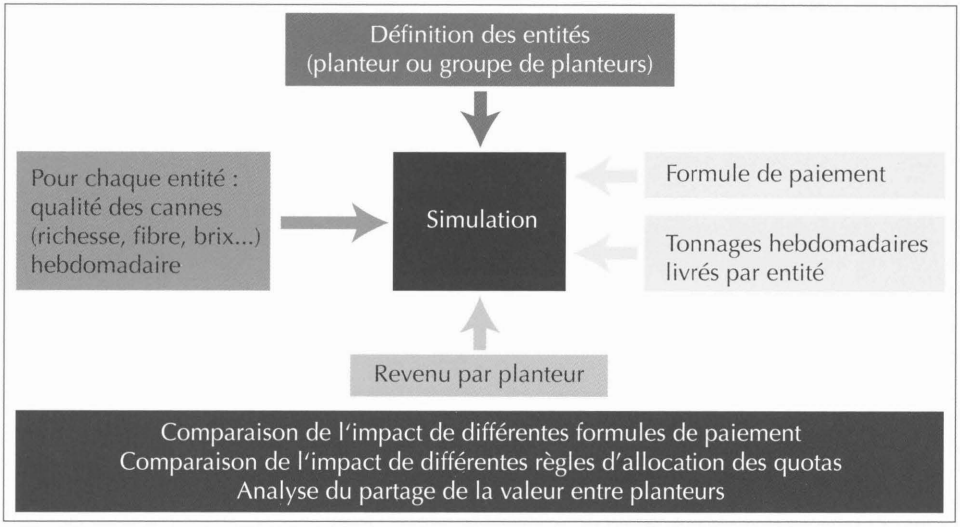


Figure 1. Outil de simulation des impacts de modes de paiement et d'organisation sur le revenu des planteurs.

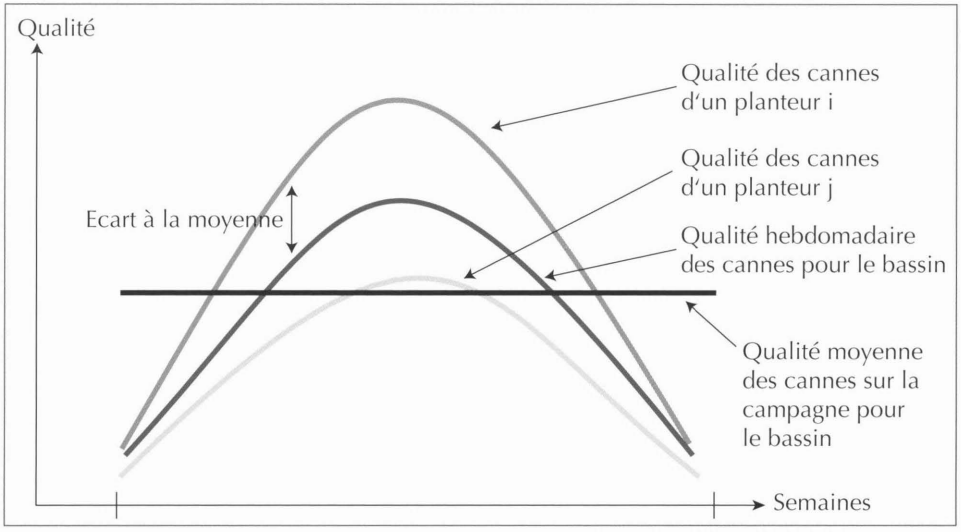


Figure 2. Définition de la richesse absolue et de la richesse relative.
Richesse relative hebdomadaire du planteur i = qualité i + écart à la moyenne

Lejars C., 2006. Qualité des approvisionnements et systèmes de rémunération des agriculteurs. Cas de la filière canne à sucre à La Réunion. Département des Cultures annuelles du CIRAD, UPR 5 Systèmes canniers, CIRAD, Montpellier, France, 57 p.
Papaiconomou H., 2004. Evaluation de différents systèmes de paiement dans le cadre d'une réorganisation des approvisionnements d'une sucrerie : application d'une démarche de simulation au bassin de Sezela, Afrique du Sud. Mémoire de DAA, INA-PG, France, 50 p. + annexes.

MAGI, pour mieux approvisionner les usines sucrières

S. Auzoux
UPR 13 Aide à la décision et biostatistique
C. Lejars
UPR 5 Systèmes canniers
P.-Y. Le Gal
URP 43 Innovations et dynamiques des exploitations agricoles

MAGI est un logiciel qui permet de simuler des scénarios d'organisation de l'approvisionnement sur un bassin cannier. C'est un outil d'aide à la décision et un support d'aide aux négociations entre planteurs et industriels. Il est diffusé en Afrique du Sud, à l'île Maurice et à La Réunion. MAGI a été élaboré par le CIRAD, en partenariat avec l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et le South African Sugar Cane Research Institut (SASRI). Il a été développé en Visual Basic.Net avec une structure de données sous Access®, et il est en accès libre sur le site Internet < http://agri-logistique.cirad.fr/ >.

→ Voies d'amélioration de l'approvisionnement

L'amélioration de la gestion de l'approvisionnement des sucreries constitue une action centrale pour augmenter l'efficacité et la rentabilité des filières canne à sucre. Dans cette industrie, comme dans la plupart des industries, la transformation de la matière première nécessite une alimentation continue. Les flux de canne doivent être organisés pour que la capacité de transformation de l'usine soit saturée, sinon des pertes sont possibles (ruptures de charges, sources de coûts, surstocks…). De plus, dans le cas de matières premières agricoles non stockables, la durée de fonctionnement des usines est étroitement liée aux périodes de récolte. Cela implique de planifier et de gérer les apports en tenant compte des contraintes industrielles et aussi des contraintes agricoles (maturité de la matière première, performances des chantiers de récolte et des équipements de transport…).

La mise en adéquation entre l'offre agricole et la demande industrielle peut alors soulever de nombreuses difficultés, liées aux incertitudes et aux contraintes structurelles pesant sur la fonction d'approvisionnement. La difficulté pratique est de définir, d'une part, les modes de planification et de pilotage des flux pour saturer la capacité industrielles et, d'autre part, la structuration des bassins d'approvisionnement qui permette une bonne réactivité aux aléas de production ou de demande et, sur un plan logistique, l'acheminement vers les centres de transformation dans des délais restreints.

La démarche a consisté à rechercher des modes d'organisation susceptibles d'augmenter la production en sucre et de trouver des solutions de compromis, construites à partir d'une représentation partagée du fonctionnement du bassin

d'approvisionnement, intégrant les contraintes et les objectifs de chacun des acteurs. Les objectifs visés ont été :
– la diminution des coûts d'organisation de la récolte, du transport et de la réception des cannes à l'usine, qui représentent jusqu'à 70 % des coûts de production ;
– le calage des dates et de la durée de campagne de coupe autour du maximum de richesse en saccharose de la canne, pour optimiser la quantité de sucre produite à l'échelle du bassin d'approvisionnement ;
– l'adéquation des contraintes et des objectifs de chacun des acteurs.

Un modèle de planification et de pilotage de l'approvisionnement des sucreries a ainsi été conçu afin de simuler différents scénarios de réorganisation des approvisionnements. Ce modèle sert de support de réflexion aux acteurs de la filière. Il a donné lieu au développement d'une application spécifique, MAGI, qui est un outil de modélisation et de simulation de l'approvisionnement d'un bassin cannier.

→ Modélisation et simulation de l'approvisionnement

MAGI donne une représentation du déroulement de l'approvisionnement d'une usine semaine par semaine tout au long d'une campagne sucrière. Il se décompose en trois modules (figure 1) :
– un module de planification qui permet de définir un plan hebdomadaire de livraison de cannes des exploitations agricoles vers les opérateurs intermédiaires et l'usine ;
– un module de simulation qui calcule la durée de campagne et qui met en œuvre la planification ;
– un module de transformation qui évalue la quantité de sucre produite par semaine à partir des résultats des deux modules précédents.

La simulation se déroule en quatre étapes. Dans la première étape, la structure du bassin d'approvisionnement doit être définie, c'est-à-dire le découpage du bassin en unités de production et le cheminement des flux de cannes depuis ces unités jusqu'à l'usine. Dans la deuxième étape, la durée de la campagne et les dates de début et de fin de la campagne sont calculées à partir de la capacité de broyage de l'usine et du tonnage total prévisionnel de cannes livrées. La troisième étape simule le déroulement de la campagne pour chaque unité de production, suivant le calendrier des livraisons défini au préalable. Enfin, la quantité de sucre produite est calculée à partir des courbes de richesse hebdomadaire, des pertes hebdomadaires et de la capacité de broyage moyenne de l'usine. Les différents scénarios sont comparés en fonction des gains de sucre qu'ils permettent de dégager.

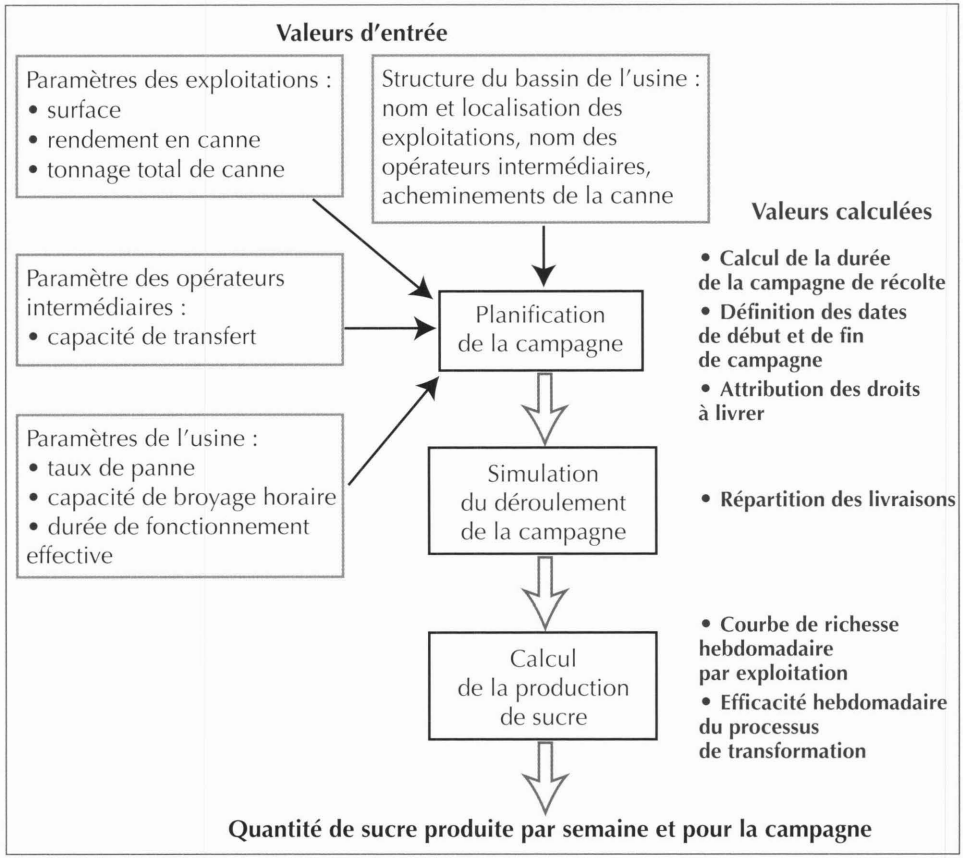


Figure 1. Les trois composantes de la modélisation de l'approvisionnement dans MAGI.

→ Applications pratiques

Plusieurs types de simulation sont envisageables en utilisant MAGI. Des variations sur les valeurs d'entrée du modèle peuvent être testées pour comparer leurs effets sur les quantités de sucre produites. Par exemple, on peut faire varier la capacité de broyage de l'usine ou la structure du bassin (nombre d'opérateurs intermédiaires, nombre de plateformes de réception). De même, il est possible de tester le gain en sucre induit par un ajustement des variétés, c'est-à-dire « planter » plusieurs variétés de canne (précoces ou tardives) qui vont atteindre leur richesse maximale à des périodes différentes.

Un aspect plus dynamique consiste à modifier les règles de planification afin de valoriser les écarts de richesse existants sur un bassin : détermination et calage de la

campagne centrée sur le pic de richesse, affectation différenciée des droits à livrer tenant compte des variabilités locales de richesse… Il est aussi possible de tester si chaque nouvelle attribution des droits à livrer nécessite un redimensionnement des équipements.

→ Perspectives pour MAGI

MAGI pourrait être utilisé dans d'autres pays, comme le Brésil ou l'Australie. Des discussions sont en cours. Il pourrait aussi être intéressant de l'adapter à d'autres cultures, comme le cotonnier ou les oléagineux, qui ont un système d'approvisionnement similaire à celui de la canne à sucre. Un travail de thèse est réalisé actuellement sur la mise en œuvre d'un modèle statistique de prévisions de la richesse en sucre de la canne. L'intégration de ce modèle à MAGI offrirait une meilleure affectation des droits à livrer des planteurs et un meilleur ajustement des livraisons à la richesse maximale.

Référentiel technico-économique des exploitations cannières de La Réunion

J. Masson
VCAT, UPR 5 Systèmes canniers
C. Lejars
UPR 5
J.-L. Fusillier
UPR 90 Gestion de l'eau

En 2005, à la demande de la Direction de l'agriculture et de la forêt (DAF), le CIRAD a élaboré un référentiel technico-économique des exploitations cannières de La Réunion. Dans le cadre des réformes de l'Organisation commune du marché du sucre, ce référentiel a servi de base de données de référence et d'outil d'aide à la définition des aides publiques compensatoires en 2006. Ses objectifs principaux étaient :

– de créer un outil d'archivage et d'observation de l'évolution des coûts de production et des marges de l'activité cannière ;

– d'identifier les systèmes de culture les plus représentatifs de l'île, d'en cerner les caractéristiques (itinéraires techniques, modes d'exploitation, localisation) et d'en évaluer les résultats économiques (coûts, recettes, revenus, productivité) ;

– d'élaborer un outil de simulation permettant de mesurer la sensibilité des résultats des exploitations à des variations économiques, comme l'augmentation du prix des intrants, la baisse du prix de la tonne de canne ou une variation du montant des aides attribuées aux planteurs.

Cette étude a été réalisée en collaboration avec la Chambre d'agriculture et les partenaires de la filière — Comité de pilotage de la canne, Sucrière de La Réunion, Bois Rouge, CIRAD, DAF, CNASEA, CTICS, CERF, Conseil général.

Dans un premier temps, une synthèse des données a été effectuée à partir des référentiels d'exploitations existants et réactualisés à plusieurs reprises. Dans un deuxième temps, une typologie des exploitations cannières représentatives des systèmes de culture de La Réunion a été effectuée. La méthode a consisté à croiser les critères de variabilité du milieu physique de l'île et les critères de structure d'exploitation. De façon schématique, seuls quelques critères majeurs de différenciation ont été retenus pour déterminer les systèmes de culture types (tableau 1). Dans un troisième temps, pour chaque système de culture, un itinéraire technique moyen a été défini. Une large collecte de données et une évaluation à dire d'expert ont permis de quantifier les caractéristiques techniques et économiques de chaque itinéraire technique (tableau 2).

→ Dix-huit systèmes de culture canniers

Dix-huit systèmes de culture, couvrant 84 % de la sole cannière, ont été répertoriés (tableau 3). Onze systèmes sont les plus représentatifs de cas réels en termes de surface. Sept systèmes sont peu représentatifs, mais ils ont été retenus car ils sont susceptibles de se développer dans les années qui viennent (tableau 3 : lignes grisées). Chaque système est caractérisé par un itinéraire technique et un ensemble de critères dépendant du milieu et de son équipement (exemples en tableau 4). L'ensemble de ces caractéristiques permet d'aboutir au calcul du revenu agricole annuel et journalier des exploitations de référence, de leurs charges, et de la formation de leur produit brut.

Tableau 1.

Les critères de caractérisation et de quantification des systèmes de culture de la canne à La Réunion : critères de variabilité du milieu et critères de variabilité de l'exploitation.

Critères	Découpage détaillé des critères
Climat : 5 zones	Zone pluviale humide Zone pluviale sèche de l'Ouest Zone pluviale sèche du Nord Zone irriguée en aspersion Zone irriguée en goutte-à-goutte
Altitude : 2 zones	Zone dites des « bas », englobant les étages suivants : 0-200 m en zone pluviale humide 0-600 m en zone pluviale sèche 0-400 m en zone irriguée Zones dites des « hauts » : > 200 men zone est (pluviale humide) : > 600 m en zone ouest (pluviale sèche) : > 400 m en zone irriguée (Ouest)
Aptitude à la mécanisation : 5 zones	Cette aptitude croise 3 critères (pente, pierrosité, géométrie des parcelles) pour aboutir à 5 zones d'aptitude : Zone A1 (pente < 10 % et pierrosité nulle) : pas d'aménagement nécessaire, coupe canne longue possible Zone A1bis (pente 10-20 % et pierrosité nulle) : coupe canne longue possible Zone A2 : aménagement léger à moyen Zone A3 : gros travaux nécessaires, mais la coupe reste manuelle Zone A4 : mécanisation impossible, coupe manuelle
Equipement interne et taille de l'exploitation	Non équipées : < 650 t de canne (juste un véhicule utilitaire) ; < 12 ha Equipées : > 650 t (au moins un tracteur) ; 12 à 20 ha

Tableau 2.

Critères technico-économiques pris en compte dans la typologie des exploitations cannières de La Réunion.

Critères	Explications
Rendement en canne	Evalué à dire d'expert, pour chaque système de culture
Richesse de la canne	4 valeurs, d'après données CTICS 1996-2004
Main-d'œuvre familiale	La main-d'œuvre totale (familiale et extérieure) est définie dans une matrice des temps de travaux pour chaque système
Cycle cultural	12 à 18 mois selon la zone et l'âge de la culture. Rythme de replantation de 5, 7 ou 10 ans selon le système de culture
Améliorations foncières et travaux du sol	Epierrage grossier ; épierrage fin ; passage du pulvérisateur à fléaux ; temps de travaux pour les travaux du sol ; coût d'entretien des chemins
Installation et entretien de l'irrigation	Aspersion ; goutte-à-goutte ; besoin en eau ; prix de l'eau
Plantation et replantation	Aide à la replantation ; intrants ; temps de travaux
Approvisionnement et entretiens culturaux	Engrais ; épandage herbicide, prix herbicide et formulation ; temps de travaux
Charges de structure de l'exploitation	Amortissements et frais financiers ; cotisations sociales ; assurances ; fermage moyen
Coupe, chargement, transport	Systèmes équipés mécaniquement : chargement et transport en interne. coûts des matériels en propre de l'exploitation Systèmes non équipés : prestataire de service
Mécanisation	Hypothèse : exploitation équipée mécaniquement lorsque le Comité technique à la mécanisation attribue une subvention de 25 % avec un plafond de 7 700 euros (exploitations produisant plus de 650-700 t) Machines retenues : tracteur, chargeur, remorque, pulvérisateur Nombre d'heures, consommation et maintenance calculées

Tableau 3.

Les 18 systèmes de culture de référence (en grisé, 7 systèmes susceptibles de se développer dans l'avenir).

Systèmes de culture équipés

Climat	Altitude	Zone d'aptitude à la mécanisation (répertoriée en tableau 1)	Coupe	Surface totale sur l'île (ha)
Pluvial humide	Zone des bas	A1 – A1bis	mécanique	1 655
		A3	manuelle	2 130
		A4	manuelle	570
	Zone des haut	A1 – A1bis	mécanique	915
Irrigué	Zone des bas	A1 – A1bis	mécanique	610
		A3	manuelle	760
Pluvial sec	Zone des haut	A1 – A1bis	manuelle	190
Total systèmes équipés				7 077 (28,3 % de la surface totale en canne)

Systèmes de culture non équipés

Climat	Altitude	Zone d'aptitude à la mécanisation (répertoriée en tableau 1)	Surface totale sur l'île (ha)
Pluvial humide	Zone des bas	A3	2 250
	Zone des haut	A1 – A1bis	1 165
		A3	1 186
		A4	670
Pluvial sec	Zone des bas	A1 – A1bis	1 630
		A3	2 270
	Zone des hauts	A1 – A1bis	1 160
Irrigué	Zone des bas	A1 – A1bis, A2	1 645
		A3	1 400
	Zone des haut	A1bis	180
Total systèmes non équipés			14 056 (56,0 % de la surface totale en canne)

Tableau 4.

Exemple des deux systèmes de culture les plus représentatifs (équipé et non équipé).

Critères de différenciation	Système équipé le plus représentatif	Système non équipé le plus représentatif
Climat et altitude	Pluvial humide zone des bas	Pluvial sec zone des bas
Surface (ha)	12	5
Rendement (t/ha)	90	50
Tonnage total à la coupe (t)	1 080	250
Zone d'aptitude à la mécanisation	Zone difficile A3	Zone difficile A3
Coupe et équipement	Coupe manuelle Tracteur 90 CV, pulvérisateur à rampe, chargeur, benne, camionnette	Coupe manuelle Véhicule utilitaire
Amélioration foncière	Epierrage grossier, préparation aux disques lourds	Epierrage grossier, préparation aux disques lourds
Plantation	Manuelle (sillonneuse)	Manuelle (sillonneuse)
Engrais	Epandage manuel	Epandage manuel
Herbicide	1 épandage à la rampe (prélevée) et un épandage à la lance (rattrapage)	2 épandages manuels (post levée) et rattrapage sur 40 % de la surface
Surface totale sur l'île (ha)	2 130	2 250

→ Deux nouveaux outils informatiques

A l'issue de cette étude, deux outils informatiques ont été élaborés. Le premier outil, dit référentiel 2005, est la base de données contenant l'ensemble des coûts de production et des temps de main-d'œuvre liés à l'activité de la culture de canne à sucre. Cet outil permet d'archiver et de mettre à jour des données. La base de données « référentiel 2005 » sera remise à jour annuellement et un archivage des coûts de production sera effectué. Cet outil fera l'objet d'un développement informatique avec un support plus convivial qu'Excel® pour les utilisateurs.

Le second outil, dit de simulation, explicite à partir d'un calcul budgétaire les charges et les marges de la culture de canne. Il analyse la formation du revenu des systèmes de culture définis par le référentiel. Il permet d'analyser les effets d'une évolution du prix de la canne, ou encore des changements des aides de l'Etat et de l'Union européenne (reformulation et intégration de nouvelles aides) à l'échelle de l'exploitation et, par agrégation, à l'échelle de l'île. Cet outil de simulation a été mis à la disposition de la DAF en 2006 afin d'aider à définir les nouvelles aides mises en œuvres par la Convention Canne 2006-2014.

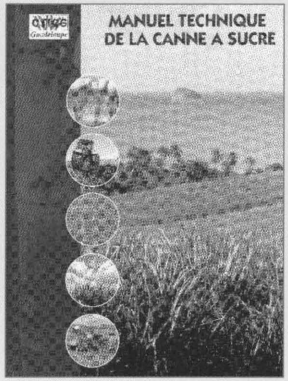
Edition de guides agronomiques

Manuel technique de la canne à sucre

Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre de la Guadeloupe
2005, 94 p.
Contact : Jean-Cyril Dagallier, jean-cyril.dagallier@cirad.fr
Pour se procurer le manuel :
Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre (CTICS), Morne l'Epingle - Providence, BP 225, 97139 Les Abymes cedex, Guadeloupe, France

Le *Manuel technique de la canne à sucre* fait le point des connaissances sur la culture de la canne à sucre en Guadeloupe. Ce manuel est un outil pédagogique adapté au grand public. Le CTICS a animé une équipe de spécialistes du CIRAD et d'autres organismes partenaires pour rédiger ce manuel de référence qui intègre les nouveautés issues des organismes de recherche et de l'expérience des professionnels.

L'économie mondiale de la canne à sucre est rapidement brossée, puis l'accent est mis sur les débouchés aux Antilles. La morphologie, la physiologie, et les cycles de la plante sont expliqués et largement illustrés. Les chapitres sur les techniques de culture (plantation, fertilisation, protection, irrigation) sont concrets et se réfèrent aux conditions de climat et de sol de la Guadeloupe. La partie sur la récolte et le paiement à la richesse de la canne détaille toutes les étapes : coupe, transport, mesures et réception à l'usine, principe du paiement. Même si les applications sont centrées sur la Guadeloupe, ce manuel intéressera les professionnels d'autres régions productrices et les néophytes de tous horizons.



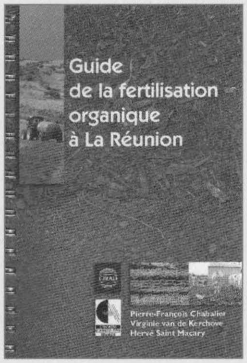
Guide de la fertilisation organique à la Réunion

Pierre-François Chabalier, Virginie Van de Kerchove, Hervé Saint Macary
CIRAD, Chambre d'agriculture de La Réunion
2006, 302 p.
Contact : Pierre-François Chabalier, pierre.chabalier@cirad.fr
Le guide est disponible en version numérique :
http://www.mvad-reunion.org/rubrique.php3?id_rubrique=53
Pour se procurer le guide en version papier :
Mission valorisation agricole des déchets (MVAD)
Chambre d'agriculture
24 rue de la Source
BP 134, 97463 Saint-Denis Cedex, La Réunion, France

Le *Guide de la fertilisation organique à La Réunion* fait le point sur les connaissances traitant des matières organiques produites à La Réunion ainsi que sur les aspects pratiques de la réglementation et de leur épandage en agriculture. Ce guide a pour objectif d'aider, d'une part, les producteurs de matières organiques et de déchets (agriculteurs, municipalités, industries agro-alimentaires) afin qu'ils fournissent des matières organiques valorisables et, d'autre part, les utilisateurs, dans la pratique d'une fertilisation organique raisonnée.

Il comprend une première partie générale composée de neuf chapitres sur la culture, le sol, les analyses, l'emploi des matières organiques, les risques, la réglementation et les modes d'épandage. Une deuxième partie propose des fiches techniques sur le calcul de fertilisation, les cultures, les prélèvements sur le terrain et sur vingt-six matières organiques.

Ce guide s'efforce de répondre aux nombreuses questions posées par l'emploi et le recyclage des déchets et matières organiques en agriculture, en s'appuyant à la fois sur des références techniques et réglementaires de zones tempérées telles que la France métropolitaine ou, plus largement, l'Europe, et sur les connaissances acquises dans le milieu tropical de l'île de La Réunion. A ce titre, cet ouvrage peut également intéresser la métropole et d'autres zones tropicales. Il s'adresse à tous les acteurs du monde agricole : chambres d'agriculture, coopératives, techniciens et agriculteurs, collectivités, enseignants, chercheurs, bureaux d'étude...



La télédétection, base d'outils pour prévoir le rendement et suivre les parcelles cultivées

A. Bégué
UMR TETIS
P. Degenne
UMR TETIS
V. Lebourgeois
thèse université de La Réunion,
UPR 5 Systèmes canniers
E. Bappel
thèse université de La Réunion,
UPR 5

L'objectif des travaux menés en télédétection sur la culture de canne est la mise au point d'outils d'interprétation automatisés des images satellites et le développement de produits d'aide à la gestion de la sole cannière. Les besoins en information exprimés par la filière canne à sucre réunionnaise ont été pris en compte pour définir les produits de suivi des surfaces les plus pertinents à développer.

A La Réunion, depuis 2002, en conformité avec la Politique agricole commune, les informations sur les surfaces cultivées en canne sont collectées chaque année par enquête auprès des planteurs. Ces déclarations graphiques sont centralisées par la Direction de l'agriculture et de la forêt (DAF). Le parcellaire est ensuite numérisé, à l'échelle de l'îlot d'exploitation, sur la base des ortho-photos de l'Institut géographique national (IGN) mises à jour tous les cinq ans. Ce parcellaire, auquel sont rattachées de nombreuses informations (planteur, centre de livraison, mode d'irrigation, etc.), constitue une base de données importante pour la gestion de la filière.

Ces enquêtes ne donnent cependant pas d'information sur l'évolution de l'état des parcelles individuelles au cours du cycle de croissance, y compris pendant la campagne de récolte. En période de coupe, le rendement et la richesse en sucre sont certes mesurés au moment de la livraison, mais ces mesures sont rattachées au nom du planteur, et non à la parcelle récoltée. Or l'imagerie satellitaire offre la possibilité de suivre l'évolution de la sole cannière en cours de culture jusqu'à la récolte, parcelle par parcelle, par l'étude de la réponse spectrale des surfaces en canne, le calcul d'indices de végétation, la photo-interprétation assistée par ordinateur, etc. Les travaux que nous avons menés dans ce domaine se fondent sur le traitement des images satellite SPOT 4 et SPOT 5 et de leur corrélation avec des données de terrain.

→ Partenariats

Ces travaux de recherche sont conduits depuis 2002 par l'équipe CIRAD de la Maison de la Télédétection à Montpellier et le Pôle canne à sucre du CIRAD à La Réunion. Ils ont fait l'objet d'une thèse financée par la Région Réunion (E. Bappel, 2005[4]) et ont été menés dans le cadre du projet SUCRETTE (Suivi de la canne à sucre par télédétection, projet financé par le Réseau de recherche et d'innovation

4 Bappel E., 2005. Apport de la télédétection aérospatiale pour l'aide à la gestion de la sole cannière réunionnaise. Thèse de doctorat Traitement du signal et de l'image. Université de La Réunion, Saint-Denis ; UPR 5 Système canniers, CIRAD, Saint-Denis, La Réunion, France, 278 p.

technologique Terre et Espace), en partenariat avec le Groupe SPOT Image, qui assure la valorisation technique et commerciale des produits développés, et le Mauritius Sugar Industry Research Institute (MSIRI), qui a participé à la définition des besoins et testé les produits. A La Réunion, les acteurs de la filière canne — usines, Chambre d'agriculture, Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre (CTICS), DAF, comité de pilotage, SICA Sud Canne... — ont été consultés et ont apporté leur aide.

Enfin, ces travaux ont bénéficié d'un accès à la base d'images SPOT du CNES *Information satellitaire pour l'environnement de La Réunion* (BD-ISLE-Réunion), mise en place pour la recherche.

→ Résultat préalable : numérisation du parcellaire agronomique

Certains produits mis au point par le projet SUCRETTE ne sont réalisables que si l'on dispose d'un parcellaire découpé à l'échelle de la parcelle agronomique (parcelle définie par un itinéraire technique unique). C'est le cas pour les cartes de variabilité inter- et intra-parcellaire, mais aussi pour les travaux sur la prévision de rendement par télédétection. Pour le suivi des coupes, ce découpage a deux avantages :
– augmenter la fiabilité des résultats du traitement de l'image, effectué à l'échelle de la parcelle de canne et non de l'îlot d'exploitation (l'îlot comprend, en plus des champs de canne, les andains, les voies de passage et parfois des infrastructures pouvant modifier le signal mesuré par télédétection) ;
– améliorer la représentation cartographique en créant une couche parcellaire ayant pour attribut un état (coupe, non coupe, en cours de coupe) en fixant des seuils du taux d'avancement de la coupe attribué à chaque parcelle à l'issue du traitement.

Un parcellaire découpé à l'échelle de la parcelle élémentaire (parcelle dont les contours sont visibles à la résolution de l'image utilisée pour la numérisation) a donc été numérisé par le CIRAD sur la base des îlots du parcellaire DAF 2004 et des ortho-photos IGN 2003 (résolution 0,5 m). En considérant qu'une parcelle élémentaire suit un itinéraire technique, il est donc possible de développer les produits cités précédemment. Ce parcellaire sera remis à jour en 2006 par photo-interprétation à partir des enquêtes de la DAF en 2005, et à partir d'une image SPOT 5 à résolution 2,5 m acquise avant la campagne de récolte 2006.

→ Prévision de récolte

Plusieurs méthodes de prévision de récolte utilisent des données de télédétection. Celle que nous avons utilisée repose sur la relation indirecte qui existe entre l'indice de végétation NDVI[5] (Normalized Difference Vegetation Index) d'un couvert

Thèse : apport de la télédétection aérospatiale pour l'aide à la gestion de la sole cannière réunionnaise

L'objectif de la thèse d'E. Bappel (2005) a été l'étude des potentialités de la télédétection aérospatiale pour l'aide à la gestion de la sole cannière réunionnaise. Les images 2002 et 2003 de SPOT 4 et SPOT 5 ont été utilisées. Une campagne d'acquisition d'images hyperspectrales CASI (Compact Airborn Spectrographic Imager) a été effectuée en septembre 2002. Simultanément, les paramètres biophysiques descriptifs de l'état du couvert de la canne (surface foliaire, taux d'azote, biomasse de la culture) et les paramètres agronomiques (suivi des coupes et des replantations) ont été suivis par un protocole de mesures au champ.
La surface foliaire (LAI) et le rendement en canne ont pu être estimés à partir des indices NDVI. Avec les données SPOT, la meilleure estimation du rendement canne à l'échelle parcellaire a résulté du couplage entre le modèle de croissance Mosicas et les profils d'évolution de surface foliaire obtenus à partir des images SPOT 4 et 5. A partir des données hyperspectrales CASI, il a été possible d'obtenir une meilleure estimation de la surface foliaire et de la biomasse fraîche qu'avec les données SPOT 4 et 5. Les données CASI ont permis aussi une estimation du taux d'azote foliaire qui, en phase de maturation, est un indicateur de richesse en sucre.
La possibilité de discriminer des parcelles de canne en fonction de leurs états de surface (pleine végétation, coupée ou labourée) a permis de développer des applications opérationnelles de cartographie dynamique de la sole cannière en temps quasi réel (suivi des coupes et des replantations).

Normalized Difference Vegetation Index : indice de végétation, caractéristique de l'activité chlorophyllienne, calculé à partir des bandes rouge (R) et proche infrarouge (PIR) de l'image satellite. NDVI = (PIR – R) / (PIR + R) 5

végétal et la biomasse fraîche de ce couvert. Cette relation a été établie à partir de jeux de données acquis expérimentalement à l'échelle parcellaire à La Réunion et en Guadeloupe, et à partir d'images SPOT, en 2002, 2003, et 2004. Le rendement en canne peut être estimé par l'utilisation de l'indice maximal NDVI avec une erreur quadratique moyenne (RMSE) de 13,65 t/ha. Cet indice de végétation étant maximal juste avant le début de la récolte, le rendement peut donc être estimé par télédétection à partir d'une image satellite acquise dans le mois précédent le début de la coupe de la canne.

Cette relation a été appliquée à chaque parcelle individuelle à l'échelle de l'île de La Réunion pendant les campagnes 2004 et 2005 (tableau 1). Les résultats sont issus du traitement de deux images SPOT, acquises le 13 mai 2004 et le 06 juin 2005, sur lesquelles ont été masquées au préalable les parcelles en sol nu ou ayant un développement végétatif trop faible pour être récoltées. La prévision par télédétection a tendance à surestimer la récolte (tableau 1). Quatre raisons peuvent expliquer cette surestimation :
– la relation entre l'indice NDVI et le rendement a été étalonnée sur des parcelles à rendements élevés en milieu pluvial et peut se révéler incorrecte en milieu irrigué ;
– le parcellaire utilisé est celui de 2003, alors que l'enquête DAF montre que les surfaces en canne ont diminué de 400 ha en 2005 (– 1,5 %) ;
– pour la campagne 2005, dont l'erreur est plus élevée, les conditions climatiques durant la coupe (pluies irrégulières et décalées, faible ensoleillement) ont été mauvaises ;
– les conditions géométriques et atmosphériques d'acquisition des images SPOT. Bien que peu sensible aux conditions atmosphériques, l'indice NDVI peut varier selon les conditions géométriques d'acquisition des images.

Pour les prévisions de récolte, il est donc prévu d'améliorer la relation entre l'indice NDVI et le rendement en séparant les zones irriguées et en identifiant les plantations et les repousses. De plus, le CTICS effectue chaque année des prélèvements sur des parcelles échantillons afin de prévoir la récolte ; les données issues des images satellite acquises avant le début des coupes seront croisées avec les prévisions de production du CTICS sur ces mêmes parcelles.

Tableau 1.

Comparaison entre la production de canne prévue par télédétection et la production effectivement récoltée en 2004 et 2005.

Année	Prévision par télédétection (cannes, millions t)	Récolte réalisée (cannes, millions t)	Erreur (%) (tonnage estimé – tonnage réalisé) / tonnage réalisé
2004	2,099	1,969	6,6
2005	1,999	1,801	11,0

➔ Suivi des coupes

Les résultats de l'état d'avancement de la coupe en période de récolte sont issus du traitement de l'image SPOT 5 du 06 juin 2005 pour l'identification des sols nus (non plantés) avant la campagne, et du traitement de l'image SPOT 4 du 05 août 2005 pour le suivi des coupes (figure 1). Ces traitements consistent essentiellement en classifications non supervisées et en regroupement des classes par photo-interprétation et expertise.

Du fait de la numérisation du parcellaire cannier à l'échelle de la parcelle élémentaire, il est aujourd'hui possible d'engendrer de nouveaux attributs parcellaires correspondant au taux d'avancement de la coupe pour chaque parcelle élémentaire. La décision de classer ensuite une parcelle partiellement coupée en « coupe » ou « non coupée » repose sur des valeurs seuils de taux de coupe fixés à 25 % et 50 % dans cette pré-étude. Une étude plus poussée sur l'effet de la valeur des seuils sur les statistiques d'avancement de la coupe doit être menée.

Après acquisition de l'image, il faut environ une semaine pour obtenir les résultats de suivi de coupe. Si l'on considère qu'une parcelle dans laquelle la coupe a débuté va être entièrement coupée dans la semaine, on peut prévoir ce qui sera livré en plus dans la semaine suivant l'acquisition de l'image. On se rapprochera ainsi au mieux des résultats réels de la campagne au moment où les résultats sont livrés.

➔ Cartographie de l'hétérogénéité inter-parcellaire

L'objectif de la cartographie de l'hétérogénéité inter-parcellaire est la caractérisation de la variabilité des états de surface des parcelles de canne par le calcul d'indicateurs permettant de simplifier l'information spectrale et spatiale contenue dans une image satellite : indicateur du développement végétatif (niveau moyen d'activité chlorophyllienne) et indicateur d'hétérogénéité de la culture.

Ces cartes sont produites dans le mois précédent le début de la campagne de récolte, lorsque l'ensemble des repousses sont comparables en termes de développement végétatif. La cartographie du développement végétatif, basée sur le calcul de la moyenne du NDVI parcellaire permet d'avoir accès à la distribution spatiale du potentiel des parcelles d'une zone d'exploitation. De la même manière, le calcul du coefficient de variation du NDVI (rapport entre l'écart-type et la moyenne du NDVI parcellaire) à l'échelle de chaque parcelle renseigne sur le niveau d'hétérogénéité parcellaire. Ce type de cartographie constitue une aide à la localisation des parcelles présentant des difficultés de croissance.

A La Réunion, ces cartes peuvent constituer une aide au choix des parcelles échantillonnées par le CTICS pour la prévision de récolte (figure 2). Elles peuvent également permettre de valider à postériori le choix de ces parcelles en les situant dans la distribution des indices NDVI parcellaires sur le bassin de production.

Figure 1. Exemple de carte : résultats cartographiques sur l'avancement de la coupe des parcelles de canne au nord-est de l'île le 05 août 2005.

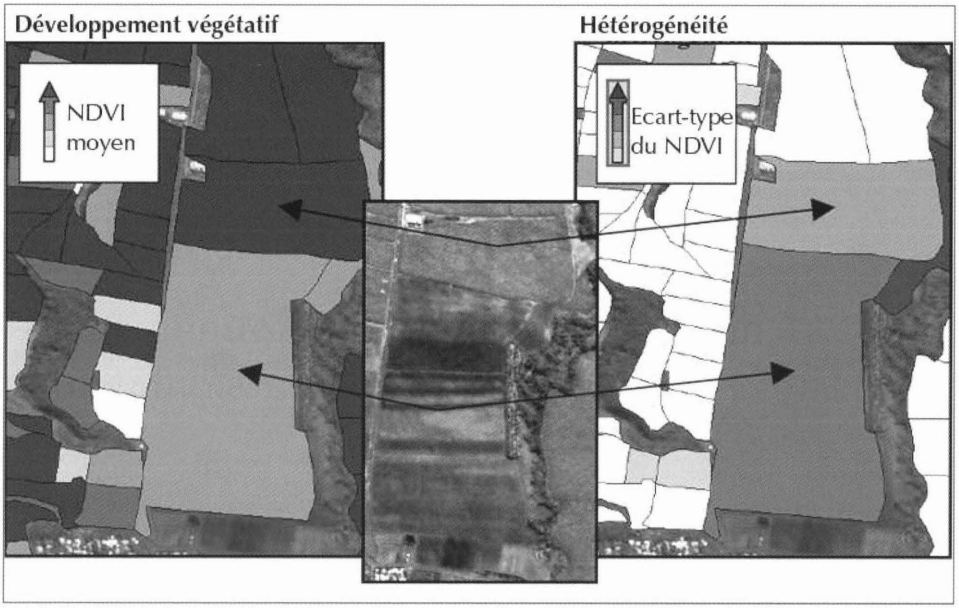


Figure 2. Exemple de carte : cartographie du développement végétatif et de l'hétérogénéité des parcelles à partir d'une image SPOT 5 acquise le 06 juin 2005.

➔ Perspectives : de l'imagerie satellite aux images de drone

Les images satellites sont un moyen unique pour obtenir en temps quasi réel des informations à l'échelle de l'ensemble de la sole cannière. Mais, à l'échelle de la parcelle, l'imagerie satellitaire peut être limitée par la résolution spatiale. De plus, la gamme spectrale des capteurs actuels ne permet pas un diagnostic fin de l'état de la culture. Pour résoudre ces difficultés, le projet AgriDrone du CIRAD (UPR 5 Systèmes canniers et UMR TETIS) et du CEMAGREF prévoit l'utilisation de capteurs embarqués sur drone et sur appareils ULM pour caractériser l'état hydrique et nutritif de la canne à sucre. A ce projet, financé par le ministère français de l'Agriculture et de la pêche, est associée une thèse financée par la Région Réunion.

Formation : aide à la gestion de la production par télédétection

V. Lebourgeois
thèse université de La Réunion,
UPR 5 Systèmes canniers

De septembre 2002 à décembre 2004, le CIRAD et le Groupe Spot Image ont regroupé leurs compétences pour poser les bases techniques et économiques d'un outil d'aide à la gestion pour la filière canne à sucre (projet SUCRETTE : Suivi de la canne à sucre par télédétection). Financé par le Réseau de recherche et d'innovation technologique Terre et Espace du ministère de la Recherche, il a été mené sur trois sites pilotes : Guadeloupe, La Réunion, Maurice. La valorisation technique et commerciale des produits développés est assurée par le Groupe Spot Image, partenaire du projet.

Le projet SUCRETTE a ainsi donné naissance à l'offre de service *Aide à la gestion de production* du Groupe Spot Image (< http://www.spotimage.fr/html/_55_138_791_.php >), dans laquelle le CIRAD assure la partie transfert de savoir-faire et de technologie. C'est dans ce cadre qu'a été élaborée une session de formation sur la démarche et les outils logiciels utilisés pour l'aide à la gestion de production de la canne à sucre par télédétection. Cette formation s'adresse à deux publics :
– un public opérateur télédétection (de type société de service ou entité institutionnelle avec maîtrise des SIG et du traitement d'images), qui assure la création des produits cartographiques dérivés des images satellite ;
– un public opérateur diffusion (qui peut être une entité institutionnelle, un usinier ou un responsable d'exploitation), dont le rôle consiste en la personnalisation et la diffusion des informations (statistiques, cartes, bulletins).

La formation porte sur quatre produits thématiques : création et mise à jour du parcellaire, suivi des coupes et des labours, variabilité inter-parcellaire, variabilité intra-parcellaire. La prise en main des outils logiciels associés est incluse dans la formation : outils de saisie et de mise à jour du parcellaire, outils de diffusion de produits cartographiques et statistiques.

Le Groupe Spot Image et le CIRAD, par leur réseaux internationaux et en participant à des séminaires techniques, assurent la promotion de cette approche spatiale de la production cannière.

La canne à sucre à La Réunion, un atout maître pour le développement durable

A. Courteau
stagiaire, université de Franche-Comté, Besançon, UPR 5 Systèmes canniers
C. Poser
UPR 5

A la suite du séminaire *L'avenir de la recherche sur la canne à sucre : Quelles recherches prioritaires à l'horizon 2007-2013 ?* (Saint-Denis, La Réunion, 20 - 24 septembre 2004), la filière a souhaité que le CIRAD étudie le rôle de la culture de la canne dans l'environnement réunionnais. Cette revue bibliographique (Courteau, 2005)[6] met en avant les atouts environnementaux de la canne à sucre dans les conditions de La Réunion. L'ensemble de l'argumentaire a d'ailleurs été présenté aux Commissaires européens lors de leur passage sur l'île, peu avant les débats relatifs à l'accord sucre de l'Organisation commune du marché du sucre.

La filière canne de La Réunion a d'abord un impact direct sur la vie locale. Seule filière tournée vers l'extérieur, elle réalise les deux tiers des exportations de l'île. Quinze mille emplois en dépendent. Elle assure 30 % des revenus des agriculteurs. Elle a recours à des biens et des services intermédiaires (engrais, transport, travaux de récolte et d'aménagement foncier...). De plus, par sa multifonctionnalité, elle joue un rôle dans l'aménagement du territoire, et contribue à la qualité du paysage et à l'attractivité touristique. Outre ces fonctions sociales et économiques, la culture de canne à sucre a de nombreux atouts environnementaux (tableau 1) parmi lesquels trois sont stratégiques :

– c'est une culture efficace contre l'érosion dans un contexte de relief très marqué et de climat cyclonique ;

– elle favorise l'autonomie énergétique. L'utilisation de la bagasse à des fins énergétiques contribue aujourd'hui à un quart de la production d'électricité de l'île ;

– elle permet de recycler les effluents d'élevage. Alors que la gestion des déchets devient de plus en plus difficile, notamment en milieu insulaire, la culture de la canne à sucre constitue une voie privilégiée pour ce recyclage.

Cette étude est une première étape qui fournit les références scientifiques existantes sur le sujet. Elle ouvre la voie vers des questions pertinentes de recherche : l'étude du cycle du carbone, l'analyse du cycle de vie de la culture de canne, l'étude de la valorisation des coproduits de la canne et des travaux sur la reconnaissance des fonctions non marchandes, notamment environnementales, de la culture de canne. Ces thèmes méritent une attention particulière et des moyens complémentaires de recherche.

Courteau A., 2005. La canne à sucre et l'environnement à La Réunion : revue bibliographique. Université de Franche-Comté, Besançon, CIRAD, La Réunion. CIRAD, Saint-Denis, La Réunion, France, 53 p. [On-line] [16 novembre 2006]. < URL http://www.cirad.fr/reunion/recherche/canne_a_sucre > Rubrique *En savoir plus*. 6

Tableau 1.

Les atouts environnementaux de la canne à sucre à La Réunion.

Atouts environnementaux	Quelques explications
La culture est efficace contre l'érosion	Enracinement touffu et profond Résistance de l'appareil aérien aux conditions extrêmes comme les cyclones Couverture permanente du sol par un appareil végétatif très dense et grâce à la coupe en vert laissant les résidus Dénudement du sol peu fréquent et dispersé dans le paysage
Les pratiques agricoles améliorent les propriétés du sol	Entretien du stock organique par les racines et les résidus Apports minéraux par leur décomposition Entretien d'une grande biodiversité tellurique Apports d'engrais de plus en plus calés sur les besoins Lutte phytosanitaire employant très peu de produits chimiques (sélection variétale et lutte biologique sont privilégiées)
La culture et l'industrie s'attachent à consommer de moins en moins d'eau	Pour un rendement en canne de 60 à 120 t/ha, en irrigation, la culture consomme 270 à 330 l d'eau par kilo de matière sèche de canne ; pour le maïs il en faut le double La canne favorise la protection des nappes en facilitant la filtration de l'eau par son chevelu racinaire dense Les industriels ont divisé par 2 la consommation en eau ces 10 dernières années (Sucrière de La Réunion : ratio 1,15 m^3 eau par tonne de canne broyée en 2004) Les industriels travaillent également à la réduction du ratio consommation en eau par unité d'électricité produite
Gaz à effet de serre : le bilan carbone est vertueux	La culture de canne est un puits de carbone du fait de la coupe en vert La comparaison des centrales électriques bagasse ou charbon est très favorable à la bagasse Le CO_2 émis à la combustion de bagasse ne s'ajoute pas à celui déjà contenu dans la biosphère car la photosynthèse de la plante en croissance compense cette émission
Les coproduits sont valorisés	Filière originale qui pourrait servir d'exemple Bagasse : source renouvelable d'énergie Ecume : amendement organique agricole Vinasse : essais d'épandage en cours (recherche sur de nouveaux produits)
La filière canne est complémentaire des autres filières agricoles	Recyclage des effluents d'élevage Apport alimentaire pour les animaux Support carboné pour le compost Source de paillage

Soudan : effets des écumes de sucrerie de canne sur le sol

D. Montange
UPR 78 Risque environnemental lié au recyclage
M. Brouwers
UPR 5 Systèmes canniers
Thabit Elsayed
microbiologiste à la Kenana Sugar Company, Soudan, en thèse à Gezira University, Wad Medani, Soudan, et co-encadré par l'UPR 78

L'étude des effets des apports d'écumes de sucrerie sur les activités microbiologiques du sol et sur le rendement de la canne fait actuellement l'objet d'une thèse en alternance de Thabit Elsayed, à la Kenana Sugar Company (KSC, Soudan) et dans les laboratoires du CIRAD à Montpellier. Ce travail permettra de proposer des modes d'utilisation des écumes en culture de canne avec un double objectif : réduire l'emploi des engrais minéraux et supprimer les fumées issues de l'autocombustion des écumes mises en décharge.

Tout d'abord, l'innocuité des écumes a été vérifiée sur des plantes à petites graines et sur la germination de la canne. Ensuite, une courbe de réponse aux apports d'écumes a été réalisée sur des cultures de canne, en présence d'engrais azotés, afin d'éviter le phénomène de faim d'azote dû à des apports de produits carbonés dans le sol.

Dans les laboratoires du CIRAD à Montpellier, des incubations en conditions contrôlées ont été réalisées avec des mélanges sols - écumes de sucrerie. L'impact des écumes a été mesuré sur les activités spécifiques de certaines enzymes d'organismes telluriques.

Devant les résultats prometteurs de cette première campagne, l'étude se poursuivra en 2006 sur le site de la KSC au Soudan et en laboratoire à Montpellier.

Il reste à étudier l'impact de l'apport de grandes quantités d'écumes sur la qualité des vertisols de la KSC et sur la culture de canne à sucre (rendement, qualité du sucre). De même, les techniques d'application à grande échelle doivent être testées.

Evaluation des productions mondiales de bagasse : potentiel énergétique

P. Langellier
UPR 5 Systèmes canniers
M. Kessari
stagiaire, Centre national d'études agronomiques des régions chaudes, Montpellier, UPR 5

Le projet de recherche européen ULCOS (Ultra Low CO_2 Steelmaking) a pour but de sélectionner les scénarios techniques les plus pertinents pour diminuer d'au moins 50 % les émissions de gaz à effet de serre par la production de l'acier. Le projet ULCOS est financé dans le cadre du sixième Programme-cadre de recherche et de développement (6e PCRDT) de l'Union européenne. Un consortium de 48 partenaires (sidérurgistes, dont Arcelor, fournisseurs de la sidérurgie, producteurs d'électricité et d'énergie, dont EDF et Air Liquide, instituts de recherche privés et publics, dont le CIRAD, universités européennes...) a été constitué pour réaliser ce projet.

La substitution du coke par de la biomasse renouvelable, notamment par des résidus agricoles ou agro-industriels, fait partie des scénarios étudiés. La filière canne à sucre est intéressée puisque, depuis quelques années, des recherches sont entreprises pour trouver d'autres produits de valorisation que le sucre. Dans plusieurs pays, certains coproduits améliorent déjà la rentabilité de la canne : éthanol au Brésil, pulpe en Inde et en Chine, électricité dans beaucoup d'autres régions. De surcroît, l'utilisation de la biomasse de la canne comme source énergétique est de plus en plus évoquée au sein de l'Organisation commune du marché du sucre.

L'étude du CIRAD a porté sur l'évaluation des disponibilités mondiales de bagasse comme combustible dans les hauts fourneaux sous forme de charbon. Toutefois, 80 % de la bagasse sont employés pour fournir l'énergie des usines sucrières et beaucoup de pays sucriers utilisent déjà la totalité de leur bagasse dans la cogénération, la synthèse d'éthanol, la pulpe, etc. L'étude a donc inventorié les productions mondiales de bagasse au delà de ces utilisations.

Malgré une production mondiale élevée, seulement 6 millions de tonnes de bagasse sont mobilisables pour une transformation en 1,3 million de tonnes de charbon. Ce faible potentiel se situe dans des zones de production très dispersées, ce qui engendre des coûts de transport élevés. Cependant, les pays qui valorisent déjà la biomasse totale de canne à sucre peuvent constituer un gros gisement (70 millions de tonnes de biomasse totale au Brésil) mais déjà capté par des secteurs concurrentiels (éthanol, électricité). La récupération d'une partie de ce gisement peut sans doute être envisagée mais devra faire l'objet de négociations financières et de choix politiques. Enfin, pour les pays les moins avancés, la transformation en briquettes de la

bagasse présente un intérêt suffisamment important pour justifier des aides internationales, tant du point de vue de la protection de l'environnement (limitation des émanations de CO_2, réduction de la destruction de la forêt) qu'économique (production de briquettes sur place). En conclusion, compte tenu des faibles volumes de bagasse effectivement récupérables et des difficultés de transport liées à la dispersion des sites de production, la valorisation de la bagasse dans la production de l'acier européen n'est pas réalisable.

Formation à Racin'situ, l'étude des racines au champ

J.-L. Chopart
UPR 5 Systèmes canniers
C. Jourdan
UPR 80 Fonctionnement et pilotage des écosystèmes de plantations

La formation Racin'situ du CIRAD a été organisée en 2004 et en 2005 au Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse (CERAAS) au Sénégal. Deux chercheurs seniors, J.-L. Chopart et C. Jourdan, ont formé une trentaine de participants d'une dizaine de pays, étudiants, chercheurs ou techniciens spécialisés en agronomie ou en écophysiologie, à l'étude des systèmes racinaires des cultures annuelles et pérennes en milieu tropical.

Cette formation propose deux méthodes originales d'analyse des racines au champ. A partir de cas concrets, les participants apprennent les techniques d'acquisition, de saisie et d'analyses des données sur deux logiciels conçus par le CIRAD (Racine® et Rhizodigit®). Des utilisations pour des diagnostics agronomiques sont enseignées (la gestion de l'eau, la fertilisation, la dynamique racinaire et son turnover…).

La session dure cinq jours. Les travaux dirigés sur le terrain (installation du dispositif et acquisition des données) et à l'ordinateur (analyse des données) couvrent deux tiers du temps de formation. Le reste du temps est consacré à la théorie (fonctions des racines, principales méthodes de caractérisation des systèmes racinaires *in situ*) et à l'échange d'expérience entre les participants.

Outre les deux logiciels Racine® et Rhizodigit®, les outils intégrés dans la formation sont les outils conventionnels (prélèvement et mesures de racines), la méthode de la grille (cartographie d'impacts racinaires et calculs de longueur, de distances entre racines et de volume de sol utile à l'alimentation de la culture), les rhizotrons (cartographie sur une vitre, dynamique de croissance et turnover).

La formation Racin'situ va poursuivre ses sessions en région tropicale. La prochaine session se déroule à l'île de La Réunion en 2006.

Projet Rainette, réseau agro-météorologique de Guadeloupe

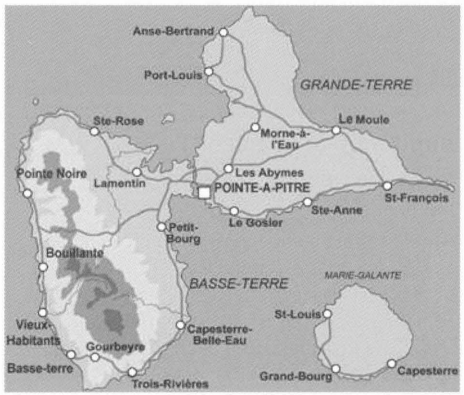
P. Todoroff
UPR 5 Systèmes canniers
J.-B. Laurent
UPR 13 Aide à la décision et biostatistique

Le projet Rainette a été lancé à la fin de l'année 2004 en Guadeloupe. Il est constitué d'un réseau de 32 stations agro-météorologiques automatiques qui alimentent une base de données accessible aux professionnels de l'agriculture sur le site Internet < http://rainette.cirad.fr/index.php >. Ce projet est piloté par le CIRAD, en collaboration avec de nombreux partenaires : l'INRA, la Chambre d'agriculture de Guadeloupe, la Sucrerie de Gardel SA, et les sociétés d'intérêt collectif agricole des filières canne à sucre et banane. Il est financé par le Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (FEOGA) et la Région Guadeloupe.

Le réseau de stations météorologiques couvre l'hétérogénéité climatique des bassins de production agricole de la Guadeloupe. Les stations météorologiques sont interrogeables à distance et alimentent la base de données sur un serveur dédié. L'acquisition des données ainsi que leur contrôle et leur mise à disposition sur le site Internet sont développés par le CIRAD.

Ce projet met enfin à disposition des données météorologiques suffisamment complètes et fiables pour servir de base au développement d'outils d'aide au pilotage de la production. Pour la canne à sucre, il est maintenant possible de développer des applications du modèle Mosicas (modèle de simulation de la croissance de la canne) plus réalistes et plus pertinentes. C'est aussi une aide précieuse pour les activités de conseil des structures d'encadrement des filières agricoles, pour deux raisons :
– il permet de connaître précisément la variabilité des conditions climatiques de croissance d'un bassin de production à l'autre et dans un même bassin ;
– il donne des informations actualisées quasiment en temps réel et au moindre coût, permettant aux acteurs de réagir au plus tôt en fonction des événements météorologiques.

Aujourd'hui le site Internet < http://rainette.cirad.fr/index.php > est très fréquenté et sert de vitrine pour l'établissement de nouveaux partenariats sur la base des technologies développées.



Potentialités d'irrigation dans le nord-est de La Réunion

P. Langellier
UPR 5 Systèmes canniers

L'avenir de filière canne à sucre de La Réunion est aujourd'hui en jeu : à la baisse régulière des surfaces dédiées à la canne s'ajoutent les nouvelles dispositions de l'Organisation commune du marché du sucre (réduction du prix du sucre européen visant à limiter la production). L'intensification de la culture est une réponse à sa sauvegarde. L'irrigation est une technique d'intensification qui pourrait être développée dans de nombreuses zones. C'est pourquoi le Comité de pilotage de la canne à La Réunion a relancé auprès du Conseil général de La Réunion une ancienne initiative pour l'irrigation de la zone de Sainte Marie - Sainte Suzanne, au nord-est de l'île. Dans cette région cannière, considérée comme la plus productive de l'île, les cultures de canne diminuent régulièrement au profit de projets urbains et routiers. L'irrigation de cette zone permettrait, d'une part, d'augmenter la productivité pour compenser la perte de surfaces et, d'autre part, de montrer l'intérêt de l'irrigation dans cette zone où il est considéré à tort que la pluviométrie locale suffit à mener à bien une culture rentable. Le Conseil général de La Réunion a accepté de financer ce projet, et a lancé un appel d'offre remporté par la Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques (SOGREAH). Cette société a fait appel au CIRAD pour étudier les besoins en eau et les potentiels de production de la zone.

Dans le secteur défini pour cette étude, l'irrigation permettrait de garantir un gain moyen de 54 000 t de cannes par rapport à la production actuelle de 231 000 t, à condition d'apporter au moins 15 millions de mètres cubes d'eau par an (quantité calculée pour une année quinquennale sèche). Mais beaucoup de planteurs de canne se déclarent prêts à toute diversification agricole selon l'évolution du marché. Alors que les agriculteurs affichent un réel intérêt pour l'irrigation, ils restent en attente de l'évolution des prix du marché et du coût de l'irrigation, qui dépendra essentiellement du prix du mètre cube d'eau à la borne. La rentabilité de l'irrigation dépend aussi de la position des parcelles. Outre les aspects techniques, il conviendra après enquête socio-économique d'élaborer des scénarios en fonction des surfaces susceptibles d'être effectivement équipées. Actuellement, les études de faisabilité confiées à la SOGREAH sont en cours.

En test à La Réunion, des messages SMS pour la gestion de l'irrigation

M. Mézino
UPR 5 Systèmes canniers
R. Pirot
UPR 5

Actuellement, seuls les techniciens ont accès facilement aux informations d'irrigation, utiles à la fois à l'élaboration des conseils aux agriculteurs et à la prise de décision : cela limite forcément le nombre d'agriculteurs conseillés en temps opportun. Or la majorité d'entre eux ont un téléphone portable : il est dès lors possible d'envisager la transmission d'informations par messages SMS. Le service météorologie du CIRAD Ligne Paradis a donc été équipé d'un modem GSM. Trois systèmes sont actuellement testés avant une mise en place à plus grande échelle.

Le premier test est la mise à disposition des données pluviométriques, à partir de la base de données du réseau météorologique géré par le CIRAD. Après inscription auprès du service météorologie du CIRAD Ligne Paradis, l'utilisateur peut demander les dernières pluies d'un poste météorologique en envoyant le code INSEE de la station (utilisé actuellement par certains techniciens agricoles). S'il ignore le code INSEE des stations proches de l'endroit où il souhaite connaître les dernières pluies, l'utilisateur peut envoyer les coordonnées de ce point. Un programme intégré à la gestion de la base de données météorologique recherche alors les stations les plus proches, effectue une interpolation des données des stations avant d'envoyer le résultat au demandeur.

Le deuxième système est l'envoi automatique des données pluviométriques à certains agriculteurs avec lesquels nous coopérons. Un programme de gestion automatique d'envoi a été élaboré pour qu'ils reçoivent les données de leur exploitation une fois par semaine.

Le troisième système est l'information de la dose d'eau à délivrer sur une parcelle au moment du tour d'eau. Les caractéristiques des parcelles (emplacement, surface, réserve en eau utile…) sont stockées dans une base de données jointe à celle des données météorologiques. L'agriculteur qui appelle est identifié par son numéro de téléphone. Il donne le numéro de la parcelle à irriguer. Un programme calcule le besoin d'irrigation pour la parcelle en fonction des éléments climatiques et renvoie à l'agriculteur la quantité à délivrer. Pour que ce conseil soit efficace, il est indispensable que l'agriculteur se conforme aux recommandations, car elles sont mémorisées pour le conseil suivant. Ce test doit bientôt être évalué en milieu réel.

Formation au machinisme agricole et à l'amélioration foncière

J.-C. Dagallier
UPR 5 Systèmes canniers
J.-L. Mazot
CIRAD

Le CIRAD a une longue expérience en machinisme agricole qu'il valorise par des formations. Pour la filière canne à sucre, des sessions destinées à plusieurs publics professionnels sont régulièrement réalisées à La Réunion, à Maurice, et en Guadeloupe. En Guadeloupe, nous intervenons auprès des adhérents des SICA et des entreprises de travaux agricoles qu'elles encadrent. A La Réunion, nous formons des techniciens au métier d'expert dans le cadre de la procédure européenne pour le financement des améliorations foncières. En Martinique, un projet est en cours de conception et sera opérationnel à la fin de l'année 2006.

Les partenaires de ces actions sont principalement les interprofessions (Centre technique de la canne et du sucre, CTCS ; Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre, CTICS ; Cellule départementale de coordination des travaux) et les grandes exploitations agricoles (propriétés sucrières et rhumières). Pour l'île Maurice, c'est un centre de formation au service des propriétés et de la filière sucre.

→ La Réunion : des maîtres d'œuvre en amélioration foncière

Dans le cadre de la nouvelle procédure européenne de traitement des dossiers de financement des améliorations foncières, mise en place le 1er janvier 2005, nous avons été sollicités pour former des experts maîtres d'œuvre pour la préparation et la gestion de ces chantiers.

Cette procédure implique les exploitations agricoles, les entreprises de travaux agricoles et les experts de la Cellule départementale de coordination des travaux. Ces experts montent les dossiers d'aide au financement de travaux d'aménagements fonciers, suivent les travaux et les réceptionnent en fin de chantier. La phase pilote de la procédure intègre un volet formation de techniciens futurs experts, dont nous avons la charge.

En pratique, les experts vont travailler sur des projets d'installation d'exploitations, des projets d'agrandissement ou de réaménagement du parcellaire d'exploitations existantes. En suivant la formation, les techniciens acquièrent une bonne lecture des terrains, des techniques d'aménagement, une vision des conditions nécessaires à la mécanisation, et la pratique des outils nécessaires à la préparation des dossiers

(cartes, équipements de mesure, GPS, SIG). A l'issue de la session, ils sont capables :
– de conseiller les agriculteurs souhaitant présenter un dossier ;
– d'analyser le futur chantier et de proposer les actions à entreprendre ;
– d'expliquer les dossiers aux entreprises susceptibles de soumissionner ;
– de suivre les travaux, de les juger et de les réceptionner.

La formation dure 10 jours et réunit 12 participants. Vingt-quatre techniciens ont été formés en 2004 et en 2005. Une nouvelle session est d'ores et déjà programmée pour la fin de l'année 2006.

→ Martinique : un projet de formation en machinisme agricole

En Martinique, le CTCS nous a sollicités pour concevoir des sessions de formation en machinisme agricole destinées à la profession agricole (agriculteurs et salariés agricoles, formateurs, cadres d'entreprises, mécaniciens...). Ce projet intègre des pratiques de développement durable à tous les niveaux : l'utilisation et l'entretien « écologiques » du tracteur (économies de carburant, vidange, gestion des effluents, etc.), les consignes de sécurité, la gestion du personnel, le suivi et l'intégration des évolutions technologiques qui pourraient améliorer la compétitivité de la filière canne.

A titre d'exemple, citons les objectifs pédagogiques projetés pour les sessions destinées aux utilisateurs, qui peuvent être des agriculteurs, des salariés de sociétés agricoles ou les chauffeurs et les mécaniciens d'entreprises de travaux :
– savoir utiliser à bon escient les machines agricoles (compréhension et respect des pictogrammes, notice d'utilisation, outils mobilisés, réglages aux champs, autocontrôle des opérations culturales, entretien quotidien, fonctionnement anormal, etc.) ;
– savoir diagnostiquer les exigences agronomiques de la culture pour choisir les techniques et les matériels adaptés ;
– savoir concevoir, mettre en place et utiliser un système efficace de communication écrite entre les mécaniciens (fiches techniques sur le matériel), les chauffeurs (carnet de bord), et les chefs de culture (fiches techniques sur les tâches réalisées et les ressources utilisées) ;
– savoir utiliser et exploiter les systèmes de suivi embarqués.

En 2005, le projet a défini les objectifs pédagogiques liés à chaque public. Les sessions seront lancées en 2006-2007.

Les variétés prometteuses de canne à sucre en Guadeloupe

P. Oriol
UPR 75 Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
V. Virapin
UPR 75
J.-C. Efile
UPR 5 Systèmes canniers
D. Roques
UPR 75

Le dispositif d'amélioration variétale conduit par le CIRAD en Guadeloupe a pour objectif de fournir régulièrement aux producteurs sucriers des nouvelles variétés de canne à sucre, performantes et adaptées aux conditions culturales des zones de production.

Ce dispositif est composé d'une station de création variétale disposant d'une collection de ressources génétiques d'environ 1 500 accessions et bénéficiant d'apports réguliers de génotypes nouveaux d'intérêts agronomiques et génétiques, par le biais du service de la quarantaine du CIRAD à Montpellier. Chaque année, 15 000 seedlings (variétés FR) créés par hybridation sexuée sont traités dans un schéma de sélection composé de 6 stades de sélection et dont la durée est d'environ 15 années. De plus, une cinquantaine de variétés étrangères, introduites chaque année au quatrième stade de sélection, complètent le dispositif. Ces variétés étrangères sont originaires principalement du centre de création variétale de Barbade, la West Indies Central Sugar Cane Breeding Station, avec laquelle un contrat de collaboration scientifique est en cours, ainsi que d'autres centres de création, souvent sous la réserve de conditions spécifiques d'utilisation commerciale.

Les variétés prometteuses sont sélectionnées au terme du cinquième stade de sélection. Les essais sont conduits en Grande-Terre, sur sols vertiques, où la pluviométrie est très aléatoire, et au nord de la Basse-Terre, caractérisée par des sols ferralitiques et une pluviométrie plus abondante. Dans ce dispositif, le bassin de production de Marie-Galante est considéré proche des conditions culturales de la Grande-Terre ; il bénéficie ainsi des variétés sélectionnées dans cette zone. Les essais de sélection sont menés en collaboration avec plusieurs exploitations agricoles dont la SCEA Aiguebel, le Lycée agricole de Convenance en Basse-Terre, Gardel SA, et l'unité expérimentale de l'INRA de Godet en Grande-Terre.

Les variétés prometteuses ainsi obtenues sont des cultivars potentiels dont les caractéristiques agronomiques et les résistances variétales aux bioagresseurs ont été jugées équivalentes ou supérieures à celles des variétés cultivées. Elles sont mises à la disposition des planteurs pour être testées en essais pré-industriels. Ces essais permettent d'observer leur comportement en grandes surfaces et en condition représentative du fonctionnement des exploitations. Cette étape participative est indispensable à l'homologation de ces variétés pour la culture commerciale.

En 2005, 11 nouvelles variétés prometteuses ont été proposées, dont 5 variétés pour Basse-Terre (DB86 84, B88 804, FR94 129, FR94 218, FR94 285), et 6 variétés pour Grande-terre et Marie-Galante (BJ82 119, BT87 220, B89 452, FR95 285, FR95 579, FR96 018) (tableaux 1 et 2). Elles s'ajoutent aux 5 précédentes variétés prometteuses actuellement évaluées en essais pré-industriels participatifs.

Ces variétés ont été présentées aux techniciens de la filière canne-sucre-rhum lors d'une journée de visite de terrain organisée préalablement à la réunion annuelle du Comité d'orientation technique (CORT du 13 décembre 2005) sur le thème de l'amélioration variétale. Les caractéristiques détaillées de ces variétés peuvent être consultées dans le *Catalogue des variétés prometteuses en Guadeloupe* (P. Oriol, V. Virapin, D. Roques, 2005).

Les décisions d'homologation de ces variétés sont prises par les acteurs de la filière en Commission paritaire interprofessionnelle de la canne et du sucre (CPICS) sur la base des résultats obtenus en essais pré-industriels. Cette étape nécessite le renforcement du partenariat professionnel pour permettre de réaliser un choix raisonné et judicieux des variétés à développer. Nous remercions tous les acteurs de la filière canne-sucre-rhum de Guadeloupe qui ont participé à la sélection de ces variétés et dont l'appui permet de diversifier à terme le statut variétal de la sole cannière.

Tableau 1.

Les variétés prometteuses du CIRAD en Guadeloupe pour la zone de Basse-Terre : principales caractéristiques agronomiques par rapport au témoins R570 (+ : supérieure, = : équivalente, - : inférieure, au témoin de la zone considérée).

Variétés	Rendement canne usinable	Teneur en saccharose extractible	Rendement en sucre produit	Adaptation à la récolte mécanique	Remarques
BT83 339	+	=	+	=	Tiges de gros diamètre
DB86 84	=	+	=	=	Tiges de gros diamètre
B88 804	+	-	+	+	Tiges homogènes
B88 1104	=	=	=	+	Croissance vigoureuse
B91 948	=	=	=	+	Sensibilité à l'échaudure
FR94 129	=	+	+	+	Croissance rapide
FR94 218	=	=	=	+	Feuillage vert-jaune
FR94 295	+	=	+	=	Croissance vigoureuse

Tableau 2.

Les variétés prometteuses du CIRAD en Guadeloupe pour la zone Grande-Terre et Marie-Galante : principales caractéristiques agronomiques par rapport au témoin B80 689 (+ : supérieure, = : équivalente, - : inférieure, au témoin de la zone considérée).

Variétés	Rendement canne usinable	Teneur en saccharose extractible	Rendement en sucre produit	Adaptation à la récolte mécanique	Remarques
BJ82 119	=	+	+	=	Paille adhérente
BT87 220	+	+	+	=	Croissance vigoureuse
B89 452	+	=	+	+	Croissance vigoureuse
FR88 196	=	=	=	+	Performante en année sèche
FR89 423	+	=	+	=	Croissance vigoureuse
FR89 746	+	=	+	=	Levée régulière
FR95 285	+	=	+	=	Tallage important
FR95 579	+	+	+	=	Tallage important
FR96 018	+	+	+	+	Sensibilité à l'échaudure

Agrément de la quarantaine canne à sucre du CIRAD à Montpellier

J.-C. Girard
UMR BGPI
P. Rott
UMR BGPI

La quarantaine de canne à sucre du CIRAD à Montpellier a été agréée officiellement, toute introduction de canne à sucre en Europe à des fins de culture étant interdite en raison des risques d'introduction de parasites de quarantaine. Auditée le premier trimestre 2005, la quarantaine a reçu l'agrément pour cinq ans.

→ Une centaine de variétés testées chaque année

La quarantaine de canne à sucre du CIRAD importe chaque année, sous forme de boutures ou de vitroplants, une centaine de variétés de canne à sucre et d'autres genres botaniques apparentés (comme *Miscanthus* et *Erianthus*). L'état sanitaire de ces variétés est contrôlé pour s'assurer qu'elles sont exemptes de maladies graves et de ravageurs. Le cas échéant, elles sont assainies. Ensuite, les variétés assainies sont expédiées dans une quinzaine de pays dans le monde (Afrique, Amérique centrale, Amérique du Sud, Asie et Australie). La quarantaine se déroule en deux étapes principales : une première étape de quarantaine dite « européenne » et une seconde étape de quarantaine dite « internationale ».

→ Etape de quarantaine européenne

La première étape européenne est imposée par la législation européenne en matière d'introduction de végétaux. Son objectif est d'éliminer tout risque d'introduction en Europe d'organismes de quarantaine susceptibles d'être véhiculés par la canne à sucre : trois insectes (*Exomala orientalis, Spodoptera frugiperda* et *Opogona sacchari*) et deux nématodes (*Longidorus* sp. et *Xiphinema americanum*). Dans la pratique, cette étape est réalisée dans une unité de laboratoire NS2 dans laquelle les boutures réceptionnées sont traitées par un traitement insecticide à action ovicide, puis mises à germer pendant 8 à 10 jours pour que tout risque d'éclosion de l'un des insectes incriminés soit écarté. Les nématodes concernés étant strictement inféodés aux racines, ils ne peuvent pas être véhiculés par des boutures ou des vitroplants et ne font donc l'objet d'aucun traitement particulier.

→ Etape de quarantaine internationale

La seconde étape internationale est imposée par les exigences des différents pays où sont expédiées les variétés. Ces pays demandent que les boutures soient indemnes de maladies de la canne à sucre. Les variétés issues de la quarantaine européenne sont plantées en serre pendant deux cycles de culture successifs (9 à 12 mois par cycle). Des traitements chimiques (fongicides, insecticides) ou physiques (thermothérapie) sont appliqués à titre préventif ou curatif. En cas de besoin, pour éliminer certains virus, les variétés sont installées *in vitro* par culture de méristème apical. Au cours du premier cycle, de nombreux tests de détection de maladies sont pratiqués : actuellement ces tests concernent six virus, deux bactéries et deux phytoplasmes. L'objectif principal du second cycle est de multiplier les variétés en quantité suffisante pour les expéditions sous forme de boutures. Dans certains cas, les variétés sont installées *in vitro* après le second cycle pour la fourniture de vitroplants avec le label Quarantaine. A l'issue du second cycle, les variétés sont exportées munies de documents attestant de leur bon état sanitaire.

→ La quarantaine, charnière entre recherche et application

Tout en conduisant des activités de nature très appliquée (transfert de matériel génétique dans des conditions phytosanitaires aussi sûres que possible), la quarantaine de canne à sucre joue un rôle important à la charnière entre recherche et application. Elle valorise des résultats de recherche en appliquant ou en adaptant à ses besoins spécifiques des techniques de diagnostic et de détection de maladies. Réciproquement, elle sollicite la recherche lorsque des maladies nouvelles (ou des variants de maladies déjà connues) apparaissent, de façon à pouvoir les identifier, mettre au point des techniques de détection en routine aussi fiables que possible ainsi que des méthodes de lutte efficaces. Cela a été le cas au cours de ces dix dernières années pour la maladie de la feuille jaune de la canne à sucre *(Sugarcane yellow leaf virus),* la mosaïque *(Sugarcane mosaic virus)* et la mosaïque en tirets *(Sugarcane streak mosaic virus).*

Collaboration en pathologie avec la recherche sucrière chinoise

P. Rott
UMR BGPI

Dans le cadre de l'accord de coopération signé le 19 novembre 2004 entre le Yunnan Academy of Agricultural Sciences (YAAS, Chine) et le CIRAD, une première mission a été effectuée en 2005 pour visiter le YAAS et le Yunnan Sugarcane Research Institute (YSRI) et pour identifier de futures collaborations en pathologie de la canne à sucre.

Depuis 1999, le YSRI a importé 94 variétés FR (produites par le CIRAD en Guadeloupe) et 32 variétés internationales à partir de la quarantaine canne à sucre du CIRAD. Parmi ces variétés, FR93435 et FR93344 sont déjà prometteuses au Yunnan et le YSRI est intéressé par l'importation d'autres variétés FR et par l'échange de variétés avec le CIRAD.

Plusieurs maladies importantes de la canne à sucre existent au Yunnan (charbon, mosaïque...). Afin d'éviter l'introduction de nouveaux parasites ou de nouvelles souches d'agents pathogènes déjà présents, le YSRI utilise les serres de quarantaine du YAAS. La mise en place d'une action de recherche commune sur l'identification et la caractérisation des agents causals de la mosaïque de la canne à sucre dans le Yunnan et dans les autres provinces chinoises productrices de canne à sucre a été proposée.

Facteurs d'ordre physiologique associés à la tolérance à la sécheresse

J. Sambatti
Department of Botany, University of British Columbia, Vancouver
D. Roques
UPR 75 Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
R. Domaingue
UPR 75
L. Toubi
UPR 75
H. Ozier Lafontaine
INRA centre Antilles-Guyane, Unité Agropédoclimatique de la zone caraïbe
M. Dingkuhn
UPR 59 Plasticité phénotypique et performance des cultures

La création et la sélection de nouvelles variétés de canne à sucre tolérantes au stress hydrique sont prioritaires dans le programme de création variétale. L'objectif est de produire des variétés performantes aptes à être cultivées dans les conditions pluviales de la Guadeloupe où les déficits hydriques peuvent être élevés et fréquents. De plus, des variétés tolérantes permettraient une meilleure adéquation entre la disponibilité en eau et la productivité.

Les facteurs de tolérance à la sécheresse ont été peu étudiés chez la canne à sucre. Toutefois, il est connu que l'adaptation au stress hydrique d'une plante ne dépend pas uniquement de facteurs génétiques liés à la plante mais aussi de l'interaction entre ces facteurs et les variables environnementales. Dans ce contexte, le choix des caractères à sélectionner et la stratégie de sélection à adopter est complexe.

→ Un indicateur pertinent : la vitesse d'élongation foliaire

La vitesse d'élongation foliaire (LER) est un indicateur global pertinent parce qu'il est l'aboutissement d'interactions entre différents caractères de la plante et les variations de l'environnement. Chez le maïs, les travaux de Reymond *et al.* (2003, 2004)[7] ont montré que la régression entre le LER et le déficit hydrique de l'air (VPD), ainsi qu'avec le potentiel hydrique du sol, est linéaire et héritable. Ces travaux ont permis d'exprimer la réponse de la plante au stress comme fonction de variables environnementales. Sur cette base, il est possible de prévoir les performances d'un génotype par l'expression du LER pour une valeur donnée de VPD et de potentiel hydrique.

→ Méthodologie : adaptation à partir de travaux sur le maïs

S'appuyant sur ces travaux conduits sur le maïs, deux expérimentations ont été menées en serres contrôlées au CIRAD en Guadeloupe sur des plantes âgées respectivement de 14 et 21 semaines. Trois cultivars ont été élevés en pots arrosés au goutte-à-goutte : ROC 8, réputé tolérant à la sécheresse, B69 566, réputé sensible, et un clone sauvage de *Sacccharum spontaneum*.

7 Reymond M., Muller M., Leonardi A., Chacosset A., Tardieu F., 2003. Combining quantitative trait loci analysis and an eco-physiological model to analyze the genetic variability of the response of maize leaf growth to temperature and water deficit. Plant Physiology 131: 664-675.
Reymond M., Muller B., Tardieu F., 2004. Dealing with the genotype x environment interaction via a modelling approach: a comparison of QTLs of maize leaf length or width with QTLs of model parameters. Journal of Experimental Botany 55: 2461-2472.

Le LER a été calculé selon l'équation suivante :
$dL/dt = LER = (T - T0)(a + bVPD + c\Psi)$ (Reymond *et al.*, 2003)
dans laquelle :
– a est estimé par la mesure du LER durant la nuit sans déficit hygrométrique de l'air et du sol ;
– b est estimé par la mesure du LER durant le jour avec des niveaux variables de température et d'hygrométrie sur des plantes sans stress hydrique ;
– c est estimé par la mesure du LER durant la nuit avec des niveaux variables de déficit hydrique du sol lorsque le VPD est négligeable ;
– T0, température estimée à 12 °C, sur la base d'observations de croissance de la canne en fonction de la température ;
– la température T du méristème, la température de l'air, l'humidité relative de l'air ainsi que l'intensité lumineuse ont été enregistrées toutes les 600 secondes ;
– VPD a été calculé selon la méthode de Reymond *et al.* (2003) ;
– LER a été calculé en fonction des mesures de longueur de feuilles réalisées le matin à 6 h 30 et le soir à 5 h 45 (au lever et au coucher du soleil) ;
– les stress hydriques ont été provoqués en stoppant l'irrigation ;
– le potentiel hydrique du sol Ψ a été évalué à partir de mesures effectuées par sondes TDR.

➔ Effet marqué du potentiel hydrique du sol avant le lever du jour

Comme attendu, les résultats montrent que le déficit hydrique de l'air et le potentiel hydrique du sol avant le lever du jour ont des effets marqués sur le LER (figure 1). Toutefois, le potentiel hydrique du sol influe beaucoup plus sur le LER que le déficit hydrique de l'air. Lorsque le potentiel hydrique est réduit, les plantes diminuent leur LER. En revanche, l'accroissement du déficit hydrique de l'air ne provoque qu'une diminution modérée du LER, similaire pour les trois variétés, contrairement au maïs où des différences marquées ont été observées.

La faible variation du LER par rapport à la variation de déficit hydrique de l'air peut s'expliquer de plusieurs manières. En premier lieu, en condition de faible hygrométrie de l'air, la feuille de canne à sucre s'enroule mais ne se dessèche pas. En second lieu, les méristèmes de la tige de canne sont cachés dans le fouet et très bien protégés de l'environnement extérieur : même quand le déficit hydrique de l'air est élevé, le méristème reste saturé d'eau.

Sur de jeunes plantes, en alimentation hydrique normale, les LER sont différents pour le clone sauvage et les deux autres variétés, alors qu'en condition de stress hydrique, les LER des trois variétés convergent. En revanche, sur des plantes plus âgées, le clone sauvage présente un LER significativement supérieur aux autres clones même avec un stress hydrique prononcé, suggérant que *S. spontaneum* peut

continuer sa croissance avec un déficit d'alimentation en eau, alors que les deux autres cultivars ont stoppé la leur.

A leur point d'arrêt de croissance (– 0,5 MPa), les variétés montrent en revanche des différences physiologiques marquées (jaunissement et dessèchement des feuilles plus important pour B69 566) suggérant que la tolérance au stress hydrique de ROC 8 est lié à sa capacité à conserver son intégrité physiologique et non pas à sa « capacité à croître » sous stress.

En conclusion, un indicateur de sélection pourrait être le potentiel hydrique du sol avant le lever du jour à partir duquel les différents génotypes cessent de croître, comme cela a été observé pour le clone sauvage *S. spontaneum*.

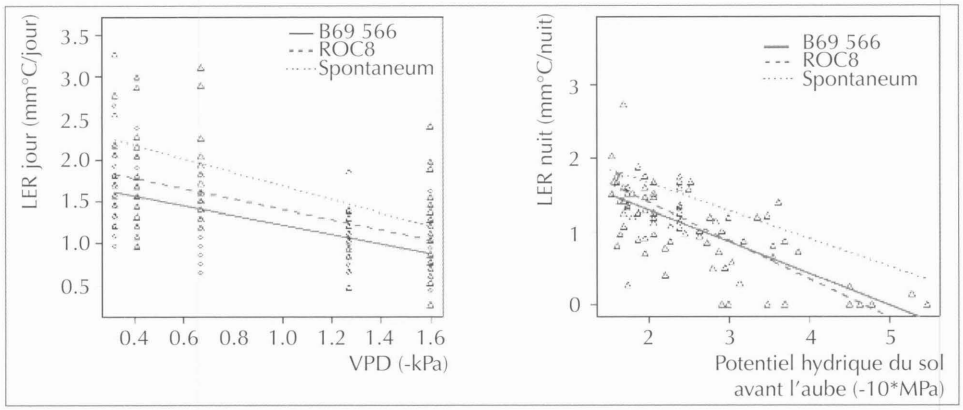


Figure 1. Elongation foliaire (LER en mm.°C/durée de temps) pour les trois clones étudiés (ROC 8, B69 566, clone sauvage) en fonction des variations du déficit hygrométrique de l'air (VPD) et du potentiel hydrique du sol avant l'aube.
(Les droites représentent les régressions linéaires entre LER et VPD, LER et potentiel hydrique pour chacune des variétés.)

→ Perspectives

Pourra-t-on introduire chez le clone commercial ce caractère rustique de « capacité à croître sous déficit hydrique important » sans perdre les caractéristiques agronomiques des variétés commerciales ? Une des solutions serait de créer du matériel génétique spécifique issu de *backcross* entre des hybrides interspécifiques possédant des caractéristiques différentes liées à la tolérance à la sécheresse et un cultivar commercial. Cette stratégie permettrait d'appréhender les effets de chaque caractère sur la performance de la plante sous conditions de stress hydrique. Les études vont se poursuivre, d'une part sur une population élargie comme cité plus haut et, d'autre part, sur les mécanismes présents et leurs variabilités chez les clones sauvages.

Rôle de la silice dans la résistance de la canne au foreur *Eldana saccharina*

R. Goebel
UPR 5 Systèmes canniers
O. L. Kvedaras
post-doctorante au South African Sugar Research Institute, SASRI, Afrique du Sud
M. G. Keeping
entomologiste, SASRI
M. Byrne
professeur à l'université de Witwatersrand, Afrique du Sud

La canne à sucre est l'une des productions agricoles les plus importantes d'Afrique du Sud. Elle est très présente dans les provinces du Kwazulu-Natal et du Mpumalanga. Elle apporte un bénéfice annuel, à travers le marché national et international, de 6,5 milliards de rands (750 millions d'euros). Depuis 1970, le lépidoptère foreur de la canne à sucre *Eldana saccharina* Walker (famille : Pyralidae) occasionne cependant des pertes économiques élevées, évaluées à 60 millions de rands par an (7,5 millions d'euros).

La silice est naturellement abondante dans la couche terrestre. Cependant, dans les bassins canniers d'Afrique du Sud, 60 % des sols sont sableux ou acides et sont déficients en silice disponible pour la plante. A cette déficience s'ajoute parfois un manque d'eau qui tend à accentuer les infestations du foreur. L'effet bénéfique et protecteur de la silice a été montré dans des interactions plante - insecte (Moraes *et al.*, 2004)[8]. La silice jouerait un rôle dans l'activité métabolique de la plante, en particulier en activant les défenses naturelles de la plante contre les bioagresseurs, par exemple contre des attaques d'insectes (Wang, 2005)[9] dont *Eldana saccharina* (Keeping et Meyer, 2002 ; Kvedaras *et al.*, 2005)[10]. De plus, certains auteurs ont montré que l'application de silice peut réduire le stress hydrique en ralentissant l'évapotranspiration des plantes (Gao *et al.*, 2004)[11].

C'est dans ce contexte qu'un projet de collaboration entre le SASRI et le CIRAD a été lancé pour trois ans (2004-2006). Son objectif est l'étude de l'effet combiné de la silice et du stress hydrique sur la résistance des cannes aux attaques d'*E. saccharina*. Les expérimentations ont porté sur deux questions de recherche :
– quel est le mécanisme par lequel la silice engendre la résistance des cannes aux attaques du foreur ?
– la silice engendre-t-elle une résistance plus forte aux attaques du foreur chez les plantes subissant un stress hydrique ?

Des résultats originaux ont été acquis en 2004 sur les sites de pénétration des larves et ces recherches font partie intégrante d'études post-doctorales conduites par O.-L. Kvedaras, entomologiste au SASRI (Kvedaras *et al.*, 2005)[10]. Nous résumons ici les principaux résultats obtenus en 2005.

Prix Kynoch de la SASTA

Ce sujet de recherche a été présenté au congrès de la South African Sugar Technologists' Association (SASTA) en juillet 2006 à Durban (Afrique du Sud) et il a reçu le prix Kynoch de la meilleure contribution.

→ Conduite de l'expérimentation

L'expérimentation a été conduite en dispositif split plot sous serre contrôlée au SASRI à Mount-Edgecombe. Quatre variétés ont été cultivées en pots : N21 et N33 (résistantes au foreur), N11 et N26 (sensibles au foreur). Pour chaque variété, la moitié des pots n'a pas reçu d'apport de silice, et l'autre moitié a reçu 124 g de silicate de calcium ($CaSi0_3$) par pot, soit une teneur en silice de 7,9 % équivalant à un apport de 10 t/ha.

A 8,5 mois, la moitié de l'essai a subi un stress hydrique par la réduction échelonnée d'apport d'eau. A la fin de la période de stress, les plants avaient 4 ou 5 feuilles vertes chacun, alors que les plants non stressés avaient 11 feuilles.

A 12 mois, l'essai a été inoculé avec 150 œufs d'*E. saccharina* par pot. On a laissé ensuite les larves se développer pendant 66 jours (520 degrés-jours, calculés avec une température seuil de 10 °C) avant de récolter les cannes. Sur les échantillons prélevés, les dégâts ont été mesurés par les indicateurs suivants : longueur de la tige, nombre total d'entre-nœuds, dureté de l'entre-nœud du milieu de la tige, nombre d'entre-nœuds minés, longueur totale des dégâts interne et des galeries internes. Le nombre et le poids des larves et des chrysalides survivantes ont aussi été enregistrés comme indicateurs de performance des larves. La teneur en silice dans les plants a été estimée en laboratoire à partir de prélèvement de feuilles.

→ Résultats : la silice renforce la protection de la canne contre le foreur

Avec apport de silice, quels que soient la variété et l'état de stress hydrique, la teneur en silice dans les tiges est quasiment le double de celle des tiges sans apport de silice. Sur les plants « enrichis » en silice, on constate une réduction significative de la performance du foreur et des dégâts. On a même observé, dans le cas des cultivars sensibles et sous stress hydrique, que les dégâts du foreur ont atteint des niveaux très faibles, équivalents à ceux mesurés chez les variétés résistantes, en condition de stress hydrique ou non.

En revanche, l'apport de silice n'a pas modifié la dureté des tiges, quelle que soit la variété. On peut donc émettre l'hypothèse d'un rôle actif de la silice soluble dans l'amélioration du système de défense de la plante face aux attaques de ce foreur, alors que l'on avait avancé jusqu'à maintenant l'hypothèse d'un dépôt solide de silice qui agirait comme barrière physique ou mécanique à la pénétration des larves (Ishiguro, 2001)[12]. Concernant les plants sous stress hydrique, il est possible que le manque d'eau induise des modifications de la concentration et de la structure de la silice dans les tissus de la plante. Ces modifications entraîneraient une efficacité accrue de l'effet barrière à la pénétration des larves, sans que la dureté des tissus soit

8 Moraes J.C., Goussain M.M., Basagli M.A.B., Carvalho G.A., Ecole C.C., Sampaio M.V., 2004. Silicon influence on the tritrophic interaction: Wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). Neotropical Entomology 33: 619-624.

9 Wang M.Q., 2005. Effect of complete silicon fertlizer on rice yield. Acta Agr Shanghai 21: 71-73.

10 Keeping M.G., Meyer J.H., 2002. Calcium silicate enhances resistance of sugarcane to the African stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). Agricultural and Forest Entomology 4: 265-274.

Kvedaras O.L., Keeping M.G., Goebel R., Byrne M., 2005. Effects of silicon on the African stalk borer, Eldana saccharina (Lepidoptera: Pyralidae) in sugarcane. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association. vol. 79: 359-362.

11 Gao X., Zou C., Wang L., Zhang Fusuo, 2004. Silicon improves water use efficiency in maize plants. Journal of Plant Nutrition 27: 1 457-1 470.

12 Ishiguro K., 2001. Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice blast. *In* Le Datnoff , G.H. Snyder and G.H. Korndorfer (Eds), Silicon in Agriculture: Studies in Plant Science, 8: 277-291. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.

modifiée. Une autre possibilité serait l'expression renforcée des défenses naturelles de la plante, qu'elles soient chimiques ou physiologiques. Ces mécanismes de défense restent cependant à élucider.

Sur le plan pratique, ces résultats, même s'ils demandent encore confirmation, sont intéressants pour mieux contrôler le ravageur en plein champ. Par exemple, pour une culture pluviale en région sèche, sur sol déficient en silice, des amendements en silice permettraient d'augmenter la protection des cannes contre les attaques du foreur, y compris dans le cas de cultivars sensibles.

→ Perspectives : étudier la silice dans les tiges

Les prochaines expérimentations ont deux objectifs : d'une part localiser les dépôts de silice dans la tige qui interviennent dans le mécanisme de barrière contre la perforation des larves d'*E. saccharina* et, d'autre part, déterminer la nature de cette barrière (physique, chimique, ou les deux). Si ces dépôts de silice augmentent la résistance au foreur, il est probable qu'ils soient de structure différente entre les cannes traitées à la silice et celles qui ne le sont pas. De telles différences peuvent être caractérisées par des techniques d'analyse standard. La technique Energy-dispersive X-ray microanalysis (EDX) peut être utilisée pour visualiser les dépôts de silice dans les tissus végétaux. Une évaluation préliminaire des plants traités ou non avec de la silice a montré que cet élément est davantage concentré dans les tissus externes que dans les tissus internes de la canne. Des échantillons de tissus internes et externes de canne seront analysés pour déterminer où se situent les concentrations les plus fortes en silice. Pour faciliter l'ensemble de ces études, une collaboration a été mise en œuvre avec le Professeur Mark Laing (université du Kwazulu Natal), qui travaille sur le rôle de la silice dans les interactions plante-agent pathogène.

Exploitation des ressources génétiques pour la résistance de la canne à sucre au foreur ponctué *Chilo sacchariphagus* (Bojer)

S. Nibouche
UMR PVBMT
R. Tibère
UMR PVBMT
C. Lallemand
UMR PVBMT
J. Lambert
stagiaire, Haute Ecole Charleroi-Europe, Bruxelles, UMR PVBMT
C. Picard
stagiaire, Agro.M, UMR PVBMT

Le lépidoptère foreur de tiges *Chilo sacchariphagus*, ou foreur ponctué, est un ravageur majeur de la canne à sucre dans l'océan Indien et en Asie, récemment introduit en Afrique australe. Les niveaux de dégâts contrastés subis par les deux variétés les plus cultivées à La Réunion (la R570 étant moins attaquée que la R579) sont une illustration de la variabilité génétique de la sensibilité de la canne à sucre à *C. sacchariphagus*. Cette résistance génétique est une composante essentielle de la lutte intégrée contre ce ravageur, complémentaire d'autres méthodes telles que la lutte biologique. L'objectif des travaux menés à La Réunion est de fournir aux sélectionneurs des sources de résistance et des méthodes d'évaluation et de criblage des variétés. Les travaux de recherche sont menés dans trois directions :

– l'exploration de la variabilité de la résistance à *C. sacchariphagus* au sein du genre *Saccharum* ;
– l'analyse des mécanismes de résistance ;
– la recherche de marqueurs moléculaires liés à la résistance.

→ Variabilité génétique de la résistance

Mise au point d'une échelle de dégâts foliaires

Les dégâts foliaires causés par les jeunes larves de foreur peuvent désormais être évalués selon une échelle de notation. Les observations sont faites sur les cinq feuilles terminales entières, chaque feuille recevant une note. Cette échelle a été mise au point par analyse de la relation entre la surface totale des lésions foliaires par feuille et le dénombrement de différents types de lésions (trous d'épingle, trous de mitraillette, lésions circulaires, lésions allongées classées par taille). La meilleure relation a été obtenue en dénombrant les lésions allongées de plus de 10 mm de long sur la feuille entière (tableau 1).

Note	Description des dégâts
0	Aucune trace d'attaque sur les 5 feuilles terminales
1	Traces d'attaque
2	1 ou 2 lésions allongées de plus de 10 mm de long
3	3 ou 4 lésions allongées de plus de 10 mm de long
4	5 ou 6 lésions allongées de plus de 10 mm de long
5	7 ou 8 lésions allongées de plus de 10 mm de long
6	9 ou 10 lésions allongées de plus de 10 mm de long
7	11 ou 12 lésions allongées de plus de 10 mm de long
8	13 ou 14 lésions allongées de plus de 10 mm de long
9	≥ 15 lésions allongées de plus de 10 mm de long

Tableau 1.

Echelle de notation des dégâts foliaires occasionnés par le foreur ponctué. Observations faites sur les cinq feuilles terminales entières, chaque feuille recevant une note.

Fiabilité des critères de notation de dégâts

L'objectif a été d'évaluer la fiabilité des méthodes de mesure de la résistance au foreur ponctué et de sélectionner celles dont le rapport coût / fiabilité permet leur utilisation dans un programme de sélection. L'étude a été menée sur trois essais du Centre d'étude, de recherche et de formation de La Réunion (CERF), comparant du matériel élite en fin de sélection. En conclusion, le taux de tiges minées, qui est la variable de dégâts la moins coûteuse à mettre en œuvre, permet de classer les clones aussi bien que toute autre variable plus lourde. En revanche, les notations de dégâts sur feuilles ont une mauvaise corrélation génétique avec les dégâts sur tiges et ne semblent pas pouvoir être utilisées pour faire du criblage variétal. Enfin, il semble exister une corrélation génétique positive entre les niveaux de dégâts sur tiges et la vigueur végétative des clones. Cette relation conduit à observer les niveaux de dégâts les plus élevés sur les variétés les plus productives et implique un traitement statistique adapté pour évaluer sans biais la résistance des clones.

Cette étude méthodologique consacrée aux critères de mesure de la résistance se poursuit sur le dispositif d'essais multilocaux du CERF, dans le but de mieux caractériser la relation entre vigueur végétative et niveau de dégâts.

→ Trois modes d'expression de la résistance

Une sous-population de 35 clones issue de la collection de 456 clones internationaux du CERF à La Réunion a été criblée pour étudier la variabilité de la résistance et de ses mécanismes. Les résultats obtenus montrent que l'amplitude des variations de résistance au sein de cette sous-population est plus importante que celle existant entre les variétés R570 et R579.

La plante semble exprimer sa résistance à trois niveaux :
– au niveau du feuillage ;
– lors du trajet des chenilles des feuilles vers la tige ;
– à l'entrée des chenilles dans la tige.

Le manque de corrélation entre ces trois modes de résistance suggère des contrôles génétiques distincts.

Le premier niveau de résistance se manifeste par des niveaux de dégâts foliaires contrastés. Il pourrait être lié à l'attractivité des clones pour les adultes ou pour les jeunes larves, ou à la mortalité des jeunes larves.

Le deuxième niveau de résistance s'exprime pendant le trajet des chenilles des feuilles vers la tige. Une différence significative est notée entre les cultivars : davantage de chenilles atteignent la tige chez R579 que chez R570. Ce résultat est à rapprocher des résultats obtenus sur le rôle de barrage de la gaine foliaire dans la résistance de R570 (voir le *Rapport annuel Canne à sucre 2004* du CIRAD).

Le troisième niveau de résistance empêche les larves de forer une galerie, lorsqu'elles ont réussi à arriver jusqu'à la surface de la tige. Ce mécanisme est génétiquement corrélé à une réduction de la longueur moyenne des galeries. Cette résistance pourrait être liée à la dureté de la tige, qui est un facteur de résistance aux foreurs de tiges déjà cité dans la littérature.

A partir de 2006, les travaux sur les mécanismes de résistance seront consacrés à la poursuite de l'évaluation de la sous-population au champ et à des bioessais (tests avec ou sans choix en boîtes de Pétri, infestations artificielles en serre) visant à confirmer l'existence de différents niveaux d'expression tissulaire de la résistance (limbe des feuilles, gaine foliaire et tige) et à étudier leur mode d'expression (antibiose, antixénose).

→ Des QTL de résistance identifiés chez R570

Une première recherche de QTL de résistance au foreur a été réalisée dans une population de 148 clones issus de l'autofécondation de R570, génotypée par 1 221 marqueurs AFLP à l'occasion de travaux antérieurs. Le phénotypage a été réalisé sur un essai implanté à La Réunion. Aucune variabilité génotypique significative n'a été observée sur les dégâts foliaires. L'analyse a en revanche permis de détecter une association significative entre les dégâts sur tige (nombre d'entre-nœuds attaqués) et 32 marqueurs. Ces résultats encourageants restent à confirmer par une seconde campagne d'observation en 2006.

Vers l'identification des gènes impliqués dans la pathogénie de *Xanthomonas albilineans*

P. Champoiseau
thèse, université des Antilles et de la Guyane,
UPR 75 Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
J.-H. Daugrois
UPR 75
I. Pieretti
UMR BGPI
M. Royer
UMR BGPI
P. Rott
UMR BGPI

Les travaux sur l'identification des gènes impliqués dans la pathogénie de *Xanthomonas albilineans* font l'objet d'une thèse, dont les précédents *Rapports annuels Canne à sucre* du CIRAD ont déjà résumé certains résultats.

De nombreux gènes impliqués ou potentiellement impliqués dans la pathogénie des bactéries phytopathogènes ont déjà été identifiés. Ces gènes codent pour différents systèmes protéiques de sécrétion, des exopolysaccharides, des facteurs de virulence, des toxines, des enzymes de dégradation de la paroi, des facteurs de mobilité cellulaire et de motilité, ou des facteurs d'adhésion. Contrairement à la plupart des bactéries phytopathogènes, aucun gène *hrp* ou *avr* n'a pu être mis en évidence chez *Xanthomonas albilineans,* l'agent causal de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre. Cependant, cet agent pathogène produit une pathotoxine appelée albicidine qui est responsable des symptômes foliaires de la maladie. Récemment, tous les gènes impliqués dans la biosynthèse de l'albicidine chez la souche Xa23R1, originaire de Floride, ont été clonés et séquencés. La variation de ces gènes de biosynthèse n'a cependant pas pu être corrélée à une variation de pathogénie de *X. albilineans*.

Au cours de notre étude, nous avons essayé d'identifier de nouveaux gènes impliqués dans la pathogénie de *X. albilineans*. Pour cela, nous avons utilisé différentes approches et 19 souches de l'agent pathogène variant dans leur capacité à coloniser la canne à sucre et à produire les symptômes de la maladie. La production d'albicidine *in vitro* a varié en fonction des souches de *X. albilineans,* mais elles avaient toutes le même profil RFLP en utilisant les gènes de biosynthèse de l'albicidine comme sonde. De même, toutes les souches avaient le même profil génétique déterminé par électrophorèse en champ pulsé. En revanche, une variation entre souches a été mise en évidence par AFLP en utilisant 16 combinaisons d'amorces sélectives, après digestion de l'ADN génomique total avec *Sac*I et *Msp*I. Cependant, aucune relation entre cette variabilité génétique et la variabilité du pouvoir pathogène de *X. albilineans* n'a pu être identifiée.

Quarante couples d'amorces ont ensuite été dessinés pour amplifier par PCR 40 gènes impliqués dans la pathogénie d'espèces bactériennes proches de *X. albilineans,* notamment *X. campestris* pv. *campestris*. Seulement trois gènes (*pilB, rpfA* et *xpsE*) ont pu être amplifiés à partir de l'ADN génomique total de neuf souches de l'agent

pathogène variant dans leur capacité à coloniser la canne à sucre et à produire les symptômes de la maladie en Guadeloupe. La séquence nucléotidique de ces gènes était identique chez toutes les souches de *X. albilineans* et l'étude phylogénétique réalisée à l'aide de ces séquences a permis de confirmer l'appartenance de *X. albilineans* au genre *Xanthomonas*. L'absence de produit d'amplification avec 37 couples d'amorces suggère que les gènes impliqués dans la pathogénie de *X. albilineans* diffèrent de façon significative de ceux d'autres agents pathogènes proches. Le séquençage du génome complet de *X. albilineans* est en cours au Génoscope (Centre national de séquençage à Evry) et constitue une étape clé dans le décryptage de la pathogénie de cet agent pathogène de la canne à sucre.

Diversité génétique du *Sugarcane yellow leaf virus*, agent causal de la maladie de la feuille jaune

Y. Abu Ahmad
thèse, université Montpellier II,
UMR BGPI
M. Royer
UMR BGPI
P. Rott
UMR BGPI

Les travaux sur la diversité génétique et la variabilité du pouvoir pathogène du *Sugarcane yellow leaf virus* (SCYLV), l'agent causal de la feuille jaune de la canne à sucre, font l'objet d'une thèse en cours, intitulée *Diversité génétique et variabilité du pouvoir pathogène du* Sugarcane yellow leaf virus, *l'agent causal de la feuille jaune de la canne à sucre*. Les résultats obtenus en 2003 et en 2004 ont été relatés dans les précédents *Rapports annuels Canne à sucre* du CIRAD. En 2005, les travaux ont permis de confirmer l'existence de plusieurs génotypes du SCYLV et d'étudier leur distribution géographique.

Une grande partie du génome de 43 isolats du virus provenant de La Réunion et de 17 isolats de diverses origines dans le monde a été amplifiée par RT-PCR, clonée et séquencée. Les analyses phylogénétiques des séquences ainsi déterminées et de 11 séquences supplémentaires provenant de la banque de données GenBank ont permis de montrer que les isolats du SCYLV sont distribués dans différents groupes phylogénétiques ou constituent des variants génétiques uniques. La majorité des isolats de La Réunion est regroupée dans des groupes phylogénétiques qui ne contiennent aucun isolat des autres origines. Quatre génotypes de SCYLV ont été définis : BRA pour Brésil, CUB pour Cuba, PER pour Pérou, et REU pour La Réunion, ce dernier prédominant à La Réunion. L'explication biologique de l'existence de ces génotypes du SCYLV reste à déterminer.

La distribution géographique des quatre génotypes BRA, CUB, PER, et REU a été étudiée. Des couples d'amorces spécifiques ont été dessinés pour distinguer par RT-PCR ces quatre génotypes. Pour chaque génotype, un fragment unique du génome a été amplifié, excepté pour BRA et PER très proches d'un point de vue phylogénétique et désignés sous le nom de génotype BRA-PER. Ces couples d'amorces ont été utilisés pour identifier par RT-PCR les génotypes de SCYLV dans 18 régions du monde. Pour cela, 245 échantillons de feuilles infectées ont été analysés. Les résultats ont permis de montrer que plusieurs génotypes du virus peuvent coexister dans une même zone de culture ou dans une même plante. En revanche, dans certaines aires géographiques, un seul génotype ou un génotype majeur est présent. Le génotype BRA-PER a été détecté dans les 18 régions géographiques prospectées. Le génotype CUB a été détecté dans quatre régions seulement : Brésil, Colombie, Cuba et Guadeloupe. REU a été détecté uniquement au Brésil, en Guadeloupe, à Maurice et à La Réunion. Les trois génotypes ont été détectés dans des cultivars

créés en Guadeloupe, indiquant des transmissions locales de ces génotypes. En revanche, seuls BRA-PER et CUB étaient présents dans les cultivars créés au Brésil, alors que le génotype REU a été identifié dans des échantillons du cultivar R570 importé de La Réunion. De la même façon, les génotypes BRA-PER et REU sont présents à La Réunion, mais BRA-PER ne s'est pas propagé sur l'île. La présence de plusieurs génotypes de SCYLV au Brésil, en Colombie, en Guadeloupe, à l'île Maurice et à La Réunion suggère deux explications : différentes introductions de virus ont eu lieu ou plusieurs modes d'évolution du virus ont existé après son introduction dans un nouvel environnement.

Identification de régions chromosomiques impliquées dans la résistance au charbon

L.-M. Raboin
UMR PVBMT, URP SCRID Systèmes de culture et rizicultures durables
S. Nibouche
UMR PVBMT
J. Pauquet
UMR PIA
H. Telismart
UMR PVBMT
I. Promi
UMR PVBMT
J.-Y Hoarau
UPR 75 Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
L. Costet
UMR PVBMT
A. D'Hont
UMR PIA

Le charbon de la canne à sucre, présent dans la plupart des zones de culture, est causé par le champignon *Ustilago scitaminea* Syd. La sélection pour la résistance au charbon est efficace mais nécessite des essais lourds et le contrôle génétique de la résistance n'est pas connu. Pour identifier les régions chromosomiques impliquées dans la résistance au charbon, deux stratégies ont été mises en œuvre :
– la cartographie de QTL dans un croisement bi-parental entre un cultivar résistant R570 et un clone extrêmement sensible MQ 76/53 ;
– une étude d'associations dans une population de cultivars évaluée au Burkina Faso pour leur résistance au charbon.

Après avoir construit les cartes génétiques des parents du croisement bi-parental, R570 et MQ 76/53, des essais au champ et en serre, utilisant différentes méthodes d'inoculation, ont permis de caractériser la résistance au charbon des 198 clones de la descendance. Les fréquences des phénotypes observées dans tous ces essais sont très fortement décalées vers la résistance, indiquant la présence de plusieurs facteurs de résistance dominants.

La détection de QTL, à l'aide des 1 666 marqueurs polymorphes disponibles, a permis d'identifier un certain nombre de QTL à effets faibles impliqués dans la résistance. Par ailleurs, dans la population de cultivars (constituée de deux sous-populations, l'une très résistante et l'autre très sensible au charbon), l'étude des associations avec la résistance au charbon a permis de révéler un certain nombre d'haplotypes associés à la résistance. Deux zones du génome impliquées dans la résistance sont communes entre ces deux approches. Bien que les progrès obtenus dans la compréhension du déterminisme génétique de la résistance au charbon restent modestes, le potentiel des études d'associations chez la canne à sucre est apparu intéressant. Cependant, son exploitation optimale nécessitera un changement d'échelle en ce qui concerne le nombre de marqueurs à analyser.

Thèse sur la génétique de la résistance au charbon

Raboin L.-M., 2005. Génétique de la résistance au charbon de la canne à sucre causé par *Ustilago scitaminea* syd. : caractérisation de la diversité génétique du pathogène, cartographie de QTL dans un croisement bi-parental et étude d'associations dans une population de cultivars modernes. Thèse de doctorat en biologie intégrative, Agro.M, Montpellier, France ; CIRAD, UMR PVBMT, Saint-Pierre, La Réunion, France, 119-[10] p.

Cartographie physique de la région comprenant le gène de résistance à la rouille *Bru1*

L. Le Cunff
thèse, université Montpellier II, UMR PIA
O. Garsmeur
UMR PIA
L.-M. Raboin
UMR PVBMT, URP SCRID Systèmes de culture et rizicultures durables
J. Pauquet
UMR PIA
R. Philippe
stagiaire, université Montpellier II, UMR PIA
A. D'Hont
UMR PIA

Un gène majeur de résistance à la rouille brune *(Bru1)* a été identifié chez le cultivar R570. Le clonage positionnel du gène *Bru1* est réalisé dans le cadre d'un projet financé par l'International Consortium for Sugarcane Biotechnology (ICSB).

La réalisation d'une carte physique du locus *Bru1* a été initiée. Le criblage d'une banque BAC du cultivar R570 avait permis d'identifier des BAC appartenant à sept haplotypes différents. Un seul BAC couvrait complètement la région cible pour certains haplotypes hom(é)ologues ; en revanche, seul un BAC appartenait à l'haplotype porteur de *Bru1* et ne couvrait pas la totalité de la région cible.

Une nouvelle banque a donc été construite à partir de quatre descendants issus de l'autofécondation du cultivar R570 et présentant chacun deux copies du gène *Bru1*. Trois nouveaux BAC de l'haplotype cible ne se chevauchant pas ont d'abord été identifiés. Une marche chromosomique a donc été initiée en vue de couvrir complètement la région contenant *Bru1*. Pour cela, les extrémités des BAC ou des sous-clones de BAC de la région cible ont été utilisées pour identifier de nouveaux BAC chevauchants. En final, huit BAC formant trois contigs appartenant à l'haplotype cible ont été identifiés mais deux espaces non couverts demeurent. Parallèlement à la construction de la carte physique, la carte génétique a été affinée dans la région cible avec 13 nouveaux marqueurs dont 12 coségrègent avec *Bru1*. De plus, certaines sondes développées à partir des BAC de l'haplotype cible ne s'hybrident pas sur les BAC appartenant aux haplotypes hom(é)ologues. Ceci montre la présence d'une insertion dans l'haplotype cible qui entraîne une diminution du taux de recombinaison dans la région cible.

Quatre BAC couvrant une partie de l'haplotype cible, six BAC représentatifs des autres haplotypes identifiés, et trois BAC sorgho couvrant la région orthologue sont en cours de séquençage au Génoscope (Centre national de séquençage, Evry).

Thèse sur la génétique de la résistance à la rouille

Le Cunff L., 2005. Contribution au clonage positionnel d'un gène de résistance à la rouille chez un haut polyploïde, la canne à sucre ; exploitation des relations synténiques avec le sorgho et le riz. Thèse de doctorat en biochimie et biologie moléculaire, université Montpellier II, UMR PIA, CIRAD, Montpellier, France, 155 p.

Annexes

© CEDUS

↗ Les équipes impliquées dans les travaux de recherche sur la canne à sucre en 2005

Pour plus de détails sur les unités de recherche, veuillez vous référer à leurs sites Internet (page 72).

Unité* de recherche	Responsable de l'unité	Collectifs canne à sucre
UPR 5	Bernard Siegmund (Pascal Marnotte à partir du 1er janvier 2006)	● La Réunion **Chercheurs :** Eric Bappel (doctorant), Pierre-François Chabalier, Jean-Louis Chopart, Caroline Lejars, Valentine Lebourgeois (VCAT), Jean-François Martiné, Jérôme Masson (VCAT), Roland Pirot, Christophe Poser, Pierre Todoroff **Techniciens :** Catherine Ango (assistante), Jean-Luc Brossier, Dany Deurveilher, Jean-Jo Esther, Lilian Gauvin, Ginot Gauvin, Jean-Maurice Guéno, Emmanuel Horau, Michel Rosaire Jeannette, Lionel Le Mezo, Hugues Lombard, Mickaël Mezino, Bernard Mouny-Latchimy, Raymond Nativel, Alix Rassaby, Aurélien Velle, Grégory Vignay
		● Guadeloupe **Chercheurs :** Jean-Cyril Dagallier, Denis Pouzet, Pierre Todoroff **Techiciens :** Annick Annette, Omer Calvados, Eugène Catan, Jean-Marie Coupan, Jean-Claude Effile, Alain Kandassamy, Nadia Lubin, Elie Nudol, Sylvie Perrot
		● Sénégal **Chercheur :** Daniel Marion
		● Montpellier **Chercheurs :** Marinus Brouwers, Régis Goebel, Pierre Langellier, Pascal Marnotte, Bernard Vercambre **Techniciens :** Alain Carrara, Dominique Héraud (assistante)
UPR 13	Philippe Letourmy	● Montpellier **Chercheurs :** Michel Giner, Sabine Laurent (doctorante), Jean-Baptiste Laurent, Jean Parriaud **Technicienne :** Sandrine Auzoux
UPR 43	Patrick Dugué	● Montpellier **Chercheur :** Pierre-Yves Le Gal
UPR 75	Robert Domaingue	● Guadeloupe **Chercheurs :** Gemma Arnau, Patrice Champoiseau (doctorant), Jean-Heinrich Daugrois, Carine Edon (doctorante), Jean-Yves Hoarau, Philippe Oriol, Danièle Roques **Techniciens :** Rosiane Boisne-Noc, Jean-Louis Calvados, Murette Cadet, Martin Carbel, Sylvère Carmel, Georges Gelabale, Jocelyne Geoffroy, Chantal Giougou, Marie-Claire Gravillon, Antoinette Joseph, Steeve Joseph, Eric Maledon, Solène Mayo, Patricia Navis, Marie-Claire Planchet, Marc Ragouton, Jocelyne Sapotille, Antoinette Tifeau, Lyonel Toubi, Vanessa Virapan

Unité* de recherche	Responsable de l'unité	Collectifs canne à sucre
UPR 78	Hervé Saint Macary	● Montpellier **Chercheurs :** Thabit Elsayed (doctorant), Denis Montange, Robert Oliver
UMR BGPI	Jean-Loup Notteghem	● Montpellier **Chercheurs :** Youssef Abu-Ahmad (doctorant), Jean-Claude Girard, Philippe Rott **Techniciens :** Jean-François Bousquet, Marie-José Darroussat, Emmanuel Fernandez, Rémi Habas, Marc Muller
UMR PIA	Jean-Christophe Glaszmann	● Montpellier **Chercheurs :** Loic Le Cunff (doctorant), Angélique D'Hont, Jérôme Pauquet **Techniciens :** Céline Cardi, Olivier Garsmeur
UMR PVBMT	Bernard Reynaud	● La Réunion **Chercheurs :** Laurent Costet, Samuel Nibouche, Louis-Marie Raboin **Techniciens :** Cedric Lallemand, Magali Payet, Irénée Promi, Hughes Telismart, Richard Tibère
UMR TETIS	Pascal Kosuth	● Montpellier **Chercheurs :** Agnès Bégué, Pascal Degenne, Vianney Houles (post-doctorant)

*** Intitulés et sites Internet des unités propres de recherche (UPR) et des unités mixtes de recherche (UMR) :**

– **UPR 5,** Systèmes canniers
http://www.cirad.fr/ur/systemes_canniers

– **UR 75,** Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative
http://www.cirad.fr/fr/pg_recherche/ur.php?id=42

– **UPR 13,** Aide à la décision et biostatistique
http://www.cirad.fr/ur/biostatistique

– **UPR 43,** Innovations et dynamiques des exploitations agricoles
http://www.cirad.fr/fr/pg_recherche/ur.php?id=28

– **UPR 78,** Risque environnemental lié au recyclage
http://www.cirad.fr/ur/recyclage_risque

– **UMR BGPI,** Biologie et génétique des interactions plantes-parasites pour la protection intégrée, CIRAD, Agro.M, INRA, Montpellier, France
http://umr-bgpi.cirad.fr/

– **UMR PVBMT,** Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, CIRAD, université de La Réunion, La Réunion, France
http://www.univ-reunion.fr/pvbmt/

– **UMR PIA,** Polymorphismes d'intérêt agronomique, CIRAD, Agro.M, INRA, Montpellier, France
http://umr-pia.cirad.fr/

– **UMR TETIS,** Territoires, environnement, télédétection et information spatiale, CIRAD, CEMAGREF, ENGREF, Montpellier, France
http://www.cirad.fr/fr/pg_recherche/ur.php?id=116

↗ Publications

← Articles publiés dans les revues à facteur d'impact

→ Bernard H., Chabalier P.F., Chopart J.L., Legube B., Vauclin M., 2005. Organic compounds in the environment. Assessment of herbicide leaching risk in two tropical soils of Reunion Island (France). *Journal of environmental quality* 34 (2): 534-543.

→ Daugrois J.H., Hoy J.W., Griffin J.L., 2005. Protoporphyrinogen oxidase inhibitor herbicide effects on pythium root rot of sugarcane, *Pythium* species, and the soil microbial community. *Phytopathology* 95 (3): 220-226.

→ D'Hont A., 2005. Unraveling the genome structure of polyploids using FISH and GISH: Examples of sugarcane and banana. *Cytogenetic and genome research* 109 (1-3): 27-33. < Url : http://dx.doi.org/10.1159/000082378 >. International Rice Genome Sequencing Project (auquel a participé D'Hont A.), 2005. The map-based sequence of the rice genome. *Nature* 436: 793-800. < Url : http://dx.doi.org/10.1038/nature03895 >.

→ Reffay N., Jackson P.A., Aitken K.S., Hoarau J.Y., D'Hont A., Besse P., Mc Intyre C.L., 2005. Characterisation of genome regions incorporated from an important wild relative into Australian sugarcane. *Molecular breeding* 15: 367-381. < Url : http://dx.doi.org/10.1007/s11032-004-7981-y >.

→ Vivien E., Megessier S., Pieretti I., Cociancich S., Frutos R., Gabriel D.W., Rott P.C., Royer M., 2005. *Xanthomonas albilineans* HtpG is required for the biosynthesis of the antibiotic and phytotoxin albicidin. *FEMS Microbiology Letters* 251: 81-89.

← Articles publiés dans des revues sans facteur d'impact

→ Goebel R., Way M.J., Gossard C., 2005. The status of *Eldana saccharina* (Lepidotera : Pyralidae) in the south african sugar industry based on regualer survey data. [Cd-Rom]. *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*. Vol. 79: 337-346. Annual Congress of the South African Sugar Technologists' Association (SASTA). 79, 2005-07-19/2005-07-22, Mount Edgecombre, Afrique du Sud.

→ Kvedaras O.L., Keeping M.G., Goebel R., Byrne M.J., 2005. Effects of silicon on the african stalk borer, *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae) in sugarcane. [Cd-Rom]. *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*. Vol. 79: 359-362. Annual Congress of the South African Sugar Technologists' Association (SASTA). 79, 2005-07-19/2005-07-22, Mount Edgecombre, Afrique du Sud.

→ Tabone E., Goebel R. 2005. Un nouveau développement de la lutte biologique contre le foreur de la canne à sucre. *INRA mensuel* 122 : 12-15.

→ Ouvrages

→ Le Bourgeois T., Lebreton G., Marnotte P., Esther J.J., Dijoux L, Jeuffrault E., Maillary L., Samhat P., 2005. Enherbements et herbicides de la canne à sucre à La Réunion. Montpellier, CIRAD, 7 p.

→ Chapitres d'ouvrages

→ D'Hont A., 2005. Unraveling the genome structure of polyploids using FISH and GISH: Examples of sugarcane and banana. In *Plant cytogenetics*. Bâle, Karger, 2005, p. 27-33.

→ Havard M., Pirot R., 2005. Les équipements de transport et de travail animal en zones tropicales. In *Manuel de zootechnie comparée Nord-Sud*. Paris, INRA, 2005, p. 319-330.

→ Communications

→ Abu Ahmad Y., Royer M., Costet L., Daugrois J.H., Lett J.M., Rott P., 2005. Genotypage du sugarcane yellow leaf virus présent en Guadeloupe et à La Réunion : [Résumé]. In *Société française de phytopathologie, VI^e congrès, 23-24-25 février 2005, Toulouse : programme et résumés des communications*. Paris, Société française de phytopathologie, 2005, 1 p.

→ Bappel E., Bégué A., Degenne P., Lebourgeois V., Siegmund B., 2005. Real-time sugarcane harvest monitoring using SPOT 4 and 5 satellite data. In *Proceedings of the XXV ISSCT Congress, 30 January - 4 February 2005, Guatemala / Ed. Hogarth. Guatemala, Atagua, 2005*. ISBN 99922-2-211-5, 4 p.

→ Bappel E., Bégué A., Martiné J.F., Pellegrino A., Siegmund B., 2005. Assimilation of a biophysical parameter estimated by remote sensing using SPOT 4 and 5 data into a sugarcane yield forecasting model. In *Proceedings of the XXV ISSCT Congress, 30 January - 4 February 2005, Guatemala / Ed. Hogarth. Guatemala, Atagua, 2005*. ISBN 99922-2-211-5, 4 p.

→ Barreault G., Tabone E., Goebel R., Berling M., Karimjee H., Caplong P., 2005. Lutte biologique contre le foreur de la canne à sucre à La Réunion : optimisation de la technique pour une utilisation à grande taille. [Cd-Rom]. In *2^e Colloque sur les acariens des cultures (Montpellier, 24-25 octobre 2005) et 7^e Conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture*, 7 p.

→ Champoiseau P., Renier A., Daugrois J.H., Royer M., Rott P., 2005. Identification de marqueurs moléculaires associés à la recrudescence de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre causée par *Xanthomonas albilineans* : [Résumé]. In *Société française de phytopathologie, VI^e congrès, 23-24-25 février 2005, Toulouse : programme et résumés des communications*. Paris, Société française de phytopathologie, p. 30.

→ Chatenet M., Mazarin C., Girard J.C., Fernandez E., Gargani D., Rao G.P., Royer M., Rott P., 2005. Detection of *Sugarcane streak mosaic virus* in surgarcane from several asian countries. In *International Society of Sugar Cane Technologists*

Proceedings of the XXV Congress, 30 January - 4 February 2005, Guatemala / Ed. Hogarth. Guatemala, Atagua, 2005. ISBN 99922-2-211-5, p. 656-663.

→ Daugrois J.H., Champoiseau P., Rott P., 2005. Epiphytic colonisation and infection by *Xanthomonas albilineans* of two sugarcane cultivars differing in resistance to leaf scald disease. In *International Society of Sugar Cane Technologists Proceedings of the XXV Congress, 30 January - 4 February 2005, Guatemala / Ed. Hogarth. Guatemala, Atagua, 2005.* ISBN 99922-2-211-5, p. 678-685.

→ Goebel R., Tabone E., Karimjee H., Caplong P., 2005. Mise au point réussie d'une lutte biologique contre le foreur de la canne à sucre *Chilo sacchariphagus* (Lepidoptera, crambidae), à La Réunion. [Cd-Rom]. In *2e Colloque sur les acariens des cultures (Montpellier, 24-25 octobre 2005) et 7e Conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture, 2005*, 7 p.

→ Lejars C., Le Gal P.Y., Lyne P.W.L., Auzoux S., Siegmund B., 2005. Improved profitability by re-organising mill supply : a decision support approach|un enfoque de apoyo de decisiones. In *International Society of Sugar Cane Technologists Proceedings of the XXV Congress, 30 January - 4 February 2005, Guatemala / Ed. Hogarth. Guatemala, Atagua, 2005.* ISBN 99922-2-211-5. Vol 2: 20-25.

→ Rott P., Comstock J.C., Croft B.J., Kusalwong A., Saumtally A.S., 2005. Advances and challenges in sugarcane pathology: a review of the 2003 pathology workshop|un bilan de l'atelier de travail 2003 en pathologie|una revision del taller de patologia del 2003. In *International Society of Sugar Cane Technologists Proceedings of the XXV Congress, 30 January - 4 February 2005, Guatemala / Ed. Hogarth. Guatemala, Atagua, 2005.* ISBN 99922-2-211-5, p. 607-614.

← Thèses

→ Bappel E., 2005. Apport de la télédétection aérospatiale pour l'aide à la gestion de la sole cannière réunionnaise. Thèse doctorat Traitement du signal et de l'image, Saint-Denis, université de La Réunion, 278 p.

→ Le Cunff L., 2005. Contribution au clonage positionnel d'un gène de résistance à la rouille chez un haut polyploïde, la canne à sucre, exploitation des relations synthétiques avec le sorgho et le riz. Thèse doctorat Biochimie et biologie moléculaire, Montpellier, université Montpellier II, 155 p.

→ Payet N., 2005. Impact des apports de lisier sur un sol cultivé de La Réunion : étude expérimentale et modélisation des flux d'eau et de nitrate dans la zone non saturée. Thèse doctorat Sciences environnementales, université de La Réunion, Saint-Denis, V-236-12 p.

→ Raboin L.M., 2005. Génétique de la résistance au charbon de la canne à sucre causé par *Ustilago scitaminea* syd. : caratérisation de la diversité génétique du pathogène, cartographie de QTL dans un croisement bi-parental et étude d'associations dans une population de cultivars modernes. Thèse doctorat Biologie intégrative, Montpellier, Agro-M, 119-10 p.

→ Mémoires

→ Lambert J., 2005. Utilisation des dégâts foliaires pour évaluer la résistance variétale de la canne à sucre au foreur ponctué *Chilo sacchariphagus* à l'île de La Réunion. Mémoire fin d'étude. Fleurus, Haute Ecole Charleroi Europe, 56 p.

→ Courteau A., 2005. La canne à sucre et l'environnement à La Réunion : revue bibliographique. Rapport de stage de Maîtrise, université de Franche-Comté, Besançon, 53 p.

→ Documents et synthèses

→ Lejars C., 2005. Evaluation des systèmes de paiement de la canne à sucre: impact du mode de paiement sur la qualité des cannes et sur l'organisation des approvisionnements dans quelques industries sélectionnées. Montpellier, CIRAD-CA, 53 p.

→ Kessari M.E., Langellier P., 2005. Evaluation des productions mondiales de bagasse et de résidus de récolte : disponibilités pour le futur, Projet ULCOS. Montpellier, CIRAD-CA, 22-8 p.

→ Langellier P., 2005. Identification des besoins en eau d'irrigation et des potentiels de production de la canne à sucre des terres à vocation agricole pour la zone de Sainte Marie / Sainte Suzanne. Montpellier, CIRAD-CA, 48 p.

→ Marone E., Marion D., 2005. Sélection variétale à Richar Toll de la campagne 1997 - 1998 à la campagne 2003 - 2004. Montpellier, CIRAD-CA, 63 p.

→ Sambatti J., 2005. Water stress tolerance in sugarcane. Décembre 2004 à septembre 2005. CIRAD, Station de Roujol, Guadeloupe, 20 p.

→ Vercambre B., 2005. Etude de la perte de vitalité de *Hoplochelus marginalis* (Fairmaire) (Coléoptère, Melonthinae) : dossier pédagogique. Saint Denis, CIRAD-CA, 20 p.

→ Rapports de mission

→ Chopart J.L., 2005. Amélioration des méthodes d'analyse *in situ* du système racinaire des plantes. Application aux études de fonctionnement du sol et du peuplement végétal : rapport de mission au Brésil du 4 au 13 novembre 2004. Montpellier, CIRAD-CA, 28 p.

→ Chopart J.L., 2005. Encadrement d'étudiants en thèse (Mateus Azevedo) et en Mater (Patricia Laclau et Silvia Rodrigues). Analyse *in situ* du système racinaire de la canne à sucre : rapport de mission au Brésil du 7 au 17 septembre 2005. Montpellier, CIRAD-CA, 14 p.

→ Domaingue R., 2005. Rapport de mission d'expertise, 7 au 16 juillet 2005, Compagnie sucrière Kwilu Ngongo (République démocratique du Congo). Montpellier, CIRAD-FLHOR, 20-7 p.

→ Laurent J.B., 2005. Mission de Jean-Baptiste Laurent en Guadeloupe du 20 avril au 3 mai 2005 : compte rendu de mission. Montpellier, CIRAD, 11 p.

→ Marnotte P., 2005. Rapport de mission en Guadeloupe du 14 au 24 mars 2005. Malherbologie. Expérimentation sur les herbicides et gestion de l'enherbement en

culture de canne à sucre : Programme européen DOCUP 2000-2006. Contrat d'entreprise du CIRAD-CA, 2e et 3e tranches. Montpellier, CIRAD, 29 p.

→ Marnotte P., 2005. Rapport de mission en Guadeloupe du 7 au 23 novembre 2005. Malherbologie. Gestion de l'enherbement en culture de canne à sucre : Programme européen DOCUP 2000-2006. Contrat d'entreprise du CIRAD-CA, 2e et 3e tranches. Programme de travaux. Montpellier, CIRAD, 19 p.

→ Pouzet D., 2005. Rapport de mission à La Réunion du 3 au 25 juin 2005. Montpellier, CIRAD-CA, 13 p.

→ Rott P., 2005. Rapport de mission en pathologie de la canne à sucre au CIRAD Réunion du 6 au 10 décembre 2004. Montpellier, CIRAD, 18 p.

→ Vercambre B., 2005. Rapport de mission à l'île de La Réunion du 8 mars au 22 avril 2005 : suivi du développement de la lutte microbiologique contre *Hoplochelus marginalis* (Col : Melolonthinae) à l'aide de *Beauveria brongniartii* (Deuteromycotina, Hyphomycète). Montpellier, CIRAD, 21 p.

→ Vercambre B., 2005. Suivi du développement de la lutte microbiologique contre *Hoplochelus marginalis* (Col : Melolonthinae) à l'aide de *Beauveria brongniartii* (Deuteromycotina, Hyphomycete) : rapport de mission à l'île de La Réunion du 6 septembre au 7 octobre. Montpellier, CIRAD-CA, 32 p.

← Autres types de rapports

→ Bégué A., Degenne P., Baillarin F., Lemonnier H., Lebourgeois V., Gargaros D., 2005. Projet SUCRETTE (SUivi de la Canne à sucRE par TélédeTEction), compte rendu de fin de recherche. Montpellier, Laboratoire Geotrop, CIRAD, 114 p.

→ Pellegrino A., 2004. Utilisation des données de télédétection pour l'estimation du rendement et de la teneur en sucre chez la canne à sucre en Guadeloupe et à La Réunion. Montpellier, CIRAD-AMIS, 32 p. + annexes.

→ Chopart J.L., Mézino M., Aure F., Le Mezo L., Mete M., 2005. Présentation et mode de fonctionnement d'OSIRI-Run outil de conseil en irrigation adapté à un environnement hétérogène et à des petits agriculteurs. Montpellier, CIRAD-CA, 23 p.

→ Dagallier J.C., 2005. Appui à la mécanisation : Programme européen DOCUP 2000-2006. Contrat d'entreprise du CIRAD-CA 2e tranche, année 2004. Programme de travaux d'appui au développement de la canne à sucre en Guadeloupe. Montpellier, CIRAD-CA, 12 p.

→ Daugrois J.H., Champoiseau P., 2005. Amélioration variétale et production de plants assainis de canne à sucre en Guadeloupe. Maladies de la canne à sucre : programme européen DOCUP 2000-2006. Contrat d'entreprise du CIRAD-CA 2e tranche, année 2004. Programme de travaux d'appui au développement de la canne à sucre en Guadeloupe. Montpellier, CIRAD-CA, 25 p.

→ Daugrois J.H., Vercambre B., Poser C., Caray F., 2005. Rotation canne bananier / canne / bananier : biodiversité et évolution biologique du milieu cultivé : programme européen DOCUP 2000-2006. Contrat d'entreprise du CIRAD-CA

→ 2e tranche, année 2004. Programme de travaux d'appui au développement de la canne à sucre en Guadeloupe. Montpellier, CIRAD-CA, 80 p.

→ Delatte H., Reynaud B., Chiroleu F., Quilici S., Duyck P.F., Rousse P., Chiroleu F., Vercambre B., Le Roux K., Gilles J., 2005. Protection des plantes - Dynamique des populations et comportement des ravageurs et de leurs auxiliaires. *In* Rapport annuel 2004 CIRAD Réunion. Saint-Denis, CIRAD, p. 62-71.

→ Dieye A.M., Marone E., Marion D., 2005. Expérimentation agronomique sélection variétale : rapport annuel 2004-2005. Montpellier, CIRAD-CA, 43 p.

→ Fusillier J.L., Chopart J.L., 2005. An agro-economic approach to assess the water savings feasible in an irrigated perimeter of Reunion island. *In* Water resources and management. Montpellier, Agropolis, 2005, p. 32-33.

→ Fusillier J.L., Chopart J.L. 2005. Une approche agro-économique pour raisonner les économies d'eau réalisables sur un périmètre irrigué à l'île de La Réunion. *In* Ressources en eau et gestion. Montpellier, Agropolis, 2005, p. 32-33.

→ Laurent J.B., Todoroff P., 2005. Repositionnement de la réalisation du projet Mosaïc depuis Montpellier. Montpellier, CIRAD, 6 p.

→ Lejars C., Lebourgeois V., Bégué A., Degenne P., Bappel E., Siegmund B., 2005. Canne à sucre - Amélioration de l'organisation des structures de production et des prises de décisions. *In* Rapport annuel 2004 CIRAD Réunion. Saint-Denis, CIRAD, p. 13-15.

→ Nibouche S., Raboin L.M., Dintinger J., Delatte H., Reynaud B., Dintinger J., Grisoni M., Roux-Cuvelier M., 2005. Protection des plantes - Génétique et caractérisation de la résistance aux bioagresseurs. *In* Rapport annuel 2004 CIRAD Réunion. Saint-Denis, CIRAD, p. 71-75.

→ Oriol P., Roques D., 2005. Amélioration variétale et production de plants assainis de canne à sucre en Guadeloupe. Création et diffusion de variétés de canne à sucre : programme européen DOCUP 2000-2006. Contrat d'entreprise du CIRAD-CA, 2e tranche, année 2004. Programme de travail. Montpellier, CIRAD-CA, 77 p.

→ Poser C. 2005. La canne à sucre à La Réunion : un atout pour l'environnement. Montpellier, CIRAD-CA, 1 affiche.

→ Pouzet D., Poser C., Velle A., Chopart J.L., Pirot R., Martiné J.F., 2005. Canne à sucre- Amélioration de la productivité et de l'environnement de la sole cannière. *In* Rapport annuel 2004 CIRAD Réunion. Saint-Denis, CIRAD, p. 8-12.

→ Saint Macary H., Payet N., Feder F., Doelsch E., Chabalier P., Medoc J.M., Guerrin F., 2005. Agriculture durable, envrironnement et forêt - Risque envionnemental, gestion agricole, recyclage des déchets (Regard). *In* Rapport annuel 2004 CIRAD Réunion. Saint-Denis, CIRAD, p. 47-51.

→ Todoroff P., 2005. Modélisation de la croissance de la canne et outils d'aide à la production : Programme européen DOCUP 2000-2006. Contrat d'entreprise du CIRA-CA, 2e tranche, année 2004. Programme de travaux d'appui au développement de la canne à sucre en Guadeloupe. Montpellier, CIRAD-CA, 7-4 p.

↗ Principales missions effectuées en 2005

→ Brouwers M., 23 octobre au 04 novembre 2005, Afrique du Sud. Visites de terrain et entretiens en vue d'une affectation en tant qu'agro-pédologue auprès du South African Sugarcane Research Institute (SASRI).

→ Brouwers M., 14 au 26 novembre 2005, Argentine. Expertise en agro-épuration des sols pour une unité industrielle agro-alimentaire.

→ Brouwers M., 05 au 18 décembre 2005, Guyane française. Mission d'appui en cartographie des sols et prélèvements pour le maintien et amélioration de la fertilité des sols des polders rizicoles de Mana.

→ Chabalier P.-F., juin 2005, Madagascar. Séminaire canne à sucre, organisé par UBIFRANCE pour l'association CODETEC du 20 au 24 juin 2005 à Antananarivo.

→ Chabalier P.-F., octobre 2005, Madagascar. Journées scientifiques régionales Erosion et gestion conservatoire des eaux et sols, organisées par l'Agence universitaire de la francophonie (AUF) et l'Institut de recherche pour le développement (IRD) du 25 au 27 octobre 2005 à Antananarivo.

→ Chopart J.-L., mai 2005, Thiès (Sénégal). Formation Racin'situ, compte rendu de la 2e session de la formation CIRAD sur les méthodes d'études racinaires *in situ*.

→ Chopart J.-L., septembre 2005, Londrina et Piracicaba (Brésil). Collaboration avec les équipes de chercheurs en agronomie à l'université d'Etat de Londrina et au Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) de Piracicaba : amélioration des méthodes d'analyse *in situ* du système racinaire des plantes. Application aux études de fonctionnement du sol et du peuplement végétal.

→ Dagallier J.-C., février 2005, France métropole. Expertise au Salon international du machinisme agricole (SIMA) à Paris Villepinte.

→ Dagallier J.-C., novembre 2005, La Réunion. Organisation et réalisation de la formation de maîtres d'œuvre Chantiers d'améliorations foncières.

→ Dagallier_J.-C., décembre 2005, La Martinique. Prospection pour des besoins en formation agricole en Martinique.

→ Daugrois J.-H., 17-19 mai 2005, Barbade. Développer des coopérations intra Caraïbes sur les maladies de la canne à sucre.

→ Daugrois J.-H., 11 au 15 juillet 2005, Belize. Participation à l'atelier annuel de travail du réseau d'amélioration variétale de la Caraïbe (West Indies Sugarcane Breeding and Evaluation Network).

→ Deurveilher D., février- mars 2005, France métropole. SIMA Paris Villepinte, veille technologique et contact avec les partenaires.

→ D'Hont A., 26 décembre au 21 février 2005, Antarctique. Cytogénétique moléculaire des poissons Notothenoide.

→ Domaingue R., 27 janvier au 04 février 2005, Guatemala. Participation au 25e Congrès l'International Society of Sugarcane Technologists (ISSCT).

→ Domaingue R., 25 avril au 06 mai 2005, Guadeloupe, Martinique. Mission d'appui auprès des équipes aux Antilles.

→ Domaingue R., 08 au 16 juillet 2005, République Démocratique du Congo. Mission d'expertise « sélection variétale » sur le site de la Compagnie Sucrière du Kwilu Ngongo (CSKN).

→ Girard J.-C., 18 au 27 juin 2005, Angola. Mission d'expertise, diagnostic phytosanitaire des cultures, arbres fruitiers et agroforestiers présents dans les systèmes culturaux de la région de Soyo (Angola), pour Forêt Ressources Management (Mauguio, France).

→ Goebel R., 19 au 24 juin 2005, La Réunion. Participation à l'évaluation de l'UPR Systèmes canniers. Rencontre des partenaires du projet régional SASRI/CIRAD.

→ Goebel R., 07 au 24 juillet 2005. Afrique du Sud. SASRI/CIRAD joint project on the effect of silicon on the stalk borer *Eldana saccharina*. Achievements to date and plan of work and projected outputs for a third year.

→ Goebel R., 14 au 25 novembre 2005, Afrique du Sud et La Réunion. Participation au comité technique canne à sucre, bilan du programme de lutte biologique avec la FDGDON et du projet régional SASRI/CIRAD.

→ Langellier P., 28 mars au 18 avril 2005, La Réunion. Estimations des besoins en eau et des potentiels de production en canne à sucre de la zone de Sainte-Marie Sainte-Suzanne.

→ Lebourgeois V., 31 janvier au 18 février 2005, France métropole. Montpellier, Maison de la Télédétection, Laboratoire Geotrop du CIRAD.

→ Le Gal P.-Y., 28 mars au 06 avril 2005, Afrique du Sud, SASRI. Suivi du projet Sucrerie (nouveaux scénarios à simuler, perspectives).

→ Le Gal P.-Y., 19 au 30 juillet 2005, Afrique du Sud, SASRI. Participation au Congrès SASTA. Synthèse des activités conduites sur le projet Sucrerie depuis l'origine, et analyse des perspectives.

→ Lejars C., 17 au 24 juillet 2005, Afrique du Sud. Participation au congrès de la South African Sugar Technologists' Association (SASTA).

→ Lejars C., 28 janvier au 08 février 2005. 28 janvier au 04 février : participation au congrès de l'ISSCT, Guatemala, puis 07 et 08 février : post-congrès à Miami, Etats-Unis.

→ Marnotte P., 14 au 24 mars 2005, Guadeloupe. UPR 5 Systèmes canniers.

→ Marnotte P., 15 juin au 02 juillet 2005, La Réunion, UPR 5 Systèmes canniers.

Marnotte P., 07 au 23 novembre 2005, Guadeloupe, Martinique, UPR 5 Systèmes canniers.

→ Martiné J.-F., juillet 2005, Maroc. En tant que co-encadrant, appui à la thèse de doctorat de Mohamed Aabad (CTCS et Maroc) sur la validation de Mosicas dans les conditions du Gharb (Maroc).

→ Martiné J.-F., octobre 2005, Brésil. En tant que co-encadrant, appui à la thèse de doctorat de Carlos Suguitani et au Master de Patricia Laclau sur la validation de Mosicas dans les conditions de l'Etat se Sao Paolo (Brésil).

→ Martiné J.-F., octobre 2005, Montpellier, France, CIRAD. Initiation à la plate-forme de simulation Ecotrop afin d'améliorer le modèle Mosicas.

→ Martiné J.-F., décembre 2005, Montpellier, France, CIRAD. Amélioration du modèle Mosicas, acquisition de nouveau formalisme, interpolation des données climatiques.

→ Oriol P., 11 au 15 juillet 2005, Belize. Participation à l'atelier annuel de travail du réseau d'amélioration variétale de la Caraïbe (West Indies Sugarcane Breeding and Evaluation Network).

→ Pirot R., 2005, Rwanda. Mission d'expertise pour le compte du département des Forêts du CIRAD au Rwanda sur financement du Fonds international de développement agricole (FIDA) (agrométéorologie).

→ Pouzet D., 04 au 25 juin 2005, La Réunion. Evaluation de l'Upr 5 Systèmes canniers, programmation, modélisation.

→ Pouzet D., 28 août au 02 septembre, 11 au 15 décembre 2005, Montpellier, France, CIRAD. Rapport d'évaluation de l'Upr 5 Systèmes canniers ; contacts scientifiques.

→ Pouzet D., 16 au 18 novembre 2005, Martinique. Visite et contacts CTCS et Pôle de recherche agronomique de la Martinique (PRAM).

→ Pouzet D., 05 et 09 décembre 2005, Paris. Propositions de collaboration avec la SOMDIAA. Journées AFCAS.

→ Raboin L.-M., octobre 2005, Madagascar. Prise de contact avec l'équipe de l'Urp SCRID en vue d'une future affectation.

→ Rott P., 30 janvier au 04 février 2005, Guatemala. Participation au 25e congrès de l'International Society of Sugarcane Technologists (ISSCT) au Guatemala.

→ Rott P., 23 au 25 février 2005, France. Participation au 6e congrès de la Société française de phytopathologie à Toulouse.

→ Rott P., 20 au 30 mars 2005, Chine. Visite au Yunnan Academy of Agricultural Sciences (YAAS) et au Yunnan Sugarcane Research Institute (YSRI) en Chine.

→ Todoroff P., 08 au 25 novembre 2005, OECS. Expertise d'état des lieux de l'utilisation des SIG et images satellitaires, recenser les besoins pour l'agriculture et l'aménagement du territoire, et proposer des solutions et appuis techniques en SIG et télédétection auprès des six pays de l'Organisation of Eastern Caribbean States Secretariat (OECS : Dominique, Sainte-Lucie, Grenade, Saint-Vincent et les Grenadines, Antigua et Barbuda, Saint-Kitt's et Nevis).

→ Vercambre B, 08 mars au 22 avril 2005, 06 au 16 juillet, et 03 octobre au 30 décembre 2005. La Réunion. Suivi du développement de la lutte microbiologique contre *Hoplochelus marginalis* (Col: Melolonthinae) à l'aide de *Beauveria brongniartii* (Deuteromycotina, Hyphomycete). Projet : université de La Réunion, Fédération départementale des groupements de défense contre les organismes nuisibles aux cultures (FDGDON), CIRAD.

→ Vercambre B., 17 juin au 16 juillet 2005, La Réunion, Madagascar. Prospection vers blancs sur les Hauts Plateaux et le Moyen-Ouest Projet Régional Réunion-Madagascar, convention MCR/2003/1155). Troisième comité d'encadrement de la thèse de R. Randriamanantsoa (chercheur du FOFIFA et Unité de recherche en partenariat du CIRAD Systèmes de culture et rizicultures durables SCRID).

↗ Stagiaires accueillis en 2005

← Agronomie et appui à la filière

→ Aabad Mohamed (c/o J.-F. Martiné, P. Langellier). Calage du modèle Mosicas dans les conditions culturales et climatiques du Maroc (Gharb) Thèse, Office régional de mise en valeur du Gharb (ORMVAG), Maroc. Thèse Agro.M. CIRAD, Montpellier, France.

→ Auzolat Arnaud (c/o P. Langellier). En association avec l'UPR 13 Biostatistique : valorisation par SMS d'une base de données, application au pilotage de l'irrigation. Stage de 3e année d'Institut universitaire professionnalisé (IUP) Génie mathématique et informatique de Montpellier. CIRAD, Montpellier, France.

→ Bappel Eric (c/o A. Begue, B. Siegmund), 1er janvier au 31 décembre 2005. Apport de la géomatique pour le pilotage de la sole cannière à La Réunion. Thèse, université de La Réunion, Saint-Denis. CIRAD, La Réunion, Montpellier, France.

→ Chaouch Mohamed (c/o S. Laurent), en collaboration avec l'UPR13 Biostatistique, 14 février au 1er juillet 2005. Interpolation spatiale des pluies décadaires et des résultats de bilan hydrique sous culture de canne à sucre à La Réunion. DEA, université Montpellier II. CIRAD, Montpellier, France.

→ Courteau Anaïs (c/o C. Poser), 31 janvier au 30 juillet 2005. Etude sur l'impact agro-environnemental de la canne à sucre. Maîtrise, université de Franche-Comté, Besançon. CIRAD, La Réunion.

→ Demene Camille (c/o C. Lejars, V. Lebourgeois), 06 juin au 29 novembre 2005. Télédétection et production cannière, étude des relations entre la richesse en sucre de la canne et l'évolution des indices de végétation issus de l'imagerie satellitaire. DAA, Institut national agronomique Paris-Grignon (INA-PG). CIRAD, La Réunion.

→ Derrien Luigi (c/o E. Doelsch, D. Deurveilher), 31 janvier au 18 mars 2005. Etude du dépaillage de la canne à sucre, BTS GDEA (machinisme agricole) Groupe Agr'equip, La Bouexière. CIRAD, La Réunion.

→ Douard Pascal (c/o P. Todoroff). Evaluation de méthodes d'estimation de l'épaisseur des vertisols de Guadeloupe. Stage de Master 2 de l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse (INSAT). CIRAD, Guadeloupe.

→ Giles Ryan (c/o C. Lejars). Master, université du Kwazulu Natal, SASRI (Afrique du Sud), modélisation des approvisionnements. CIRAD, La Réunion.

→ Kessari Myriam (c/o P. Langellier). Projet ULCOS : évaluation des productions mondiales de bagasse et de résidus de récolte. Disponibilités pour le futur. Stage élève ingénieur du Centre national d'études agronomiques des régions chaudes (CNEARC) de Montpellier. CIRAD, Montpellier, France.

→ Laclau Patricia (c/o J.-F. Martiné, J.-L. Chopart). Calage du modèle de bilan

hydrique et de l'enracinement du modèle de bilan hydrique CERES (inclus dans Mosicas) dans les conditions culturales et climatiques du Brésil (Sao Paolo). Master, Ecole supérieure d'agriculture Luiz de Queiroz (ESALQ), Brésil.

→ Mateus Azevedo (c/o J.-L. Chopart). Thèse à l'université d'Etat de Londrina (UEL) au Brésil : comparaison de méthodes d'études racinaires adaptées à la canne à sucre.

→ Meffre Bénédicte (c/o P. Todoroff). Mise au point et évaluations de méthodes de prévision de rendement de canne à sucre à partir d'un modèle de croissance (Mosicas) et d'imagerie satellitaire. Stage de Master 2 de l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse (INSAT). CIRAD, Guadeloupe.

→ N'Dienor Moussa (c/o P.-F. Chabalier), novembre 2005. Stages à Antananarivo et à La Réunion, en vue de sa thèse INA-PG. CIRAD, Madagascar et La Réunion.

→ Payet Nicolas (c/o J.-L. Chopart). Thèse à l'UPR 78 Recyclage et risques : risques de pollution par les apports d'effluents dans les sols cultivés à La Réunion. CIRAD, La Réunion.

→ Pierre Tony (c/o J.-C. Dagallier). L'impact de l'utilisation d'engins lourds sur les résultats de la filière canne à sucre. Stage de mémoire d'ingénieur ENITA Clermont Ferrand. SAFER, Guadeloupe.

→ Quily Antoine (c/o C. Poser), 11 juillet au 02 septembre 2005. Lycée d'enseignement général et technologique agricole (LEGTA) de Saint-Paul, étude des besoins en eau de la canne à sucre sur la zone du Plate Saint-Leu, détermination sur le terrain de la réserve utile, des profondeurs d'enracinement et utilisation du logiciel de simulation. CIRAD, La Réunion.

→ Randrianantoandro Tahina (c/o P.-F. Chabalier). Participation de P.-F. Chabalier à son comité de thèse le 08 mars 2005 à l'université d'Antananarivo, Madagascar.

→ Ravalingom David (c/o R. Pirot). Stage de BTS.

Rodriguez Silvia (c/o J.-L. Chopart). Master : architecture racinaire de la canne à sucre.

→ Sornom Julien (c/o P.-F. Chabalier), 18 avril au 22 août 2005. Diagnostic nutritionnel de la canne à sucre par mesure photométrique. Stage IUT Auch. CIRAD, La Réunion.

→ Suguitani Carlos (c/o J.-F. Martiné). Calage du modèle Mosicas dans les conditions culturales et climatiques du Brésil (Sao Paolo). Thèse, Centro de Tecnologia Canavieira, Piracicaba, Brésil.

→ Thabit Elsayed (c/o D. Montange, M. Brouwers), 15 mai au 10 novembre 2005, en collaboration avec l'UPR 78 Risque environnemental lié au recyclage. Impact d'un apport d'écumes de sucrerie sur les activités microbiennes du sol sur le rendement et la qualité de la canne à sucre sur les terrains de Kenana Sugar Company (KSC). Thèse, Gezira University, Wad Medani, Soudan. CIRAD, Montpellier.

→ Sambatti Julianno (c/o R. Domaingue, D. Roques) décembre 2004 à septembre 2005. Post-doc écophysiologie, facteurs liés à la résistance à la sécheresse de la canne à sucre. CIRAD Montpellier et Guadeloupe, France.

← Amélioration de la plante

← Protection de la plante

→ Abu Ahmad Youssef (c/o P. Rott), 1er janvier au 31 décembre 2005. Diversité génétique et variabilité du pouvoir pathogène du Sugarcane yellow leaf virus, agent causal de la feuille jaune de la canne à sucre. Thèse, université Montpellier II. CIRAD, Montpellier, France.

→ Champoiseau Patrice (c/o P. Rott), 1er janvier au 31 décembre 2005. Diversité génétique et biodiversité de *Xanthomonas albilineans* en Guadeloupe face à la diversité mondiale de l'agent causal de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre. Thèse, université des Antilles et de la Guyane. CIRAD, Guadeloupe, Montpellier, France.

→ Edon Carinne (c/o J.-H. Daugrois), 1er janvier au 31 décembre 2005. Identification et étude des facteurs limitant les pertes de production de canne à sucre liées au SCYLV aux Antilles française. Thèse université Antilles-Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe. CIRAD, Guadeloupe.

→ El Nour Hamed El Nour (c/o B Vercambre), 08 octobre au 07 décembre 2005. Potentiality of fungal pathogens to control white grub larva. Technicien de la KCS, Soudan. Stage professionnel Egide (Association française pour l'accueil et les échanges internationaux), CIRAD La Réunion.

→ Grandjean Joanny (c/o Régis Goebel et Mike Way), 03 juillet au 28 août 2005. Projet régional SASRI/CIRAD, département d'entomologie. Importance des vers blancs (Scarabaeoidae) dans la région cannière des Midlands (Kwazulu-Natal). Stage de BTS DARC, rapport en anglais, LEGTA de Saint-Paul. CIRAD, La Réunion.

→ Kvedaras Olivia (c/o Régis Goebel et Malcolm Keeping). Projet SASRI/CIRAD, SASRI, département d'entomologie, Afrique du Sud. Post-doc sur le rôle de la silice dans la résistance des variétés de canne au foreur africain *Eldana saccharina*. Mount-Edgecombe, Afrique du Sud.

→ Lambert Julie (c/o S. Nibouche), 21 février au 03 juin 2005. Maîtrise, Haute Ecole Charleroi-Europe, Bruxelles. Mise au point d'une échelle de notation des dégâts du foreur ponctué *Chilo sacchariphagus* sur feuilles de canne à sucre. CIRAD, La Réunion.

→ de Moura Bento Flavia (c/o Régis Goebel), 1er juillet au 15 décembre 2005. Aperçu de la lutte biologique en France et recherches sur la résistance au froid des trichogrammes à l'INRA Antibes (organisée avec l'appui d'E. Tabone). Master, ESALQ, université de Sao Paulo, Brésil. Stage effectué au CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), Campus International de Baillarguet, Montpellier, France.

→ Picard Camille (c/o S. Nibouche), 24 octobre 2005 au 28 février 2006. Caractérisation des mécanismes de résistance de la canne à sucre foreur ponctué *Chilo sacchariphagus,* en travaillant sur les cultivars R570 et R579. DAA Agro.M. CIRAD, La Réunion.

→ Randriamanantsoa Richard (c/o H.-P. Aberlenc, B. Vercambre), 08 septembre au 29 octobre 2005. Mise au point de clés de détermination des vers blancs d'intérêt agricole. Stage professionnel, FOFIFA Madagascar. CIRAD, Montpellier, France.

→ Raynal Philippe (c/o P. Rott). Les maladies des plantes causées par l'intégration de virus dans leur génome. Thèse, université de Montpellier II. CIRAD, Montpellier, France.

→ Sène Louis (c/o J.-C. Girard), 10 au 21 octobre 2005. Détection d'organismes pathogènes de la canne à sucre en quarantaine. Stage professionnel Compagnie sucrière sénégalaise, Sénégal. CIRAD, Montpellier, France.

→ Vivien Eric (c/o P. Rott). Biosynthèse de l'albicidine, un antibiotique et une pathotoxine produits par *Xanthomonas albilineans*. Thèse, université de Montpellier II. CIRAD, Montpellier, France.

→ Connaissance du génome

→ Lecunff Loïc (c/o A. D'Hont), 1er janvier au 1er mai 2005. Clonage positionnel d'un gène de résistance à la rouille chez un cultivar de la canne à sucre. Thèse de doctorat en biologie intégrative soutenue le 30 septembre 2005, université Paris 7 Denis Diderot. CIRAD, Montpellier, France.

→ Manigbas Norvie (c/o A. D'Hont), 12 septembre au 11 décembre 2005. Chercheur à PHILSURIN, Philippines. Cartographie génétique et détection de QTL. Stage professionnel un mois. CIRAD, Montpellier, France.

→ Miranda Karina (c/o A. D'Hont), 02 mai au 31 août 2005. Cartographie génétique de marqueurs de type microsatellites. Université de Campinas, Brésil. Stage professionnel 4 mois. CIRAD, Montpellier, France.

→ Philippe Romain (c/o A. D'Hont), 07 février au 31 août 2005. Clonage positionnel d'un gène résistance à la rouille *(Bru1)* identifié chez le cultivar R570. DESS Unité de formation et de recherche des sciences, université Montpellier II. CIRAD, Montpellier, France.

↗ Chercheurs et visiteurs accueillis en 2005 (non exhaustif)

→ Jacquemin Philippe et Verschoere Nicolas (c/o R. Goebel), directeur agronomique et directeur adjoint du site sucrier de Kivulu Ngongo (groupe belge Finasucre), République démocratique du Congo. 16 septembre 2005. Présentation des activités « canne » du CIRAD et renforcement des liens, en particulier sur les aspects quarantaine, Montpellier, France.

→ Saeed Ibrahim (c/o R. Goebel, M. Brouwers, R. Domaingue), directeur du département recherche de Kenana Sugar Company, Soudan, du 30 septembre au 13 octobre 2005. Revue des activités sur la canne à sucre au CIRAD, projet de contribution à un contrat de collaboration. Montpellier, France.

→ Abaad Mohamed (c/o R. Goebel), agronome du Centre technique des cultures sucrières (CTCS Maroc) et doctorant de l'Upr 5 systèmes canniers (c/o J.F. Martiné), du 12 au 23 décembre 2005. Présentation des activités « canne » CIRAD et CTCS, La Réunion.

→ Snyman Hennie, Derek Niekerk, Webb Brian (c/o C. Poser), directeurs TSB Booker Tate, Afrique du Sud. Présentation des activités liées à la canne au CIRAD pour collaborations éventuelles au travers du groupe Quartier français, le 24 octobre 2005 à La Réunion.

→ Délégation de Tanzanie : Mme A.B. Uronu, Tropical Pesticides Research Institute (TPRI, Tanzanie), M. Juhudi Y. Chambi, Sugarcane Research Institute (SRI, Tanzanie), M. Jean-François Lagesse, TPC Limited, M. Jean Robert Lincoln, Ciel Agro-Industry (c/o C Poser, L. Costet). Présentation des activités du CIRAD, de l'UMR PVBMT, et visite de BETEL REUNION SA à Sainte-Suzanne, 18 et 19 avril 2005.

→ Secrétaires permanents à l'Agriculture de Sainte-Lucie, Saint-Vincent et les Grenadines, Grenade. Directeurs de l'agriculture de la Dominique, Saint-Vincent et les Grenadines, Saint Kitt's. Officier de liaison d'Antigua et Barbuda (c/o P. Todoroff). Au CIRAD en Guadeloupe.

→ Délégation sud-africaine de la Transvaal Sugar Limited (Transvaal Suiker Beperk, TSB) (c/o L. Costet) : présentation des activités et des résultats UMR PVBMT La Réunion, et de la plateforme technique du Pôle 3P Saint-Pierre à La Réunion, le 25 octobre 2005. La Réunion.

→ Rambaranny Lydie, Caisse Malgache de la canne et du sucre de Madagascar (c/o R. Domaingue), au CIRAD à Montpellier, France.

→ Ming Ray et Nagai Chifumi, généticiens sélectionneurs canne à sucre à Hawaï (c/o R. Domaingue) au CIRAD à Montpellier, France.

→ Accueil de missionnaires des sucreries de République Démocratique du Congo à Montpellier (collaboration CIRAD) (c/o R. Domaingue).

→ M. Geng Huai Jian, directeur général de la Yunnan Yinmore Sugar Industry Company (c/o D. Roques, P. Oriol) le 13 septembre 2005 : présentation des activités de recherche canne à sucre en Guadeloupe.

→ Comité de coordination de la Carribean Food Crop Society (CFCS) (c/o D. Roques, P. Oriol) le 25 février 2005 : visite de la station de Roujol en Guadeloupe et présentation des programmes de recherche.

→ Visite des étudiants en BTSA 2e année du Lycée agricole de Baie-Mahault (c/o D. Roques) le 20 avril 2005, station de Roujol, Guadeloupe.

→ M. Mangin (DAF, Guadeloupe) (c/o D. Roques), le 21 avril 2005 : contrôle de l'utilisation des fonds européens, à la station de Roujol, Guadeloupe.

→ M. Hellmann et B. Siegmund (c/o D. Roques), direction du CERF de La Réunion, du 20 au 27 octobre 2005 : discussion sur les collaborations CERF - CIRAD et relations avec la filière canne, à la station de Roujol, Guadeloupe.

→ Délégation de responsables et techniciens de la filière canne de Guadeloupe (c/o D. Roques) le 06 décembre 2005 : visite du dispositif d'amélioration variétale et présentation sur le terrain des variétés prometteuses, à la station de Roujol, Guadeloupe.

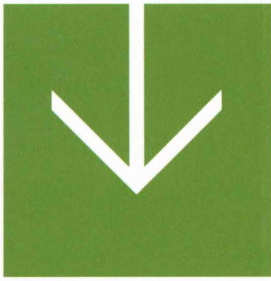
↗Sigles et abréviations

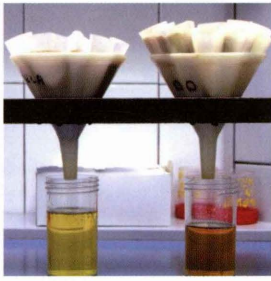
ACP	Analyse en composantes principales
ADNc	ADN complémentaire
AFCAS	Association française de la canne à sucre, France
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism (Polymorphisme de longueur des fragments amplifiés)
AGRIGUA	Association guadeloupéenne de recueil d'informations géographiques d'utilité agricole, Guadeloupe
Agro.M	Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France
AUF	Agence universitaire de la francophonie
BAC	Bacterial Artificial Chromosome
BTS	Brevet de technicien supérieur (France)
CASI	Compact Airborn Spectrographic Imager
CEMAGREF	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement, France
CERAAS	Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse, Sénégal
CERF	Centre d'étude, de recherche et de formation, La Réunion
cM	Centimorgan
CFCS	Carribean Food Crop Society
CNASEA	Centre national pour l'aménagement des structures des exploitations agricoles, France
CNEARC	Centre national d'études agronomiques des régions chaudes, Montpellier, France
CNES	Centre national d'études spatiales, France
CRB	Centre de ressources biologiques
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira, Piracicaba, Brésil
CTCS	Centre technique de la canne et du sucre, Le Lamentin, Martinique
CTICS Guadeloupe	Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre, Guadeloupe, France
CTICS La Réunion	Centre technique interprofessionnel de la canne et du sucre, La Réunion, France
CTSR,	Comité technique de suivi des récoltes
CUMA	Coopérative d'utilisation de matériel agricole en commun

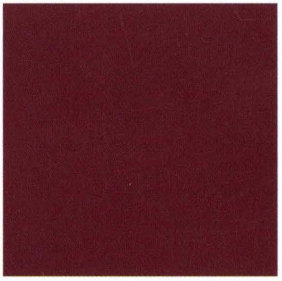
DAF	Direction de l'agriculture et de la forêt, France
DEA	Diplôme d'études approfondies (France)
DESS	Diplôme d'études supérieures spécialisées (France)
DOCUP	Document unique de programmation (France, DOM)
DOM	Département d'outre-mer
EDF	Groupe Electricité de France
ENITA	Ecoles nationales d'ingénieurs des travaux agricoles, France
ERIC	Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus
ESALQ	Ecole supérieure d'agriculture Luiz de Queiroz, Brésil
EST	Expressed Sequence Tag
ETA	Entreprise de travaux agricoles
FDGDON	Fédération départementale des groupements de défense contre les organismes nuisibles aux cultures, France
FEOGA	Fonds européen d'orientation et de garantie agricole
FIDA	Fonds international de développement agricole
FOFIFA	Centre national de la recherche appliquée au développement rural, Madagascar
GPS	Global Positioning System
IC-PRC	Immuno-Capture - Polymerase Chain Reaction
ICSB	International Consortium for Sugarcane Biotechnology
IGN	Institut géographique national, France
INA-PG	Institut national agronomique Paris-Grignon, France
INRA	Institut national de la recherche agronomique, France
INSAT	Institut national des sciences appliquées de Toulouse, France
IRD	Institut de recherche pour le développement, Montpellier, France
ISSCT	International Society of Sugarcane Technologists
IUP	Institut universitaire professionnalisé (France)
IUT	Institut universitaire de technologie (France)
KSC	Kenana Sugar Company, Soudan
LEGTA	Lycée d'enseignement général et technologique agricole (France)
MSIRI	Mauritius Sugar Industry Research Institute, Maurice

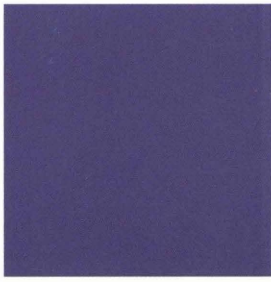
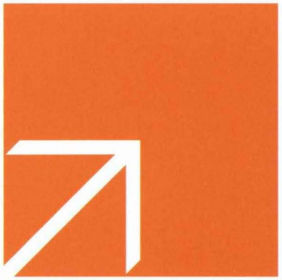
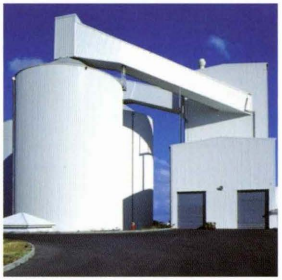
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NRPS	Non Ribosomal Peptide Synthases
OCM sucre	Organisation commune du marché du sucre
OECS	Organisation of Eastern Caribbean States Secretariat
ORMVAG	Office régional de mise en valeur du Gharb, Maroc
PAC	Politique agricole commune (Commission européenne)
PCR	Polymerase Chain Reaction (Réaction en chaîne de la polymérase)
PCRDT	Programme cadre de recherche technologique (Commission européenne)
PCSI	Projet commun des systèmes irrigués, La Réunion
PKS	Polyketide Synthases
PRAM	Pôle de recherche agronomique de la Martinique (CEMAGREF, CIRAD, INRA et IRD)
QTL	Quantitative Trait Loci
REP-PCR	Repetitive Extragenic Palindromes - Polymerase Chain Reaction
RFLP	Restriction Fragment Length Polymorphism (Polymorphisme de longueur des fragments de restriction)
RT-PCR	Reverse Transcription - Polymerase Chain Reaction
SASRI	South African Sugar Research Institute, Afrique du Sud
SASTA	South African Sugar Technologists' Association, Afrique du Sud
SAU	Surface agricole utile
SICA	Société d'intérêt collectif agricole
SICADEG	Société d'intérêt collectif agricole et de développement économique de la Guadeloupe
SIG	Système d'information géographique
SIMA	Salon international du machinisme agricole, Paris Villepinte (tous les 2 ans)
SMS	Short message service
SOGREAH	Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques, France
SOSUCO	Société sucrière de la Comoé, Burkina Faso
SPOT	Satellite pour l'observation de la Terre
SPV	Service de la protection des végétaux, France
SRI	Sugarcane Research Institute, Tanzanie
SSR	Single Sequence Repeat

SUCEST	Sugarcane Expressed Sequence Tag Project (base de données de séquences partielles de gènes de canne à sucre)
SUCRETTE	Projet de suivi de la canne à sucre par télédétection
TBIA	Tissue Blot Immunoassay
TPRI	Tropical Pesticides Research Institute, Tanzanie
UAG	Université Antilles-Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe
UFR	Unité de formation et de recherche (dans les universités françaises)
Projet européen ULCOS	Ultra Low CO_2 Steelmaking
ULM	Ultra Leger Motorise
UMR BGPI	Unité mixte de recherche Biologie et génétique des interactions plantes-parasites pour la protection intégrée, CIRAD, Agro.M, INRA, Montpellier, France
UMR PIA	Unité mixte de recherche Polymorphismes d'intérêt agronomique, CIRAD, Agro.M, INRA, Montpellier, France
UMR PVBMT	Unité mixte de recherche Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical, CIRAD, université de La Réunion, La Réunion
UMR TETIS	Unité mixte de recherche Territoires, environnement, télédétection et information spatiale, CIRAD, CEMAGREF, ENGREF, Montpellier, France
UPR	Unité propre de recherche (CIRAD)
URP SCRID	Unité de recherche en partenariat Systèmes de culture et rizicultures durables, CIRAD, FOFIFA, université d'Antananarivo, Madagascar
VCAT	Volontaire civil à l'aide technique (France)
WICSCBS	West Indies Central Sugar Cane Breeding Station, Barbade
WISBEN	West Indies Sugarcane Breeding and Evaluation Network, Barbade
WIST	West Indies Sugar Technologists
YSRI	Yunnan Sugar Research Institute, Chine







Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement

**Département
des cultures
annuelles**

**Coordination
canne à sucre**

TA 70/09
Avenue Agropolis
34398
Montpellier
Cedex 5
France

Téléphone :
+33 4 67 61 71 69

Télécopie :
+33 4 67 61 59 88

www.cirad.fr