

Le Cirad, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est l'institut français de recherche agronomique au service du développement des pays du Sud et de l'outre-mer français. Il intervient dans l'ensemble des régions tropicales et subtropicales en privilégiant la recherche en partenariat.

Sa mission est de contribuer au développement durable de ces régions par des recherches, des expérimentations, des formations et la diffusion de l'information scientifique et technique. Ses compétences relèvent des sciences du vivant, des sciences humaines et des sciences de l'ingénieur, appliquées à l'agriculture, à l'alimentation, à la gestion des ressources naturelles et aux sociétés.

Le Cirad comprend trois départements de recherche : Systèmes biologiques (Bios), Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux (Persyst), Environnements et sociétés (Es). Il est organisé en cinquante-neuf unités : trente-deux unités propres de recherche (Upr), quatre unités de service (Us), vingt unités mixtes de recherche (Umr) et trois unités de recherche en partenariat (Urp).

Il emploie 1 825 personnes, dont 856 cadres scientifiques. Son budget opérationnel s'élève à 203 millions d'euros.

Avec 175 agents, le Cirad dispose à l'île de la Réunion de sa plus importante force de recherche hors de métropole.

© Cirad, août 2007

Sommaire

Avant propos2	
Le Cirad à la Réunion, les résultats marquants par domaine de recherche :	
Risque environnemental, agriculture et gestion intégrée des ressources	
Récapitulatif des actions de recherche menées en 2006	

Avant propos

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, le Cirad mène à la Réunion des recherches et des expérimentations pour le développement durable de l'île. De cette activité principale découlent des actions de formation, de coopération régionale et des expertises.

En 2006, les acteurs impliqués dans la recherche et le développement rural (Conseil Régional, Conseil Général et Etat), ont établi, pour la période 2007-2013, des priorités stratégiques dans lesquelles s'inscrivent les actions du Cirad :

- La sécurisation et la réorganisation du foncier agricole,
- L'amélioration de la compétitivité de l'agriculture et des industries agroalimentaires,
- La préservation de l'environnement et des ressources naturelles.

Pour mieux répondre à ces demandes, dans le respect du mandat que lui a confié l'Etat, le Cirad à la Réunion, après avoir dressé le bilan de la période 2000-2006, a engagé plusieurs chantiers autour de l'élaboration d'un plan stratégique pour 2007-2013. Ce plan a nécessité la restructuration du dispositif, la programmation des activités jusqu'en 2013, ainsi que la proposition d'une stratégie en matière de coopération régionale.

Pour la période 2000-2006, les équipes de recherche du Cirad à la Réunion comptent à leur actif, outre plusieurs milliers d'heures d'enseignement ou de formation professionnelle, plus de 1 000 publications, 30 thèses, 3 prises de brevet, 2 mises sur le marché de logiciels,... La plupart des résultats acquis au cours de cette période sont directement utilisables par les producteurs ou les structures de développement et d'encadrement agricole.

Pour les six années à venir, les recherches seront menées au sein de trois pôles d'excellence scientifique qui travailleront sur :

- Le risque environnemental, l'agriculture et la gestion intégrée des ressources (REAGIR),
- La protection des plantes, la génomique et la biodiversité (3P),
- La qualité des productions agricoles et alimentaires tropicales (KAPPA).

Le pôle REAGIR a pour vocation d'évaluer les risques environnementaux liés aux activités agricoles, de promouvoir les fonctions environnementales de l'agriculture, d'élaborer des outils d'aide à la décision pour une gestion durable de la culture de la canne à sucre et pour un aménagement maîtrisé du territoire.

Le 3P a pour vocation de prévenir les maladies et ravageurs des cultures, de développer des méthodes alternatives à la lutte chimique, d'appliquer les innovations en génomique à la sélection variétale pour diffuser du matériel végétal adapté aux productions tropicales, d'améliorer la connaissance des interactions entre milieux cultivés et milieux naturels pour le contrôle des espèces envahissantes et le maintien de la biodiversité.

Le pôle KAPPA a pour vocation de proposer tout au long des filières de production et de transformation, « de la fourche à la fourchette », des itinéraires techniques et des processus technologiques, garantissant la traçabilité et la qualité des productions agricoles et des produits alimentaires.

Ce rapport d'activité présente, sous une forme concise, les résultats les plus marquants par grands thèmes abordés par chacun de ces pôles. Tous ces résultats sont le fruit de travaux menés en partenariat. Pour plus de détails, consultez les sites internet mentionnés au fil du texte.

Jean-Pierre Gay, Directeur régional du Cirad à la Réunion

Le Cirad à la Réunion, les résultats marquants par domaine de recherche :



• • •	Risque environnemental, agriculture et gestion intégrée des ressources
••=	Protection des plantes
• • =	Qualité des productions agricoles et alimentaires tropicales

En 2006, dans les domaines de la canne à sucre, du risque environnemental et de la gestion intégrée des ressources, les équipes du Cirad ont élaboré des outils d'aide à la décision pour une agriculture de précision (gestion de l'eau et des cultures, p.4-5), respectueuse de l'environnement (connaissance des sols et du transfert de polluants, p.6-8) et un développement territorial harmonieux (p.10).

Canne à sucre : un modèle pour estimer la consommation optimale en eau d'irrigation

Estimer la juste quantité d'eau pour irriguer une exploitation ou un périmètre, en fonction des contraintes et choix des agriculteurs : tel est l'objectif de FIVE-CoRe. Destiné aux décideurs, scientifiques et ingénieurs, cet outil, mis au point au Cirad, est utile pour analyser les consommations actuelles en eau des agriculteurs et pour dimensionner les ouvrages d'irrigation. Il arrive à point nommé dans le contexte du basculement des eaux d'Est en Ouest.



Pour des raisons économiques et écologiques, l'eau d'irrigation doit être utilisée avec efficience. Mais pour diagnostiquer les sur ou sous-consommations d'une parcelle, d'une exploitation ou encore d'un périmètre irrigué, il faut connaître les consommations optimales en eau d'irrigation, en tenant compte à la fois des besoins des cultures et des contraintes/choix techniques de l'agriculteur. Un nouvel outil informatique, FIVE-CoRe (Farm

Irrigation Volume Estimation according to Constraints and Requirements), est capable de les estimer.

Celui-ci a cinq finalités principales :

- estimer les consommations optimisées en eau d'irrigation;
- évaluer les besoins en eau d'irrigation dans des nouveaux dispositifs;
- analyser l'impact de changements techniques ou climatiques;
- comparer les consommations en irrigation par aspersion et par goutte à goutte;
- déterminer le niveau de précision des variables d'entrée de l'outil.

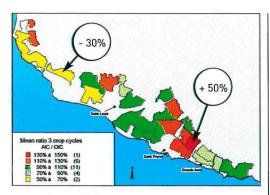
Cet outil a été utilisé pour modéliser les consommations d'eau des planteurs, pendant trois ans dans les périmètres irrigués du sud de la Réunion, représentant une surface cultivée en canne à sucre d'environ 2 500 ha et 500 planteurs. Dans ces périmètres, 22 micro-zones homogènes du point de vue du climat et du sol ont été identifiées. Les consommations réelles

des agriculteurs ont été fournies par la Société d'aménagement de périmètres hydro-agricoles (Saphir) : d'une microzone à l'autre, les volumes moyens varient de 400 à 1 200 mm/an.

Le modèle et ses paramètres d'entrée ont prouvé leur aptitude à estimer les consommations des agriculteurs.

Les cumuls annuels des consommations optimisées sont en effet, en moyenne et pour une majorité d'irrigants, proches des consommations réelles : une majorité d'agriculteurs de la zone étudiée irriguent donc avec des doses proches de l'optimum. Seules deux micro-zones voient les consommations réelles s'écarter nettement de celles modélisées par FIVE-CoRe.

Cet écart peut provenir de pratiques non optimales des agriculteurs ou des paramètres d'entrée du modèle. Dans ces deux zones, la pertinence des paramètres du modèle va donc être vérifiée et l'appui aux irrigants renforcé.



FIVE-CoRe a modélisé les écarts moyens, par zone, entre les consommations réelles en eau d'irrigation et les consommations optimisées, dans les périmètres irrigués du sud de la Réunion.

FIVE-Core a ainsi quantifié les écarts entre les pratiques réelles et optimi-

sées et donc évalué l'efficience de l'irrigation de la canne à sucre au niveau de l'exploitation et, par agrégation, au niveau de zones homogènes du périmètre irrigué. L'outil peut être utilisé à l'échelle d'une parcelle, ou d'un groupe de parcelles avec plusieurs cultures, même autres que la canne à sucre. Il permet d'étudier différents scénarios d'irrigation et d'évaluer, par exemple, l'effet de changements techniques ou climatiques. En culture pluviale, il peut servir à analyser l'intérêt potentiel de l'irrigation et aider à la création de nouveaux périmètres.

● ■ Jean-Louis Chopart, Mickael Mézino, Lionel Le Mézo, Ur Systèmes canniers. Jean-Louis Fusillier, Umr Gestion de l'eau, acteurs et usages. Contact: jean-louis.chopart@cirad.fr

Pour en savoir plus :

Chopart J-L, Fusillier J-L., Le Mézo L., Mézino M., Richefort L., Cornu C. 2006. Variabilité des consommations en eau d'irrigation en culture de canne à sucre dans les périmètres du sud de la Réunion (Bras de la Plaine, Bras de Cilaos). Rôles des facteurs pédo-climatiques et des modes d'irrigation. Doc. scientifique Cirad Réunion 96 p. Chopart J-L, Mézino., Le Mézo L., Fusillier. J-L. 2007. FIVE-CoRe: A simple model for farm irrigation volume estimates according to constraints and requirements.

Application to sugarcane in Réunion (France). Congrès ISSCT Durban Afrique du Sud, 29 juillet - 2 août 2007.

FIVE-CoRe est déposé à l'Agence française de la propriété des programmes (APP). Il est disponible en français (et en anglais) sur www.cirad.fr/reunion.



Nouveau projet de télédétection pour gérer les cultures de canne à sucre

En 2006, un nouveau projet de télédétection appliqué à l'agriculture, AgriDrone, a démarré. La télédétection est une technique qui consiste à mesurer à distance le rayonnement électromagnétique provenant d'un objet afin d'en connaître les caractéristiques. Le Cirad teste cette technique pour gérer les cultures de canne à sucre à deux niveaux d'échelles : la parcelle et le bassin cannier.

A l'échelle du bassin, des images satellitaires d'une résolution spatiale de 2,5 mètres à 10 mètres sont utilisées (images SPOT). Ces images satellitaires, une fois traitées, permettent d'obtenir différentes informations : création et mise à jour du parcellaire, suivi de coupe et de labours, de replantation, mise en évidence d'une hétérogénéité du bassin, prévision de rendement grâce au calcul d'un indice de végétation. Ces produits intéressent en particulier les industriels du sucre et les centres techniques. C'est à l'échelle de la parcelle que le projet AgriDrone intervient. Un drone ou un ULM, embarquant GPS, appareils photo, caméra thermique, capteurs d'humidité et de températures, acquiert des images (dites « aéroportées ») au-dessus des champs de canne, avec une résolution de quelques dizaines de centimètres. Avec ces images, il devient possible de suivre le développement et l'état de la culture tout au long de son cycle ou à des moments clés, de détecter et diagnostiquer des anomalies de croissances dues à des problèmes hydriques, nutritionnels ou phytosanitaires. C'est ainsi qu'un support spatialisé, pour des préconisations ciblées et adaptées (irrigation, fertilisation, protection phytosanitaire) peut être fourni aux services techniques et aux planteurs. Ce projet est associé à une thèse de l'Université de la Réunion (Apports de la télédétection très haute résolution par drone pour l'agriculture de précision : Application à

Contact : valentine.lebourgeois@cirad.fr, Ur Systèmes canniers

la culture de la canne à sucre à la Réunion).





Celles-ci permettent

de suivre l'évolution

© V. Lebourgeois, Cirad

de la culture.

Comportement des nitrates dans les sols et pratiques agricoles respectueuses de l'environnement

Les essais menés durant 5 ans à la station des Colimaçons ont confirmé que certains sols à la Réunion, du fait de leur géologie, avaient la capacité de retenir les nitrates. Connaissant leurs sols, les agriculteurs pourraient ainsi raisonner leur pratique d'épandage d'effluents et d'apports d'engrais.

ne augmentation significative de la teneur en nitrates dans l'eau a été enregistrée durant la dernière décennie à la Réunion. Dans le cas des eaux souterraines, l'origine de ces nitrates est liée à une pollution diffuse, provenant de multiples infiltrations. Les pratiques culturales (épandage d'engrais organiques ou minéraux) sont souvent incriminées, mais ces pollutions sont aussi imputables à des rejets d'eaux usées associées à des assainissements déficients, des installations mal conçues ou des industries.

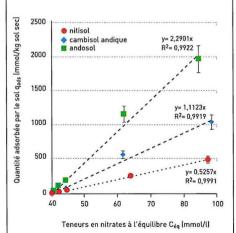
Les travaux menés depuis plusieurs années par le Cirad ont essentiellement visé à mieux connaître les conditions d'apparition des nitrates dans les sols, à comprendre leur comportement dans les solutions qui traversent les horizons cultivés et ainsi à mieux évaluer le risque de les voir lessivés vers le sous sol, où ils sont ensuite amenés à polluer les eaux souterraines.

Plusieurs types d'essais ont été mis en place, dans un premier temps à trois échelles :

- au laboratoire, en conditions statiques, pour définir l'adsorption des nitrates selon les types de sol,
- en colonnes de sol pour quantifier les flux de nitrates en conditions maîtrisées,
- en parcelles expérimentales, pour tenir compte des conditions climatiques réelles et des systèmes de cultures.

Des propriétés très variables pour les sols de la Réunion

Les travaux menés en laboratoire ont montré que certains sols de la Réunion pouvaient retenir les nitrates, propriété inexistante dans la plupart des sols tempérés étudiés. Cette spécificité réunionnaise s'explique par le caractère volcanique du substrat ayant donné les sols et la matière organique particulière qui les compose. Des quantités variables de nitrates sont fixées suivant le type de sols.



Isothermes de rétention des nitrates par trois sols de la Réunion.



Suivi en continu des flux d'eau et de polluants dans les sols de la Réunion.

Ici, le sol que l'on voit est un nitisol, planté en canne à sucre.

Sur cette coupe verticale de sol, plusieurs couches horizontales, appelées "horizons", sont superposées. Le profil de sol est l'ensemble

des horizons d'un sol donné.

Les sondes TDR (blanches) pour Time Domain Reflectometry (refléctométrie dans le domaine temporel) enregistrent le taux d'humidité du sol, donnée indispensable pour décrire et modéliser les flux d'eau et de solutés (nitrates, ETM, pesticides,...) dans les sols. Des thermocouples (en bleu) enregistrent les variations de températures dans le sol. © F. Feder, Cirad

Focus

Petite leçon de science des sols

- alisol (AL): sol présentant un horizon de sub-surface enrichi en argile par des processus pédogénétiques, avec une forte capacité d'échange cationique, un taux de saturation en base supérieur à 50 % et un pH souvent acide.
- andosol (AN): sol jeune développé sur matériaux volcaniques (cendres, tufs, etc.). Les horizons andiques sont caractérisés par l'abondance de minéraux mal cristallisés et/ou de complexes organo-minéraux et une capacité à retenir les anions (phosphates, nitrates, etc.). Ils présentent une densité apparente très faible (< 0,9), des pH souvent acides et variables, un fort taux en matières organiques une capacité de rétention en eau très importante. Présents dans les hauts de l'île.
- cambisol (CM): sol ne présentant pas de caractéristiques particulièrement marqués sinon faiblement (par exemple andique).
- nitisol (NT): sol très ancien et très altéré. Les minéraux résiduels sont les oxydes de fer et d'aluminium d'où la couleur rougeâtre de certains horizons. Ces sols sont massifs, lourds et très riche en argiles. Présents à la Réunion entre 0 et 300 m d'altitude.
- phaeozem (PH): sol riche en matière organique et avec un taux de saturation en base supérieur à 50 %.
- podzol (PZ): sol présentant un horizon superficiel souvent très clair avec parfois une perte total du fer, de l'aluminium et des argiles puis un horizon sub-superficiel d'accumulation par illuviation de minéraux mal cristallisés très réactifs et de complexes organiques avec le fer et l'aluminium. Observable à la Réunion sous forêt (litière acidifiante) et dans les hauts (faibles températures).
- umbrisol (UM): sol épais possédant un horizon de surface de couleur sombre car riche en matière organique, un taux de saturation en base inférieur à 50 %, une structure marquée.
- vertisol (VR) : sol très riche en argiles gonflantes. Se caractérise aussi par des fentes décimétriques lorsqu'il se dessèche et des faces de glissements polies qui se recoupent dans l'horizon.

Les colonnes de sols pour quantifier les flux

Dans les colonnes de sols, il est possible de simuler les mouvements de l'eau et des solutés dans des sols sur lesquels sont apportés des matières organiques ou des engrais. De nombreuses données sont enregistrées en continu et analysées. Elles permettent de mieux comprendre comment les éléments minéraux (dont les nitrates) interagissent avec le sol et l'eau, et ainsi de paramétrer des modèles décrivant les flux d'eau et de solutés. Ces modèles sont ensuite utilisés pour déterminer comment, sur le terrain, vont évoluer les flux de polluants et de solutés. Pour vérifier ces prédictions, il est nécessaire de réaliser ensuite des essais en milieu réel. Les conditions de réalisation des essais « terrain » et les observations les plus importantes à effectuer sont orientées par les résultats obtenus au laboratoire et en colonnes de sol.



Colonnes de sol utilisées pour quantifier les flux d'eau et de polluants.

© F. Feder, Cirad



Nouvelle carte des sols de l'Ouest

Une toposéquence pédologique, passant dans les hauts de Saint-Leu et s'échelonnant de 300 à 2000 mètres d'altitude environ, a été entièrement décrite et caractérisée. Elle a permis de requalifier précisément, selon le référentiel mondial de la FAO (la WRB pour World Reference Base), la typologie des sols dans cette zone et d'entamer la définition d'un secteur de référence pédologique pour la zone ouest de l'île. Dans le haut du versant, les andosols et les podzols sont omniprésents. Sur les parties moyennes et basses du versant, on trouve, dans l'ordre de la clé de la WRB, des phaeozems, des alisols, des umbrisols et des cambisols. En plus de ces six groupes, des vertisols ont été reconnus mais avec une extension très faible. La suite du travail s'oriente maintenant vers une extension de cette cartographie pédologique à tout le flanc ouest du piton des Neiges. Dans le cadre de la problématique des risques de pollution des sols et des nappes, l'objectif est de définir une cartographie complète des propriétés des sols qui influencent le transfert des polluants. L'objectif de ce travail est double : disposer d'une base de données pédologiques complète et cartographier les propriétés des sols qui influencent le transfert des polluants.

Contact : frederic.feder@cirad.fr, Ur Risque environnemental lié au recyclage

Pour en savoir plus :

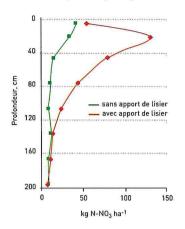
Feder, F., Olivier, R., Alary, K. and Bourgeon, G., 2006. Characterisation Of a Soil Catena on the Western Slope of The Piton Des Neiges Volcano (la Réunion). [Cd-Rom], 18th World Congress of Soil Science. 2006/07/9-15, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Les essais de terrain : l'étape finale indispensable

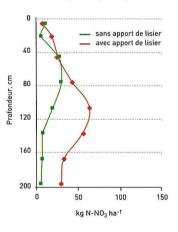
L'essai « terrain » a consisté à appliquer du lisier de porc sur des cultures annuelles, dans un nitisol de mi-pente de l'Ouest de l'île durant cing ans (station des Colimaçons, 800 m d'altitude). Un ensemble de mesures et d'observations ont été enregistrées sous différentes cultures sur le bilan de l'eau et de l'azote. Les résultats confirment qu'il existe dans les sols de la Réunion une capacité de fixation des nitrates. Les nitrates qui se forment après un apport de lisier se déplacent en profondeur ; ils sont transportés par l'eau, mais migrent moins vite qu'elle, en raison de la capacité du sol à les retenir. Pour limiter leur lessivage dans les couches souterraines, il est conseillé d'adapter les pratiques agricoles : en favorisant la présence de racines, qui absorbent les nitrates pour la plante. A l'inverse, une fois la capacité du sol à fixer les nitrates saturée, si aucune plante ne vient absorber les nitrates, l'intégralité des nouveaux apports sera perdu et risque de contribuer à des pollutions diffuses vers l'eau (voir tableau 1).

Evolution des nitrates selon la profondeur dans un sol des Colimaçons.

Profil des nitrates dans le sol 1 mois après un épandage de lisier







Proposer des pratiques agricoles en jouant sur plusieurs facteurs

L'ensemble de ces connaissances commence à être intégré dans des schémas de fonctionnement du cycle de l'azote dans les systèmes de culture. Il devient donc possible de simuler des situations comme un changement de culture, un évènement climatique particulier, ou différentes modalités de fertilisation. Ces simulations aboutissent à des recommandations de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.

• • Frédéric Feder, Hervé Saint Macary, Ur Risque environnemental lié au recyclage. Jean-Louis Chopart, Ur Systèmes canniers.

Contact: herve.saint_macary@cirad.fr

(Pour en savoir plus :

Chopart J.L., Payet N., Saint Macary H., Vauclin, M., 2007. Is maize root growth affected by pig slurry application on a tropical acid soil? *Plant Root* (submitted). Feder F. and Findeling A., 2007. Retention and leaching of nitrate and chloride in an andic soil after pig manure amendment. *European Journal of Soil Science*. Volume 58, Issue 2: 393-404



Tableau 1. Bilan de l'azote nitrique (en kg/ha) calculé à l'échelle d'un cycle cultural.

Le stock important d'azote dans la parcelle ayant reçu du lisier est dû à des apports précédents. La capacité de rétention du sol étant saturée, tout ce qui n'est pas absorbé par la plante est en excédent et susceptible d'être lessivé.

Traitement appliqué	Stock initial dans le sol	Apport par le lisier	Absorption par la plante	Défaut de bilan (lessivage estimé)	Minéralisation (calculée)	Stock final dans le sol
Apport de lisier	430	160	141	164	65	350
Pas d'apport de lisier	213	0	97	5	65	176



Eléments trace métalliques cadmium (Cd), chrome (Cr), mercure(Hg), plomb (Pb), cuivre (Cu), nickel (Ni) et zinc (Zn)

A la Réunion, du fait de leur origine volcanique, les sols sont particulièrement riches en éléments traces métalliques (ETM), notamment en Cr, Cu, Hg, Ni et Zn. Or, la législation française interdit l'épandage agricole des boues d'épuration si la teneur des sols en ETM dépasse les valeurs limites réglementaires. Les différentes études menées au Cirad ont montré que :

- les boues de stations d'épuration de la Réunion sont peu concentrées en ETM;
- les ETM présents dans le sol sont peu mobiles (peu emportés par l'eau) et peu biodisponibles (peu absorbés par les végétaux);
- l'épandage de boues de station d'épuration ne modifie ni la concentration, ni la mobilité des ETM dans le sol.

Les expérimentations se poursuivent pour vérifier qu'un épandage de boues de station d'épuration, bien mené, ne représente de danger ni pour l'environnement, ni pour le consommateur. En effet, la toxicité d'un élément ne dépend pas que de sa concentation. Le chrome, par exemple, est beaucoup plus toxique sous la forme Cr⁶⁺ que sous la forme Cr³⁺.

Il faut donc étudier la présence de chaque forme d'éléments et vérifier que les seuils réglementaires ne sont pas dépassés. Plusieurs cultures maraichères ont été testées après apport de matières organiques (lisier de porc,...). Parmi elles, la laitue absorbe le plus d'ETM, mais leur concentration respecte les limites réglementaires.

Contact : emmanuel.doelsch@cirad.fr Ur Risque environnemental lié au recyclage

♦ Pour en savoir plus :

Doelsch E., Basile-Doelsch I., Rose J., Masion A., Borschneck D., Hazemann J.-L., Saint Macary H., Bottero J.Y. 2006. New combination of EXAFS spectroscopy and density fractionation for the speciation of chromium within and andosol. Environmental Science and Technology, 40 (24): 7602-7608.

Doelsch E., Déroche B., Van de Kerchove V. 2006. Impact of sewage sludge spreading on heavy metal speciation in tropical soils (Reunion, Indian Ocean). *Chemosphere*, 65 (2): 286-293. http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.02.046

Les bilans d'éléments : un outil pour la gestion des matières organiques

Un bilan entre la production d'effluents d'élevage et les besoins des cultures a été réalisé sur le territoire du Petit Tampon - Grand Tampon. Ce bilan montre que la production d'effluents d'élevage n'est pas suffisante pour satisfaire l'ensemble des besoins des cultures présentes dans la zone considérée.

Parallèlement à cette étude, un outil informatique « FertilMO » a été développé. En associant différentes bases de données géoréférencées, il permet de calculer pour une zone, en fonction de différents scénarios de fertilisation :

- la production d'effluents d'élevage
 les besoins des cultures en effluents
- les besoins des cultures en effluents d'élevage

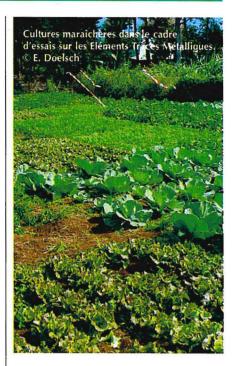
Cet outil pourrait être utilisé pour le conseil en fertilisation raisonnée ou servir d'outil de diagnostic dans le cadre d'expertises dans des zones de production mixtes élevages-cultures.

Contact : jean-michel.medoc@cirad.fr Ur Risque environnemental lié au recyclage

♦ Pour en savoir plus :

Médoc J.-M., Raimbault T., Ayache B., 2006. Assessment of the balance between livestock effluent production and nutrient demand by crops in a small agricultural area of the Reunion Island. 12th RAMIRAN International Conference on Technology for recycling of manure and organic residues in a whole-farm perspective. Aarhus, Danemark, 9-11 septembre 2006. DIAS, Tjele, Danemark, DIAS Report 122-123, p. 65-67.2006





Simulation de l'action dans les systèmes de production

Dans les systèmes de production agricoles que le Cirad étudie, deux types de flux sont en interaction : les flux « agissables » (principalement déterminés par l'activité humaine) et les flux « biophysiques » (principalement déterminés par des causes naturelles). La question de la représentation explicite de l'action humaine est donc incontournable. Un cadre de modélisation à vocation générique a été développé en 2005/2006. Il permet de représenter l'action comme un processus dynamique contrôlé par des événements résultant de différents processus.

Contact : francois.guerrin@cirad.fr Ur Risque environnemental lié au recyclage

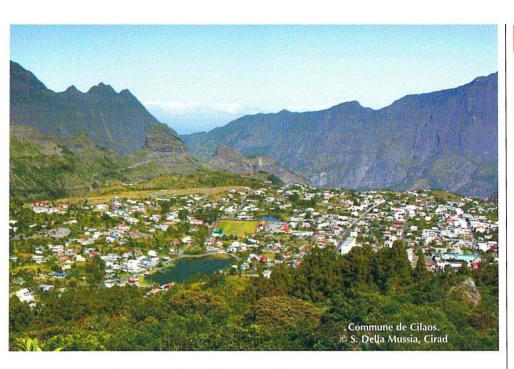
Pour en savoir plus :

Aubry C., Paillat J.-M., Guerrin F., 2006. A conceptual model of animal wastes management at the farm scale. The case of the Reunion Island. Agricultural Systems, 88: 294-315.

Guerrin F., 2005. Simulation of Action in Production Systems. Modsim 2005, Int. Congress on Modelling and Simulation, 12-15 December 2005, Melbourne, Australia.

Des outils d'aide à la décision pour le développement territorial des communes

Les communes ont un rôle croissant à jouer dans le développement territorial. Pour renforcer leurs capacités à exercer leurs prérogatives en la matière, le Cirad leur fournit des outils d'aide à la planification, à la gestion, et au suivi-évaluation des politiques d'aménagement. Trois exemples illustrent cette action : le projet Mediac (2003-2006), les chartes agricoles et le projet Sécurisation Foncière et Aménagement du Territoire.



Médiation foncière citoyenne

Pour que les politiques d'aménagement puissent être jugées légitimes par leurs destinataires, il est nécessaire de définir des cadres d'interactions entre les différents intervenants. La médiation citoyenne, visant à relier habitants et administrations, en est un. Cette démarche a été appliquée dans le domaine de la sécurisation des droits fonciers, de 2003 à 2006 à Ilet à Cordes, dans le cadre du projet Mediac.

Le Commissariat à l'Aménagement des Hauts et l'Association de Promotion Rurale, principaux partenaires avec la mairie de Cilaos, ont porté un intérêt tout particulier aux méthodes et outils (Association Foncière Agricole, système d'information Système de Gestion de Bases de Données & Systèmes d'Information Géographique, et jeu de rôles) déployés dans le cadre de ce projet. Un jeu de rôles a par exemple été utilisé pour accompagner les acteurs d'Ilet à Cordes dans la réhabilitation de leur système irrigué. Grâce à cette action, la Mairie de Cilaos a pu initier avec ses administrés, la Saphir et les services de conseil agricole un projet commun visant une meilleure gestion de l'eau.

√ Focus

Aménagement du territoire et problématique de recherche

En matière d'aménagement du territoire, la décentralisation et l'essor des politiques communautaires a, dès le milieu des années 1990, obligé l'Etat à repenser ses modes de régulation en privilégiant une négociation totalement institutionnalisée et des moyens d'intervention comme le contrat. Les politiques contractuelles reposent sur une logique de partenariat mobilisant les nombreux acteurs du développement territorial. Cela implique que les objectifs poursuivis par les politiques publiques soient partagés et jugés légitimes par leurs destinataires. Cette approche transversale nécessite de nouvelles formes d'apprentissage de la part des acteurs, et repose sur l'élaboration de cadres d'interaction pour construire les problèmes et interpréter les actions entreprises.

A la Réunion, la rareté des espaces disponibles et l'importante croissance démographique rendent difficile les arbitrages. La bonne articulation entre politique d'aménagement régionale et communale est un enjeu clé pour l'île.

La recherche conduite au Cirad sur la prospective des territoires de l'océan Indien questionne les modèles de développement, notamment sur le rôle et la place de l'agriculture, et précise les moyens d'une gestion intégrée des territoires et des ressources. Il s'agit d'instruire et d'institutionnaliser les relations entre agriculture durable, urbanisation croissante, et conservation du milieu naturel pour un développement territorial harmonieux et maîtrisé.

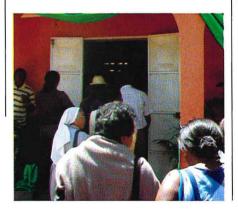
Dispositif de suivi et de pilotage des chartes agricoles

Les Chartes de développement agricole communales ont pour objectif de mieux intégrer les activités agricoles dans le projet de territoire de chaque commune. En partenariat avec le Pôle de Développement Territorial de la Chambre d'Agriculture, le Cirad intervient sur les outils de suivi-évaluation de ces chartes. Un dispositif de pilotage du programme d'actions de la charte communale de St Joseph a ainsi été mis en place. Le Cirad a élaboré une démarche pour organiser et structurer ce programme afin d'en faciliter le suivi et le pilotage (fiche indicateurs, modèle d'échange de données, ...) et a réalisé un outil informatique pratique de suivi : OSCAR (Outil de Suivi des Chartes Agricoles de la Réunion). OSCAR servira de support d'animation pour l'équipe chargée de la mise en œuvre des chartes, facilitera l'échange d'informations entre les différents porteurs d'actions ainsi que la communication entre services techniques des communes et population.

> Inauguration d'un service foncier de proximité à Miadanandriana (Madagascar) le 11 novembre 2006. © S. Aubert, Cirad

Service foncier de proximité dans une commune malgache

En 2005, face aux attentes croissantes de la population en matière de sécurisation foncière, Madagascar s'est engagé dans une réforme de décentralisation de la gestion du foncier. Dans le cadre d'une coopération régionale portée par le Cirad avec l'appui de la Région Réunion et de l'Union Européenne (projet Interreg « Constitution d'un pôle de compétences à vocation régionale Sécurisation Foncière et Aménagement du Territoire »), des institutions impliquées dans la gestion du foncier à la Réunion (Daf, Cnasea, Dgi, Safer,...) ont accompagné des opérateurs malgaches dans la mise en place d'un guichet foncier dans la commune rurale de Miadanandriana. Le gouvernement malgache a inauguré ce guichet le 11 novembre 2006.



En 2007, ces recherches, visant à fournir aux communes des outils co-construits d'aide à la planification, à la gestion, et au suivi-évaluation des politiques d'aménagement, se poursuivront. Elles vont s'orienter vers des outils participatifs pour représenter les interactions entre espaces agricoles, urbains et naturels impliquant d'autres collectivités territoriales. Le processus est déjà amorcé avec la prospective envisagée avec la Région Réunion dans le cadre de la révision du Schéma d'Aménagement Régional (projet Domino).

Sigrid Aubert, Aurélie Botta,
 William's Daré, Ur Gestion des ressources renouvelables et environnement.
 Xavier Augusseau, Umr Territoires,
 Environnement, Télédétection et Information Spatiale.

Contact: sigrid.aubert@cirad.fr

(Pour en savoir plus :

Lesage M. 2007. Une expérience de médiation citoyenne dans une commune rurale réunionnaise, llet à Cordes. Apports à la théorie de la médiation (Vol. I): Université Paris-Sud 11 / Faculté Jean Monnet, Institut d'Etudes de Droit Public (IEDP - UPRESA EA 2715) / LAJP / CIRAD la Réunion, 488 p.

Site internet du projet Interreg Sécurisation foncière et aménagement du territoire : http://www.interreg-sfat.org



Des projets restitués sur DVD

 Toutes les étapes de la mise en place du guichet foncier de la commune malgache de Miadanandriana ont été filmées de février 2005 à novembre 2006. Le DVD de 24 min. est aujourd'hui disponible.

Les données du projet Appui à la gestion intégrée du littoral (AGIL) ont été compilées en 2006 sur un DVD. On y trouve les présentations du séminaire de restitution de juin 2006, les publications et rapports techniques, ainsi que l'ensemble des données SIG.

AGIL est un consortium réunissant quatre organismes publics : Brgm, Cirad, Ifremer, Ird et deux bureaux d'études (BRLingénierie, et SCOT Conseil). Il a été créé suite à un appel d'offre du Ministère de la recherche, dans le cadre du

Réseau Terre Espace pour structurer l'offre française de services en télédétection satellitaire en appui à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Ce projet de deux ans s'est achevé mi-2005.

Contacts: sigrid.aubert@cirad.fr, aurelie.botta@cirad.fr, william's.dare@cirad.fr, Ur Gestion des ressources renouvelables et environnement

• • ■ Récapitulatif des actions de recherche menées en 2006 dans les domaines de la canne à sucre, du risque environnemental et de la gestion intégrée des ressources et des territoires

Actions de recherche	Responsables	
Amélioration de la productivité et de l'environnement de la sole cannière		
Amélioration des itinéraires techniques de production de la canne à sucre en altitude	C. POSER	
Gestion de l'enherbement en culture de canne à sucre	P. MARNOTTE	
Amélioration de l'efficience de l'eau en culture de canne à sucre	J.L. CHOPART	
Appui au développement des systèmes de conseil en irrigation	R. PIROT	
Modélisation de l'élaboration du rendement et du sucre de la canne	J.F. MARTINE	
Amélioration des itinéraires techniques de production de la canne à sucre	P.F CHABALIER	
Mise en place et gestion de nouvelles stations météo dans la sole cannière	R. PIROT	
Amélioration de l'organisation des structures de production et des prises de décision	ıs	
Suivi et appui aux act <mark>i</mark> ons de la filière	P. MARNOTTE	
Télédétection et outils d'aide à la décision	V. LEBOURGEOIS (thèse)	
Appui aux opérations mécanisées	D. DEURVEILHER	
Organisation des approvisionnements et valorisation de la qualité des productions	C. LEJARS	
Référentiel technico-économique Canne Réunion	J. MASSON	
Risque environnemental, gestion agricole et recyclage des déchets		
Géochimie des composés présentant un risque environnemental	E. DOELSCH	
Biotransformation des déchets et statut organique des sols	H. SAINT MACARY	
Biogéochimie des sols en interaction avec l'apport de déchets	F. FEDER	
Aide à la décision des acteurs agricoles à partir de modèles	J.M. MEDOC	
Modélisation et simulation des flux de matières organiques	F. GUERRIN	
Gestion des ressources et des territoires		
Mise au point d'itinéraires techniques pour des cultures de diversification pérennes nouvelles	T. MICHELS	
Approches territoriales du développement agricole	X. AUGUSSEAU	
Approche économique de l'agriculture irriguée et de la gestion de l'eau	J.L. FUSILLIER	
Modélisation des systèmes écologiques spatialisés (Maeva)	A. BOTTA	
Amélioration de la gestion des écosystèmes par la promotion de l'accès au droit et l'articulation des outils juridiques	S. AUBERT	
Modélisation des systèmes sociaux (Maeva)	W. DARE	

Publications et communications en 2006

Articles publiés dans des revues à facteur d'impact

Aubry C., Paillat J.-M., Guerrin F. 2006. A conceptual representation of animal waste management at the farm scale: The case of the Reunion Island. *Agricultural Systems*, 88 (2-3): 294-315.

http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2005.06.006

Doelsch E., Basile-Doelsch I., Rose J., Masion A., Borschneck D., Hazemann J.-L., Saint Macary H., Bottero J.Y. 2006. New combination of EXAFS spectroscopy and density fractionation for the speciation of chromium within and andosol. *Environmental Science and Technology*, 40 (24): 7602-7608. http://dx.doi.org/10.1021/es060906q

Doelsch E., Déroche B., Van de Kerchove V. 2006. Impact of sewage sludge spreading on heavy metal speciation in tropical soils (Reunion, Indian Ocean). *Chemosphere*, 65 (2): 286-293. http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.02.046

Doelsch E., Saint Macary H., Van de Kerchove V. 2006. Sources of very high heavy metal content in soils of volcanic island (La Réunion). *Journal of Geochemical Exploration*, 88 (1-3): 194 197.

http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2005.08.037

Doelsch E., Van de Kerchove V., Saint Macary H. 2006. Heavy metal content in soils of Réunion (Indian Ocean). *Geoderma*, 134 (1-2): 119-134. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.09.003

Ouvrages

Chabalier P., Van de Kerchove V., Saint Macary H. 2006. Guide de la fertilisation organique à La Réunion. Montpellier, France: CIRAD, 302 p. http://www.mvadreunion.org/-Guide-de-la-Fertilisation-

Bertrand A., Aubert S., Teyssier A. 2006. Les enjeux du Programme National Foncier de Madagascar , Le Sens du Droit. Autour de la démarche anthropologique d'Etienne Le Roy, Paris, Karthala.

Communications

Aubert S., Lesage M. 2006. "Sécurisation foncière et médiation : une problématique pertinente dans le contexte d'un DOM insulaire", Actes de la conférence : Land Law and Natural Ressources Management.

Comparative Perspectives / Le foncier. Leçons et enjeux. Conference Hosted by Dr. Ambedkar Government Law College, Pondicherry / French Institute of Pondicherry. In association with Francophone Association of Legal Anthropology (AFAD) and SIEJ "Law and Globalisation" of Facultés Universitaires Saint Louis, Brussels, 17-19, March 2006

Chaurand P., Rose J., Borschneck D., Boning P., Suavet C., Sammut M., Doelsch E., Ferasse J., Bénard A., Gattacceca J., Ambrosi J.P., Bard E., Rochette P., Bottero J.Y. 2006. Applications of laboratory micro-XRF in environmental sciences with a 10 um spot size.

1 p. European Conference on X-Ray Spectrometry, 2006/06/19-23, Paris, France.

Daré W., C. Fourage et I. Diop Gaye 2006. "Methodological issues arisen from the involvement of sociologists in the Domino Project, a "companion modelling" approach: interests and limits", in XVIth ISA World Congress of Sociology, "The quality of social existence in a globalising world", Durban, South Africa, 23-29 Juillet 2006

Daré W., C. Fourage et I. Diop Gaye 2006. "Positionnement de sociologues dans la démarche de modélisation d'accompagnement Domino", Groupe Sociologie et systèmes complexes, in 2ème Congrès de l'Association Française de Sociologie, Bordeaux, 5-8 septembre 2006.

Doelsch E., (coord.), Saint Macary H., Feder F., Moussard G., Findeling A., Chevassus Rosset C., Cazevieille P., Basile-Doelsch I., Bottero J.Y., Garnier J.M., Masion A., Rose J., Moustier S., Gaudet J.P. 2006. Recyclage agricole des déchets organiques dans les sols tropicaux (Ile de La Réunion) : quel impact sur les transferts d'éléments traces métalliques ? (Projet en cours, décembre 2004 - décembre 2007). In De la recherche sur les sol à la décision publique : Le programme GESSOL (Gestion Durable des Sols), un support à la Directive Cadre sur la Protection des Sols. Recueil des interventions. Paris, France: Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, p. 50-53. Journées d'Echanges et de Prospective, 2006/11/21-22, Paris, France. http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/ActesCo lloqueGESSOL.pdf

Doelsch E., Feder F., Findeling A., Dudal Y., Saint Macary H. 2006. Assessing the risk of soilborne heavy metals leaching in an andosol after sewage sludge spreading [Poster]. World Congress of Soil Science. 18, 2006/07/09-15, Philadelphie, Etats-Unis.

Doelsch E., Masion A., Cazevieille P., Condom N. 2006. Caractérisation spectroscopique d'un mélange sol+effluent [Résumé]. 11 p. Les matières organiques en France : état de l'art et prospectives, 2006/01/22-24, Carqueiranne, France.

Dudal Y., Soobadar A., Doelsch E., Feder F., Findeling A., Salpéteur L., Benoit P., Houot S., Boudenne J.-L. 2006. Nature et suivi dans les sols des MOD d'origine anthropique à l'aide de la spectroscopie de fluorescence [Résumé]. 13 p. Les Matières Organiques en France: Etat de l'Art et Prospectives, 2006/01/22-24, Carqueiranne, France.

Feder F., Olivier R., Alary K., Bourgeon G. 2006. Characterisation of a soil catena on the Western slope of the Piton des Neiges volcano (La Réunion) [Poster]. World Congress of Soil Science. 18, 2006/07/09-15, Philadelphie, Etats-Unis.

Helias A., Guerrin F., Steyer J.-P. 2006. Utilisation des outils de model-checking en temps réel pour la représentation de pratiques de gestion des effluents d'élevage. 8 p. Rendez-vous de Rencontres Scientifiques Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC) pour l'Environnement, 2006/04/05-07, Narbonne, France.

Houles V., Martiné J.F., Begué A. 2006. Comparison of sensitivity analysis method for data assimilation in a sugar cane model. RAQRS Congress. Valencia (Spain).

Martiné J.F. 2006. SugarCane Modelling and Decision Support Tool: CIRAD Approach. ISSCT Agronomy Workshop. Kon Kaen, Thailand, May 2006.

Médoc J.M., Hillion B. 2006. Adequacy between the production of farm fertilizers and their potential use to fertilize crops and fish farm ponds. In Porphyre V., (ed.), Nguyen Que Coi, (ed.). Pig production development, animal-waste management and environment protection: a case study in Thai Binh Province, Northern Vietnam. PRISE Publications, p. 181-204. Colloque de restitution, 2006/06/13, Hanoi, Vietnam.

Médoc J.M., Raimbault T., Ayache B. 2006. Assessment of the balance between livestock effluent production and nutrient demand by crops in a small agricultural area of The Reunion Island. In Petersen S.O., (ed.). Technology for recycling of manure and organic residues in a whole-farm perspective. Vol. 2. Tjele, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS), p. 65-67. (DIAS Report, n. 123). Ramiran International Conference. 12, 2006/09/11-13, Aarhus, Denmark.

http://www.manure.dk/ramiran/djfma123.pdf

Lagabrielle E., Durieux L., Robin M., Le Bourgeois T., Aubert S., Botta A., Barde J., Strasberg D. 2006. Planification de la conservation de la biodiversité : quels outils pour formaliser et modéliser les interactions nature-société ? Application à l'île de la Réunion, Colloque Interactions Nature-Société, analyse et modèles, UMR6554 LETG, La Baule.

Porphyre V., Médoc J.M. 2006. Outlook for an Integrated Sustainable Development of Pig Production in the Red River Delta. In Porphyre V., (ed.), Nguyen Que Coi, (ed.). Pig production development, animal-waste management and environment protection: a case study in Thai Binh Province, Northern Vietnam. PRISE Publications, p. 205-224. Colloque de restitution, 2006/06/13, Hanoi, Vietnam.

Vayssières J., Lecomte P., Guerrin F., Bocquier F., Verdet C. 2006. Explaining the diversity of environmental performances according to a typology of farming practices combinations: the case of the dairy cattle breeding in Réunion Island. In Petersen S.O., (ed.). Technology for recycling of manure and organic residues in a whole-farm perspective. Vol. 2. Tjele, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS), p. 57-60. (DIAS Report, n. 123). Ramiran International Conference. 12, 2006/09/11-13, Aarhus, Denmark.

http://www.manure.dk/ramiran/djfma123.pdf

En 2006, dans le domaine de la protection des plantes, les équipes du Cirad ont mis au point de nouvelles méthodes de diagnostic de maladies végétales (p.14-15), ont avancé dans la connaissance de la génétique de la résistance à ces maladies (charbon de la canne, p.18-19), se sont lancées dans de nouveaux sujets de recherche (vecteur du chikungunya, p.20), et ont poursuivi l'analyse des mécanismes de propagation des plantes envahissantes pour pouvoir contrer leur progression dans les milieux naturels de la Réunion (p.21)

Un diagnostic universel et précoce du dépérissement bactérien de l'anthurium

A la Réunion, 2 millions de tiges et 18 000 pots d'anthurium sont produits en moyenne chaque année. Depuis 1997, une bactérie menace la production. Un test de détection de cette bactérie, mis au point au Cirad en collaboration avec le Service de protection des végétaux de la Réunion, est désormais utilisé pour contrôler les plants importés et diagnostiquer cette maladie qui provoque un dépérissement de l'anthurium.

es premiers symptômes du dépérissement de l'anthurium sont des taches foliaires d'aspect huileux, qui jaunissent et se nécrosent. L'infection peut entraîner la mort du plant. Dans les années 1980, cette maladie infectieuse, due à la bactérie Xanthomonas axonopodis pv. dieffenbachiae,

a provoqué aux Antilles l'anéantissement quasi

total de la filière

de l'anthurium. Sur l'île de la Réunion, la bactérie a été introduite accidentellement en 1997 par l'intermédiaire de plants contaminés en provenance des Pays-Bas.

Une campagne de lutte par éradication a alors été mise en place : destruction de tous les plants des ombrières infectées et interdiction de la commercialisation de plants. L'importation des anthuriums devait s'effectuer sous la forme de

> vitroplants, avec une quarantaine de 18 mois. Le Cirad a alors lancé un programme de recher-

sance un programme de recherche en concertation avec le Service de protection des végétaux de la Réunion et les acteurs de la filière. L'objectif était de disposer de moyens d'inspection plus performants des plants importés.

Fleur d'anthurium infectée par Xanthomonas axonopodis pv. dieffenbachiae. © I. Robène-Soustrade, Cirad.

Le Cirad à la Réunion en 2006

spécifique et sensible

Une détection à la fois

Deux étapes ont été nécessaires pour mettre au point cet outil. Dans un premier temps, l'objectif a été de constituer une collection représentative de la diversité génétique et pathogénique mondiale de cette bactérie. Des cultures bactériennes provenant de toutes les zones où la maladie est présente ont été collectées et analysées. Les résultats montrent que les bactéries infectant les aracées, famille dont fait partie l'anthurium, constituent un groupe génétiquement hétérogène, dont tous les membres ne sont pas pathogènes pour l'anthurium. Cette diversité a été caractérisée grâce à deux techniques : la technique AFLP (amplified fragment length polymorphism), qui permet de comparer les individus deux à deux pour un grand nombre de caractères de leur génome, et des tests mesurant le pouvoir pathogène sur différentes plantes de la famille des aracées.

Dans un second temps, les travaux ont

porté sur un outil de détection fiable et universel, c'est-à-dire capable de détecter toutes les souches bactériennes potentiellement responsables de la maladie quelle que soit leur origine géographique. Les résultats sont probants: l'outil est spécifique (il ne détecte pas les souches non pathogènes) et sensible (il est capable de détecter les souches même lorsque les plants sont faiblement infectés et n'ont pas de symptômes visibles).

Un diagnostic rapide et une quarantaine réduite

La détection se fonde sur la technique d'amplification génique (PCR, polymerase chain reaction) : c'est l'un des gènes de la bactérie qui est détecté. Au préalable, il a donc été nécessaire d'identifier un grand nombre de gènes cibles

potentiels dans le génome de la bactérie, de déterminer ceux qui lui sont spécifiques et de s'assurer, a posteriori, à partir de la séquence d'ADN, que le gène ciblé était bien unique et qu'il correspondait à une fonction indispensable de la bactérie. Des amorces nucléotidiques ont ensuite été choisies dans la séquence d'ADN cible afin d'élaborer le test PCR spécifique, puis l'amplification de la séquence cible par ce test a été vérifiée pour toutes les souches pathogènes de l'anthurium.

Les applications de cet outil sont multiples. Il est désormais possible de diagnostiquer rapidement l'infection, mais aussi, à plus grande échelle, de surveiller les ombrières et de contrôler les plants importés à l'entrée du territoire. Les durées de quarantaine imposées aux importateurs peuvent être réduites de moitié. L'outil peut également être utilisé dans le cadre de schémas de certification pour la production de matériel végétal indemne de maladie. Il a fait

l'objet de dépôts de brevets en France et aux Pays-Bas. Enfin, il est prévu d'engager une procédure pour son adoption comme méthode officielle de diagnostic auprès de l'Organisation européenne de protection des plantes (OEPP).

• • Isabelle Robène-Soustrade, Lionel Gagnevin, Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt)

Contact: lionel.gagnevin@cirad.fr

Pour en savoir plus :

Jouen E., Laurent P., Robène-Soustrade I., Gagnevin L., Pruvost O., Hostachy B., Gateblé G., Amice R., 2006. First report of bacterial blight of aroids caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. d*ieffenbachiae* in New Caledonia. Plant Disease (sous presse).

Robène-Soustrade I., Laurent P., Gagnevin L., Jouen E., Pruvost O., 2006. Specific detection of Xanthomonas axonopodis pv. dieffenbachiae in anthurium (Anthurium andreanum) tissues by Nested PCR. Applied Environmental Microbiology, 72: 1072-1078.



Vite lu

Un test qui détecte la bactérie du dépérissement de l'oignon dans les semences

La bactérie Xanthomonas axonopodis pv. allii provoque chez les alliacées, comme l'oignon, des lésions sur les tissus aériens de la plante qui se met à dépérir. Les bulbes s'amoindrissent, ce qui entraîne des pertes de rendement de 10 à 50 %. Les scientifiques du Cirad à la Réunion ont démontré que la bactérie pouvait être présente dans les semences d'oignon et qu'une proportion de 4 graines infectées sur 10 000 était suffisante pour déclencher une épidémie. De plus, les semences issues de parcelles atteintes par la maladie sont contaminées à des taux capables de générer de nouvelles épidémies. Pouvoir garantir la bonne qualité sanitaire des semences commerciales est donc indispensable.

Un test moléculaire de détection (multiplex nested PCR) de la bactérie dans les semences a donc été élaboré, et finalisé en 2006. Capable de détecter toutes les souches et de façon plus fiable (seuil de 1 graine sur 30 000 avec une erreur de 0,01) que les méthodes classiques, il est désormais utilisable à la Réunion pour contrôler l'état sanitaire des semences importées et produites localement. Cette méthode sera prochainement proposée comme méthode de référence européenne auprès de l'Organisation européenne de protection des plantes (OEPP), cette bactérie ayant été placée sur leur liste d'alerte en 2006.

Contacts: isabelle.soustrade@cirad.fr, olivier.pruvost@cirad.fr Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt)

(Pour en savoir plus :

Humeau, L., Roumagnac, P., Picard, Y., Robène-Soustrade, I., Chiroleu, F., Gagnevin, L., and Pruvost, O. 2006. Quantitative and molecular epidemiology of bacterial blight of onion in seed production fields. Phytopathology 96:1345-1354.



Symptômes sur hampe florale du dépérissement bactérien de l'oignon. © L. Humeau, Cirad



Gènes partagés et gènes variables chez la bactérie Ralstonia solanacearum

Ralstonia solanacearum est l'une des bactéries phytopathogènes responsables des plus importantes pertes de rendement sur le plan mondial. Elle affecte environ 250 espèces végétales d'intérêt agronomique, principalement en milieu tropical humide, mais aussi en zone tempérée. Caractérisée par une forte diversité génétique, la bactérie est capable de s'adapter rapidement aux variétés résistantes sélectionnées par les agronomes. La connaissance de sa variabilité génétique et de sa phylogénie permet aujourd'hui de décrire certains mécanismes d'évolution de son génome, autrement dit : d'expliquer en partie sa remarquable capacité d'adaptation.

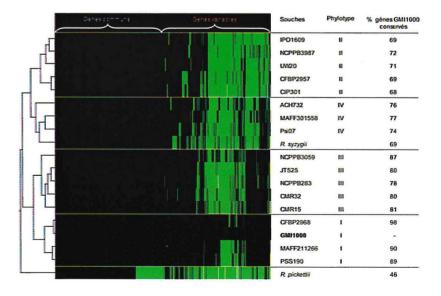
En 2006, des chercheurs du Cirad et de l'Inra à la Réunion ont ainsi établi et publié la liste des gènes qui varient entre des souches représentatives de la variabilité génétique chez *R. solanacearum*. Pour parvenir à ce résultat, ils ont comparé les génomes de 18 souches d'une collection mondiale, miroir de la diversité génétique de la bactérie. Ils ont établi que ces souches avaient 2 690 gènes en commun et presque autant de gènes variables (2 338 gènes). Ces gènes variables sont susceptibles d'être transférés d'une souche à l'autre et ainsi de conférer à l'espèce la capacité de s'adapter à son environnement. Les scientifiques s'intéressent maintenant aux gènes liés au pouvoir pathogène de la bactérie, aux mécanismes de transfert de ces gènes d'une souche à l'autre et à leur importance dans l'évolution du génome de l'espèce. Une étude est en cours sur les souches pathogènes de la pomme de terre.

Cette liste de gènes variables est disponible sur Internet : http://jb.asm.org/cgi/content/full/ 189/2/377/DC1

Contacts: philippe.prior@cirad.fr, alice.guidot@cirad.fr, Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt)

Pour en savoir plus :

Guidot A., Prior P., Schoenfeld J., Carrière S., Guenin S., Boucher C. 2007. Genomic structure and phylogeny of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* inferred from gene distribution analysis. *Journal of Bacterology*, 189: 377-387.



Cet arbre phylogénétique a été construit à partir des listes de gènes présents (en noir) et absents (en vert) dans 18 souches de la bactérie *Ralstonia solanacearum*. Ces listes ont été obtenues par hybridation de l'ADN de ces souches sur la puce à ADN représentant tous les gènes de la souche GMI1000. Cette figure témoigne de la diversité du génome de cette bactérie, dont presque la moitié des gènes (2 338 gènes sur environ 5000) différe d'une souche à l'autre.



Focus

Des techniques de laboratoire de plus en plus avancées

Pour comparer les génomes des souches de *Ralstonia solanacearum*, les chercheurs ont pour la première fois appliqué en agronomie une technique habituellement utilisée dans le domaine médical :

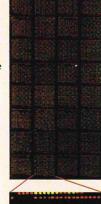
l'hybridation génomique comparative. Cette dernière permet l'analyse de la distribution des gènes entre cellules. Les ADN génomiques d'un échantillon à tester et d'un témoin de référence sont extraits, marqués par des colorants fluorescents et hybridés sur des puces à ADN représentant le génome témoin. La technologie des puces à ADN présente de nombreuses applications comme celle-ci, mais n'existe pas encore à la Réunion. Un projet d'implantation d'une plate-forme « Puces à ADN » au Pôle de protection des plantes est à l'étude.

Une puce à ADN est une lame de verre (5,4 cm X 0,9 cm), sur laquelle de courtes séquences d'ADN (sondes) sont déposées de manière ordonnée. Ces sondes sont spécifiques d'un seul et unique gène.



Puce à ADN.

Une puce ADN peut contenir jusqu'à 40 000 sondes (spots). Chaque sonde hybridée avec une séquence d'ADN correspond à un spot de couleur. En détectant ainsi la présence ou l'absence de séquences d'ADN, il devient possible de comparer la structure des génomes ou de mesurer les différences d'expression des gènes.



Détail sur une puce à ADN. © A. Guidot



Le Tomato chlorosis virus, un crinivirus émergent dans l'océan Indien (Réunion, Mayotte, Maurice)

Le Service de Protection des Végétaux et le Cirad ont confirmé la présence du Tomato chlorosis virus (ToCV) à la Réunion et l'ont mis en évidence à Mayotte en 2006 puis à Maurice en 2007. L'analyse d'échantillons prélevés sur l'ensemble du territoire a montré que le virus était lar-

> en altitude et sur les côtes. Le séquençage des souches collectées à la Réunion et à Mayotte ont révélé plus de 99 % d'homologie laissant supposer une origine commune. En 2007, le virus a été détecté pour la première fois à Maurice dans une serre de tomate. Ce virus provoque un jaunissement internervaire des feuilles de tomates cultivées sous serre. Il est transmis par les aleurodes Bemisia tabaci et Trialeurodes vaporariorum. Les symptômes n'apparaissent que 3 à 5 semaines après l'inoculation du virus. Aucun symptôme n'est visible sur fruit. Les répercussions de ce virus sur la plante sont mal connues : la croissance de la plante est affectée par le ToCV en fonction de la précocité de l'attaque et des conditions de culture. La baisse de rendement peut atteindre 10 % sur des parcelles en fin de culture et dont 70 % des plants sont contaminés. Dans les conditions de la Réunion, avec une forte occurrence des souches sévères du TYLC (souche IL), l'incidence du virus pourrait être plus marquée

notamment si le virus se progage au champ. Contact: jean-michel.lett@cirad.fr, bruno.hostachy@agriculture.gouv.fr Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt) Service de protection des végétaux de la Réunion (Spv)



Jaunissement internervaire de feuilles de tomates, dû au ToCV. © B. Hostachy, Spv

La collection de ressources génétiques de vanilliers produit ses premiers fruits

Durant la campagne 2006, 18 accessions de la collection de vanilliers du Cirad ont fleuri et fructifié. Ainsi, 223 autofécondations et 50 croisements interspécifiques ont pu être réalisés avec succès. L'analyse de cette descendance sera utile pour mieux comprendre la diversité et les relations phylogénétiques des espèces de vanilliers.

Depuis sa création en 2003, la collection de vanilliers du Cirad à la Réunion, n'a cessé de s'enrichir, principalement à partir de prospections ou d'échanges avec divers jardins botaniques. La collection compte à présent plus de 250 accessions couvrant environ 25 espèces représentatives de la diversité du genre Vanilla. Cent quatre-vingt de ces accessions, certifiées indemnes de virus, sont cultivées sous ombrières avec des filets anti-insectes (insect-proof) à Saint Pierre. La culture des lianes en conditions optimales est nécessaire pour identifier ce matériel qui est souvent mal caractérisé au départ (position taxonomique, phénologie, potentiel aromatique, sensibilité aux bio-agresseurs par exemple). Ces données phénotypiques sont complétées par les travaux de génétique moléculaire (thèse de Séverine Bory en

La collection de vanilliers de la Réunion est d'ores et déjà une des plus complètes et des mieux caractérisées au monde. Sa sécurisation est en cours par mise en culture in vitro, dans le but de la protéger des aléas climatiques ou des bio-agresseurs. Elle constitue un outil de choix pour la connaissance de ce genre méconnu et un réservoir de gènes précieux pour

l'amélioration des vanilliers cultivés.

Contact: michel.grisoni@cirad.fr Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt) Espèce africaine de vanille, présente dans la collection de vanilliers du Cirad à la Réunion. © M. Grisoni, Cirad

Pour en savoir plus :

Duval M.-F., Bory S., Andrzejewski S., Grisoni M., Besse P., Causse S., Charon C., Dron M., Odoux E. & Wong M., 2006. Diversité génétique des vanilliers dans leurs zones de dispersion secondaire. Les Actes du BRG 6, 181-196. Grisoni M., Besse P., Bory S., Duval M.-F.& Kahane R. (à paraître). Towards an international plant collection to maintain and characterize the endangered genetic resources of vanilla, In K.E. Hummer (Ed.): Acta horticulturae, ISHS-2006, Seoul (Korea).



Le charbon de la canne à sucre : diversité du champignon et génétique de la résistance

Le charbon est une maladie présente dans toutes les zones de culture de la canne à sucre, à l'exception de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, qui est pourtant le berceau de l'espèce ancestrale domestiquée, Saccharum officinarum. Des études permettent désormais de mieux cerner la diversité génétique de ce champignon et le déterminisme génétique de la résistance de la canne.

e charbon de la canne à sucre est une maladie due au champignon Ustilago scitaminea, dont la diversité génétique se révèle extrêmement faible en dehors de l'Asie. La lutte contre cette maladie peut s'appuyer sur la sélection de variétés résistantes, mais le déterminisme génétique de cette résistance n'est pas connu. Pour identifier les régions chromosomiques impliquées, une nouvelle stratégie a été mise en œuvre. Elle se fonde sur l'étude des associations entre marqueurs et résistance, qui s'avère particulièrement prometteuse.

Une lignée unique à l'origine de la maladie en dehors de l'Asie

Le charbon de la canne à sucre se manifeste par la formation d'un sore charbonneux en forme de fouet à l'extrémité des tiges infectées, qui peut libérer de grandes quantités de spores. La structure particulière de la diversité génétique de ce champignon a été étudiée, à l'échelle mondiale, grâce aux marqueurs microsatellites. Il apparaît que l'essentiel de cette diversité est détecté dans certaines populations du continent asiatique. La diversité génétique des populations provenant des continents américain et africain est, en revanche, extrêmement faible et toutes les souches non asiatiques étudiées



sont issues d'un même génotype. Ces résultats suggèrent que les flux géniques entre continents sont rares puisqu'une lignée unique, originaire d'Asie, s'est répandue à travers le monde, probablement par le transport accidentel de boutures infectées. En dehors de l'Asie. l'utilisation de variétés résistantes devrait donc constituer une stratégie durable et efficace pour combattre la maladie. En Asie, compte tenu de la variabilité du pathogène, il serait intéressant de mieux caractériser les sources de résistance disponibles, en particulier celles de l'espèce sauvage S. spontaneum.

Repérer les associations entre marqueurs et résistance

Les variétés modernes de canne à sucre résultent de quelques hybridations interspécifiques réalisées entre *S. officinarum* et *S. spontaneum* au début du XXe siècle, en Inde et en Indonésie, dont les produits ont ensuite été entrecroisés moins d'une dizaine de fois pour aboutir à ces variétés. Il y a donc eu un fort effet de fondation, susceptible d'entraîner du déséquilibre de liaison. Ce déséquilibre de liaison, qui mesure l'association non aléatoire entre allèles à des locus distincts, est plus ou moins fort chez les plantes cultivées selon l'his-

toire de leur domestication et leur régime de reproduction. Chez la canne à sucre, ce fort déséquilibre de liaison a été confirmé en suivant le comportement de marqueurs AFLP (amplified fragment length polymorphism), dont la position sur les cartes génétiques de référence est connue : des associations significatives entre marqueurs peuvent être détectées jusqu'à des distances de plus de 20 cM, même si l'intensité moyenne du déséquilibre chute considérablement lorsque la distance génétique entre les marqueurs dépasse 5 cM. La structure de ce déséquilibre de liaison permet donc d'envisager de localiser des gènes d'intérêt en analysant les associations entre marqueurs et caractères sur l'ensemble du génome.

C'est sur la base de ce constat que le déterminisme génétique de la résistance au charbon a été exploré dans une population de cultivars constituée de deux sous-populations, l'une très résistante et l'autre très sensible au charbon. L'étude des associations entre la présence ou l'absence des marqueurs et la résistance a permis de mettre en évidence des régions chromosomiques liées à la résistance. Certaines d'entre elles correspondent à des QTL (quantitative trait loci) détectés lors d'une étude de cartographie génétique réalisée parallèlement sur un croisement contrôlé entre un cultivar résistant (R 570) et un clone sensible (MQ 76-53).

Les études d'associations apparaissent particulièrement prometteuses chez la canne à sucre. Elles viennent compléter les approches par QTL, qui se révèlent délicates chez cette plante hautement polyploïde.

 Louis-Marie Raboin, Laurent Costet, Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt),

Jean Carlier, Umr Biologie et génétique des interactions pour la protection intégrée (Bgpi),

Jérôme Pauquet, Angélique D'Hont, Umr Polymorphismes d'intérêt agronomique (Pia)

Contact: louis-marie.raboin@cirad.fr

Pour en savoir plus :

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 biparental et étude d'associations dans une population de cultivars modernes. Thèse de doctorat, AgroM, Montpellier, 119 p.

Raboin L.M., Oliveira K.M., Le Cunff L., Telismart H., Roques D., Butterfield M., Hoarau J.Y., D'Hont A., 2006. Genetic mapping in sugarcane, a high polyploid, using bi-parental progeny: identification of a gene controlling stalk colour and a new rust resistance gene. Theoretical and Applied Genetics, 112: 1382-1391.

Raboin L.M., Selvi A., Miranda Oliveira K., Paulet F., Calatayud C., Zapater M.F., Brottier P., Luzaran R., Garsmeur O., Carlier J., D'Hont A., 2007. Evidence for the dispersal of a unique lineage from Asia to America and Africa in the sugarcane fungal pathogen *Ustilago scitaminea*. Fungal Genetics and Biology, 44: 64-76.



Vite lu

Nouvelle méthode d'évaluation de la résistance au foreur ponctué

Le foreur ponctué est un ravageur de la canne à sucre présent en Asie et dans les îles du sud-ouest de l'océan Indien. Sélectionner des variétés de canne résistante est une voie de lutte prometteuse. Le Cirad a mis au point une méthode permettant d'évaluer la résistance des variétés sélectionnées.

Les jeunes chenilles du foreur ponctué *Chilo sacchariphagus* (Bojer) (Lepidoptera : Crambidae) se nourrissent sur les feuilles du fouet de la canne à sucre, puis creusent des galeries dans la tige. Ces dégâts peuvent causer des pertes de rendement de près d'un quart. Le Centre d'Essai, de Recherche et de Formation sur la canne à sucre (Cerf) cherche à sélectionner des variétés résistantes à ce ravageur. Le Cirad, quant à lui, fournit à ces programmes de sélection des méthodologies évaluant la résistance des variétés de canne. Les méthodes utilisées classiquement consistent à dénombrer les entre-nœuds attaqués, voire à disséquer les tiges pour mesurer la longueur des galeries creusées par les chenilles. Ces méthodes sont lourdes et nécessitent d'importants moyens, car les variétés issues d'un programme de sélection sont nombreuses. D'où la nécessité de mettre en place une méthode simplifiée. Le Cirad a donc mené une étude de 2004 à 2006 sur 65 variétés de canne. Celle-ci a montré que le taux de tiges attaquées est la variable la mieux adaptée pour évaluer le niveau de sensibilité des variétés de canne au foreur, aussi bien d'un point de vue de coût que de fiabilité. La simplicité de cette méthode rend possible son utilisation en routine lors des essais de comportement de nouvelles variétés. Les résultats ont révélé que les variétés actuelles les plus productives tendaient à être plus sensibles au foreur. La libération de variétés de plus en plus performantes nécessite par conséquent un contrôle accru de leur niveau de sensibilité.

Pour en savoir plus :

Nibouche S., Tibere R., 2007. Damage assessment for selection of resistance to the spotted stalk borer and genetic correlations for resistance and yield components in sugarcane. Plant Breeding, à paraître.



Dégâts causés par le foreur ponctué Chilo sacchariphagus. © S. Nibouche, Cirad.



Des preuves de l'acclimatation d'un insecte utile pour réguler les populations de mouches des fruits



En 2004, un parasitoïde des mouches des fruits, Fopius arisanus, importé d'Hawaii, a été lâché par le Cirad sur plusieurs sites à la Réunion. Objectif : réduire les populations de mouches qui causent chaque année des dégâts importants sur cultures fruitières et maraîchères. Parallèlement, l'élevage de masse de cet insecte a commencé, en vue d'essais de traitements biologiques au champ.

Depuis l'arrêt des lâchers de Fopius arisanus, les collectes régulières de fruits attaqués par les mouches montrent que le parasitoïde s'est bien acclimaté sur l'île. Les taux de parasitisme observés sont très variables, mais peuvent atteindre des niveaux importants (70-80 %) ce qui laisse espérer une forte réduction des populations de mouches des fruits.

La biologie et le comportement de ce parasitoïde sont aujourd'hui mieux connus grâce à la thèse soutenue par Pascal Rousse en février 2007. Celle-ci a précisé la spécificité de cette espèce et les mécanismes par lesquels les femelles sont attirées par les mouches-hôtes et leur habitat. Au laboratoire, le parasitoïde s'attaque aux 8 espèces de mouches d'importance économique présentes à la Réunion mais montre une préférence marquée pour la mouche de la pêche, Bactrocera zonata.

Une souche du parasitoïde a été transmise par le Cirad à la Fdgdon pour une mise en production en 2006 en vue d'expérimenter en 2007 de lâchers de masse du parasitoïde au champ.

Contact: serge.quilici@cirad.fr Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt) La femelle de Fopius arisanus, micro-guêpe, pond dans l'œuf de la mouche, présent dans le fruit. En moins de 24h, son œuf éclot pour donner une larve qui finit par dévorer la mouche (au stade de pupe). Cet insecte qui se développe aux dépens d'un autre est appelé un parasitoïde. A Hawaii,

ce parasitoïde est le principal régulateur des populations de mouches des fruits.

A la Réunion, l'utilisation de cet insecte utile contre les mouches des fruits a pour objectif de réduire les populations de manière globale, et dans un premier temps dans les zones réservoirs, constituées de plantes-hôtes non cultivées et non traitées (ex : badamier), où il se multipliait jusqu'à présent sans frein.

© P. Rousse, Cirad.

Pour en savoir plus :

Rousse P., Gourdon F., Quilici S., 2006. Host specificity of the egg pupal parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in La Reunion. *Biological Control* 37: 284-290 Rousse P., 2006. *Fopius arisanus*, le droit a l'erreur. Spécificité parasitaire et sélection de l'hôte chez un parasitoïde ovo-pupal de mouches des fruits Tephritidae. Université de la Réunion

Le Cirad à la Réunion s'engage dans la recherche sur le vecteur du Chikungunya

En octobre 2006, le projet de recherche sur Aedes albopictus, vecteur du virus du Chikungunya, EntomoChik, était retenu par l'Agence Nationale de la Recherche. Coordonnés par l'Ird en collaboration avec le Cirad, l'Institut Pasteur, la Drass et l'Université de la Réunion les travaux portent sur « les facteurs entomologiques d'émergence du Chikungunya et d'arboviroses humaines à la Réunion ».

Les expérimentations du projet Entomochik (3 ans) sont réalisées, en majeure partie, au Pôle de protection des plantes (3P, St Pierre) par une équipe de l'Ird et du Cirad (Umr Pvbmt). EntomoChik comprend quatre volets, dont le dernier est orchestré par le Cirad :

- Biologie des populations de vecteurs (Ird; Drass, Institut Pasteur)
- Phylogéographie et génétique des populations d'Aedes albopictus (Ird; Institut Pasteur)
- 3. Compétence vectorielle et relations virus-vecteur (Institut Pasteur ; Ird, Cirad)
- Système d'Information Géographique Entomologique et Modélisation de l'aléa entomologique Cirad et Université de la Réunion – Umr Pvbmt et Iremia - Drass, Institut Pasteur, Ird)

L'objectif de ce 4e volet est de modéliser la distribution et dynamique des populations des vecteurs, en fonction des facteurs environnementaux, ainsi que le risque épidémiologique, afin d'améliorer la gestion des risques liés à la maladie.

En parallèle à ces travaux, un travail de thèse, encadré conjointement par le Cirad et l'Ird a été initié fin 2006 (thèse de Leila Bagny). Celui-ci porte sur les préférences écologiques et la compétition inter-spécifique chez les moustiques du genre Aedes vecteurs d'arboviroses à la Réunion et à Mayotte. Dans ce cadre, des données écologiques ont déjà été récoltées au cours de deux missions à Mayotte, avec l'appui de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (à Mamoudzou).

Contact: frederic.chiroleu@cirad.fr Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt)

Une partie de l'équipe d'un autre projet de recherche, ChikAni, coordonné par l'Inra, est également basée au 3P. ChikAni étudie « la distribution et l'évolution du virus du Chikungunya chez les vertébrés dans l'océan Indien ».

Les plantes envahissantes : une menace pour la biodiversité à la Réunion

Les invasions biologiques constituent une menace importante pour la biodiversité des espaces insulaires. A la Réunion, où le taux d'endémisme de la flore est particulièrement élevé, il est indispensable de protéger les formations naturelles contre les plantes introduites devenues envahissantes. Depuis les années 1990, le Cirad analyse les mécanismes de propagation de ces plantes, leur impact et les moyens de lutte. Pour fournir aux gestionnaires de l'environnement les moyens d'intervenir plus tôt et plus efficacement.

A la Réunion, le rythme d'introduction de plantes a connu une accélération sans précédent au cours des trente dernières années. Une centaine de ces plantes sont devenues envahissantes et menacent les formations naturelles. Parallèlement à la lutte chimique, mécanique et bientôt biologique, il est important d'intervenir en amont de l'invasion pour prévenir l'introduction des espèces potentiellement envahissantes ou réguler l'expansion des plantes déjà présentes.

évacuant les plantes vers l'océan. Huit mois plus tard, il était à nouveau totalement envahi, au détriment de l'ensemble de l'écosystème aquatique. La production de biomasse de ces plantes aquatiques est estimée à 250 tonnes par hectare tous les 15 jours. Une telle dynamique exclut toute élimination mécanique et plaide en faveur d'une lutte biologique, qui a déjà fait ses preuves dans de nombreux pays tropicaux.

99 %, par effet de chasse d'eau, en

Intervenir en amont de l'invasion

Des analyses ont permis d'identifier une cinquantaine de plantes potentiellement envahissantes, qui doivent faire l'objet d'une interdiction d'introduction dans les départements d'outremer. Parmi les espèces ornementales cultivées dans les jardins des Hauts, 34 présentent une forte capacité d'invasion. La dynamique spatiale de ces invasions confirme l'intérêt d'intervenir précocement.

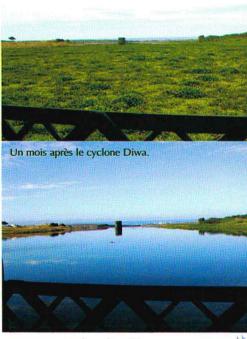
L'exemple de l'étang du Gol, qui était entièrement recouvert par un mélange de jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) et de laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) début 2006, est particulièrement révélateur. En mars 2006, le passage du cyclone Diwa l'a nettoyé à plus de

Intégrer l'ensemble des compartiments du paysage

Il apparaît aussi indispensable de prendre en compte les flux d'espèces entre les compartiments du paysage : forêts, pâturages, cultures, zones habitées. Les prairies, par exemple, dont la flore se caractérise par une forte proportion d'espèces exogènes (80 %), peuvent avoir un rôle déterminant dans les flux de plantes à l'échelle du paysage, selon la qualité de leur gestion. Dans les zones sensibles comme les Hauts, l'élevage d'herbivores peut être considéré comme un moyen de gérer l'environnement. Outre ses fonctions économiques et sociales, il assure la préservation d'un paysage ouvert et attractif, mais aussi la lutte contre les espèces envahissantes.

La recolonisation de l'étang du Gol par des plantes aquatiques envahissantes. © T. Le Bourgeois/Cirad.

Trois semaines avant le cyclone Diwa.





Des travaux récents, réalisés dans le scadre d'un projet de gestion du pastoralisme (Pastofor), montrent que les prairies productives et bien entretenues participent au maintien de la biodiversité des milieux naturels limitrophes en limitant la propagation de plantes envahissantes. A contrario, les prairies, dont la flore adventice est insuffisamment maîtrisée, constituent une menace pour les milieux naturels voisins. Les zones d'interface entre différents milieux sont des éléments clés dans la circulation et le développement des plantes envahissantes : seule une gestion raisonnée commune des milieux naturels et des espaces ruraux peut garantir leur maîtrise.

Tenir compte des mécanismes de propagation

Le classement des plantes envahissantes en fonction de leur impact écologique et de leur capacité à conquérir de nouveaux espaces permet aujourd'hui de mieux définir les priorités d'action. Mais il est nécessaire de mieux connaître leurs modes de propagation en fonction des contextes écologiques et de la gestion des milieux concernés. Ces plantes peuvent, en effet, mettre en jeu différents mécanismes de multiplication selon le type de milieu. Par exemple, le faux-poivrier (Schinus terebenthifolius) se reproduit par voie sexuée en milieu humide et par voir asexuée, par drageonnage, en conditions sèches. De même, la vigne marronne (Rubus alceifolius) fructifie à basse altitude et ne se multiplie que de façon végétative au-dessus de 1 000 mètres.

L'ensemble de ces résultats permet d'ores et déjà d'intervenir plus efficacement contre la menace que représentent les plantes envahissantes pour la biodiversité de l'île, en associant tous les moyens disponibles, depuis la prévention des introductions jusqu'à la lutte et la restauration des milieux.

• • Jacques Tassin, Upr Dynamique des forêts naturelles,

Thomas Le Bourgeois, Umr Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Pvbmt).

Vincent Blanfort, Upr Systèmes d'élevage et produits animaux

Contact: thomas.le_bourgeois@cirad.fr

(Pour en savoir plus :

Baret S., Le Bourgeois T., Strasberg D., 2005. How would *Rubus alceifolius*, an intrusive exotic species, progressively colonize the entirety of a humid tropical forest. Canadian Journal of Botany, 83: 219-226.

Blanfort V., Choisis J.P., Duru M., Lecomte P., Chia E., 2007. Construction et usages d'outils pour la gestion du pâturage : enseignements d'études conduites en métropole et en outre-mer. *In*: Construire la décision : démarches, méthodes et instrumentations de l'aide à la décision pour l'agriculture, l'agroalimentaire et l'espace rural, De Turckheim E. et al. (éd.). Paris, Inra.

Tassin J., Lavergne C., Muller S., Blanfort V., Baret S. Le Bourgeois T., Triolo J., Rivière J.N., 2006. Bilan des connaissances sur les conséquences écologiques des invasions de plantes à l'île de la Réunion (archipel des Mascareignes, océan Indien). La Terre et la vie-Revue d'écologie, 61 : 35-52.

Tassin J., Rivière J.N., Cazanove M., 2006. Ranking of invasive woody plant species for management on Réunion Island. Weed Research, 46: 388-403.



La forêt semi-sèche se dévoile

La forêt semi-sèche (semi-xérophile) de la Réunion est rare, vulnérable, très fragmentée et menacée par les pressions anthropiques et l'invasion d'espèces exotiques. Jusqu'ici, elle était peu étudiée.

Pour mieux connaître sa structure et sa composition floristique à différents stades de dynamique, une analyse de cinq de ses faciès a été réalisée en 2006.

Les connaissances nouvellement acquises permettent aujourd'hui d'appréhender plusieurs approches et priorités pour une gestion durable et ciblée de ce type d'habitat au niveau local (site), et au niveau régional (côte ouest et nord de l'île).

Par exemple, l'analyse des déséquilibres structuraux de ce milieu facilite le choix de méthodes et d'outils de restauration ou de réallocation écologique.

Contact: riviere@cirad.fr



Forêt semi-sèche (ravine de la Grande Chaloupe). © J-M. Sarrailh, Cirad

● ■ Récapitulatif des actions de recherche menées en 2006 dans le domaine de la protection des végétaux

Actions de recherche	Responsables
Epidémiologie végétale en zone tropicale	
Analyses de la diversité de populations bactériennes phytopathogènes	L. GAGNEVIN
Détection et biologie du <i>Xanthomonas</i> sp. responsable du dépérissement des Alliacées pidémiologie de la maladie des taches noires du manguier	O. PRUVOST
Pathologie de la canne à sucre	L. COSTET
Aise au point et transfert de méthodes de détection moléculaire de micro-organismes phytopathogènes	I. SOUSTRADE
pidémiologie du chancre bactérien des agrumes	C. VERNIERE
Ralstonia solanacearum : épidémiosurveillance, dynamique et adaptation des populations pathogènes pour orienter les programmes de résistance variétale	P. PRIOR
Dynamique et comportement des populations de bio-agresseurs et de leurs ennem en vue de la mise en place d'une protection intégrée	nis naturels
Modélisation de la dynamique des populations d'insectes ravageurs ou vecteurs d'importance économique (mouches des fruits, aleurodes, thrips)	F. CHIROLEU
Analyse du comportement alimentaire et des facteurs génétiques des homoptères vecteurs (B. tabaci, P. maidis) intervenant dans la transmission des virus circulants et les mécanismes associés de résistance des plantes	B. REYNAUD
Comportement des mouches de fruits et méthodes de lutte	s. QUILICI
Etude des mécanismes de compétition inter spécifique chez les Tephritidae nuisibles aux cultures fruitières à la Réunion	P.F. DUYCK
Protection intégrée contre les arthropodes ravageurs des cultures maraîchères	P. RYCKEWAERT, J.P. DEGUINE
Analyse moléculaire et cellulaire des mécanismes de transmission circulante par arthropodes des phyto-virus tropicaux	J.M. LETT
Analyse et exploitation des ressources génétiques pour la résistance de la canne à sucre au foreur ponctué <i>Chilo sacchariphagus</i>	S. NIBOUCHE
Hoplochelus marginalis : étude de durabilité de la lutte biologique contre le ver blanc à l'île de la Réunion	B. VERCAMBRE
Génétique et caractérisation de la résistance des plantes aux bio-agresseurs	
Recherche des résistances aux maladies et ravageurs de la canne à sucre	S. ROYAERT
Cartographie et utilisation des gènes de résistances aux maladies virales et à leurs vecteurs chez le maïs et la tomate	J. DINTINGER
Génétique et certification des vanilliers	M. GRISONI
Production et certification de matériel végétal sain (maïs, oignon et contrôle des semences) Amélioration de la qualité des plants fruitiers Amélioration de la qualité de l'ail et des plantes maraîchères	M. ROUX-CUVELIER
Biodiversité, endémisme et invasions	
Adventices des cultures et plantes envahissantes Analyse de la filière bois énergie	T. LE BOURGEOIS
Re <mark>production des plantes indigènes</mark> Fonctionnement et restauration de la biodiversité forestière	J.M. SARRAILH

• • # Publications et communications en 2006

Articles publiés dans les revues à facteur d'impact

Abu Ahmad Y., Royer M., Daugrois J.H., Costet L., Lett J.M., Victoria J.I., Girard J.C., Rott P. 2006. Geographical distribution of four Sugarcane yellow leaf virus genotypes. Plant disease. vol.90:n 9 : p. 1156-1160. httpp://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.016

Balme-Sinibaldi V., Tribodet M., Croizat F., **Lefeuvre P., Kerlan C., Jacquot E**. 2006. Improvement of Potato virus Y (PVY) detection and quantitation using PVYn - and PVYo - specific real-time RT-PCR assays. Journal of virological methods. vol.134: p. 261-266. http://dx.doi.org/10.1016/j.jviromet.2006.01-019

Baret S., Rouget M., Richardson D.M., Lavergne C., Egoh B., Dupont J., Strasberg D. 2006. Current distribution and potential extent of the most invasive alien plant species on La Réunion (Indian Ocean, Mascarene islands). Austral ecology. vol.31:n 6: p. 747-758. http://dx.doi.org/doi:10.1111/j.1442-9993.2006.01636.x

Carmeille A., Caranta C., Dintinger J., Prior P., Luisetti J., Besse P. 2006. Identification of OTLs for Ralstonia solanacearum race 3-phylotype II resistance in tomato. Theoretical and Applied Genetics. vol.113:n 1 : p. 110-121. http://dx.doi.org/10.1007/s00122-006-0277-3

Carmeille A., Prior P., Kodja H., Chiroleu F., Luisetti J., Besse P. 2006. Évaluation of resistance to Race 3, biovar 2 of Ralstonia solanacearum in tomato germplasm. Journal of phytopathology. vol.154:n 8: p.398-402. http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01112.x

Castella J.C., Deguine J.P. 2006. Cycles phytosanitaires et variabilité des systèmes cotonniers. Agricultures. vol.15:n 1 : p. 102-108. http://www.john-libbey-eurotext .fr/fr/revues/agro_biotech/agr/edocs/00/04/16/38/article.md?type=text.html

Deguine J.P., Ferron P. 2006. Protection des cultures, préservation de la biodiversité, respect de l'environnement. Agricultures. vol.15:n 3 : p. 307-311. http://www.johnlibbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/ e-docs/00/04/18/83/article.md?type=text.html

Delatte H., David P., Granier M., Lett J.M., Goldbach R., Peterschmitt M., Reynaud B. 2006. Microsatellites reveal extensive geographical, ecological and genetic contacts between invasive and indigenous whitefly biotypes in an insular environment. Genetical Research. vol.87:n 2 : p. 109-124. http://dx.doi.org/10.1017/S0016672306008135

Delatte H., Holota H., Reynaud B., Dintinger J. 2006. Characterisation of a quantitative resistance to vector transmission of Tomato yellow leaf curl virus in Lycopersicon pimpinellifolium. European journal of plant pathology. vol.114 : p. 245-253.

http://dx.doi.org/10.1007/s10658-005-5400-9

Delatte H., Naze F., Cottineau J.S., Lefeuvre P., Hostachy B., Reynaud B., Lett J.M. 2006. Occurrence of *Tomato chlorosis* virus on tomato in Reunion Island. Plant pathology. vol.55:n 2 : p. 289.

http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059. 2005.01279.x

Duyck P.F., David P., Junod G., Brunel C., Dupont R., Quilici S. 2006. Importance of competition mechanisms in successive invasions by polyphagous tephritids in la Réunion. Ecology. vol.87:n 7: p.1770-1780

Duyck P.F., David P., Quilici S. 2006. Climatic niche partitioning following successive invasions by fruit flies in la Réunion. Journal of animal ecology. vol.75:n 2 : p. 518-526. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656. 2006.01072.x

Farreyrol K., Pearson M.N., Grisoni M., Cohen D., Beck D. 2006. Vanilla mosaic virus isolates from French Polynesia and the Cook Islands are Dasheen mosaic virus strains that exclusively infect vanilla. Archives of virology. vol.151:n 5 : p. 905-919. http://dx.doi.org/10.1007/s00705-005-0680-0

Ferron P., Deguine J.P., Ekotrong A Moute J. 2006. Evolution de la protection phytosanitaire du cotonnier : un cas d'école. Agricultures. vol.15:n 1 : p. 128-134. http://www.john-libbey-eurotext.fr/ fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/ 00/04/16/3C/article.md?type=text.html

Grisoni M., Moles M., Farreyrol K., Rassaby L., Davis R., Pearson M.N. 2006. Identification of potyviruses infecting vanilla by direct sequensing of a short RT-PCR amplicon. Plant pathology. vol.55:n 4: p. 523-529. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01397.x

Humeau L., Roumagnac P., Picard Y., Soustrade I., Chiroleu F., Gagnevin L., Pruvost O. 2006. Quantitative and molecular epidemiology of bacterial blight of onion in seed production fields. *Phytopathology.* vol.92:n 12 : p. 1345-1354. http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-96-1345

Lett J.M., Lefeuvre F., Naze F., Delatte H., Mohamed-Ali Y., Reynaud B. 2006. First report of Tobacco leaf curl Zimbabwe virus affectin tobacco in the Comoros Archipelago. Plant pathology. vol.55 : p. 567. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059. 567. 2006.01421.x

Pichot J.P., Sedogo M., Deguine J.P. 2006. De nouveaux défis pour la recherche cotonnière dans un contexte difficile. Agricultures. vol.15:n 1 : p. 150-157.

http://www.john-libbey-eurotext.fr /fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/ 00/04/16/3F/article.md?type=text.html

Raboin L.M., Oliveira K.M., Lecunff L., Telismart H., Roques D., Butterfield M.K., Hoarau J.Y., D'Hont A. 2006. Genetic mapping in sugarcane, a high polyploid, using bi-parental progeny: identification of a gene controlling stalk colour and a new rust resistance gene. Theoretical and applied genetics. vol.112:n 7 : p. 1382-1391. http://dx.doi.org/10.1007/s00122-006-0240-3

Robène-Soustrade I., Laurent P., Gagnevin L., Jouen E., Pruvost O. 2006. Specific detection of Xanthomonas axonopodis pv. dieffenbachiae in anthurium (Anthurium andreanum) tissues by nested PCR. Applied and environmental microbiology. vol.72:n 2 : p. 1072-

http://dx.doi.org/10.1128/AEM.72.2.1072-1078.2006

Rousse P., Gourdon F., Quilici S. 2006. Host specificity of the egg pupal parasitoid Fopius arisanus (Hymenoptera: Braconidae) in La Reunion. Biological control. vol.37:n 3 : p. 284-290.

http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol. 2005.12.008

Russell D., Deguine J.P. 2006. Durabilité de la culture de cotonniers transgéniques en Chine et en Inde. Agricultures. vol.15:n 1 : p. 54-59. http://www.john-libbey-eurotext.fr/ fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/ 04/16/30/article.md?type=text.html

Facteur d'impact ISI : Revue indexée dans ISI Web of Science

Soustrade I., Hostachy B., Roux-Cuvelier M., Minatchy M.J., Hedont M., Pallas R., Couteau A., Cassam M., Wuster G. 2006. First report of Iris yellow spot virus in onion bulb- and seed-production fields in Reunion Island. Plant pathology. vol.55: p. 288.

http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059 .2005.01261.x

Tassin J., Lavergne C., Muller S., Blanfort V., Baret S., Le Bourgeois T., Triolo I, Rivière J.N. 2006. Bilan des connaissances sur les conséquences écologiques des invasions de plantes à l'île de La Réunion (Archipel des Mascareignes, Océan indien). Revue d'écologie. vol.61 : p. 35-52

Tassin J., Rivière J.N., Cazanove M., Bruzzese E. 2006. Ranking of invasive woody plant species for management on Réunion Island. Weed research. vol.46:n 5: p. 388-403

Vernière C., Perrier X., Dubois C., Dubois A., Botella L., Chabrier C., Bové J.M., Duran-Vila N. 2006. Interactions between Citrus viroids affect reaction symptom expression and field performance of clementine trees grafted on trifoliate orange. Phytopathology. vol.96:n 4: p. 356-368. http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-96-0356

Articles de revues sans facteur d'impact

Aléné D.C., Messi J., Quilici S. 2006. Influence de l'ombrage sur la sensibilité des plantules de Ricinodendron heudelotii (Baill.) aux attaques de Diclidophlebia xuani Messi et al. en milieu naturel au Cameroun. Fruits. vol.61:n 4: p. 273-280. http://dx.doi.org/10.1051/fruits:2006025

Borowiec N. 2006. Contribution à la connaissance de l'entomofaune des parcs et jardins parisiens : I. Les coléoptères. L'entomologiste. Tome 62: n 3-4: p. 77-86

Duval M.F., Bory S., Andrzejewski S., Grisoni M., Besse P., Causse S., Charon C., Dron M., Odoux E., Wong M. 2006. Diversité génétique des vanilliers dans leurs zones de dispersion secondaire. Les actes du BRG. vol.6: p. 181-196

Imbert E., Loeillet D., Vannière H., Bertin Y., Vernière C., Quilici S., Didier C., Bourgeois P. 2006. Grapefruit. *Fruitrop*. n h.s. FOCUS: 108 p.

Imbert E., Loeillet D., Vannière H., Bertin Y., Vernière C., Quilici S., Didier C., Bourgeois P. 2006. Pomelo. *Fruitrop*. n h.s. FOCUS: 108 p.

Sarrailh J.M., Chauvin J.P., Litaudon M., Dumontet V., Pieters R. 2006. Araucaria laubenfelsii de Laubenfels. Bois et forêts des tropiques. n 287: p. 75-76

Vaissayre M., Martin P., Nibouche S. 2006. Key factors for Bt cotton sustainability in smallholder farming: a modelling approach. *Bulletin OILB srop.* vol.29:n 5 : p. 183-186

Vercambre B., Goebel R., Pastou D., Rolet A., Reynaud B., Jeuffrault E. 2006. Les sept ravageurs principaux de la canne à sucre à La Réunion : deux lépidoptères foreurs, deux pucerons vecteurs, une cochenille vorace, un hanneton à larve nuisible, un scarabée à l'adulte ravageur. *Phytoma*. n 595 : p.25-28

Communications

Abu Ahmad Y., Royer M., Costet L., Daugrois J.H., Lett J.M., Victoria J.I., Rott P. 2006. Genotyping of Sugarcane yellow leaf virus in Colombia, Guadeloupe and Reunion: [Abstract]. [On line]. In VIIIth ISSCT Pathology Workshop Petit-Bourg, Guadeloupe (FWI), 23-27 January 2006, programme and abstracts. - [S.I.]: s.n., 2006.

http://issct.intnet.mu/abstractpath.htm#1.5

Ah-You N., Gagnevin L., Pruvost O. 2006. Etude de la taxonomie des *Xanthomonas* associées aux anacardiacées : [Résumé]. In 7^{times} Rencontres plantes-bactéries, 20-23 mars 2006, Aussois, France. Résumés/SFP. - Angers : INRA, 2006, p. 30

Ah-You N., Gagnevin L., Pruvost O. 2006. *Xanthomonas* sp. pv. mangiferaeindicae is a complex pathovar. 11th Int. Conf. Plant Path. Bact., 10-14 July, 2006, at Edinburgh, Scotland.

Belasque J., Vernière C., Deslandes T., Pruvost O. 2006. Evaluation des outils moléculaires AFLP et IS-LM-PCR pour l'analyse de la structure des populations brésiliennes de Xanthomonas axonopodis pv. citri. In 7èmes Rencontres plantes-bactéries, 20-23 mars 2006, Aussois, France. Résumés/SFP. - Angers: INRA, 2006, p. 83

Durieux L. 2006. Planification de la conservation de la biodiversité : quels outils pour formailiser et modéliser les interaction nature - sociétés ? Application à l'île de la Réunion, 5 p.

Duval M.F., Grisoni M., Bory S., Besse P., Andrzejewski S., Causse S., Wong M., Dron M., Kahane R. 2006. Diversité des vanilliers cultivés et apparentés [Abstract]. In 4e Colloque International sur Les plantes aromaiques et médicinales des régions d'Outre-Mer, du 10 au 13 juillet 2006, Papeete, Tahiti, Polynésie française. - s.l. : s.n., 2006, 1 p.

Duyck P.F., David P., Quilici S. 2006. Compétition interspécifique et capacités invasives : l'exemple des Tephritidae polyphages de l'île de la Réunion, CIFE VI, Rabat (Maroc), 2-6 juillet 2006.

Gagnevin L., Le Bleis L., Pruvost O., Siguier P., Chandler M. 2006. Une nouvelle famille d'éléments insertionnels chez les Xanthomonas. In 7èmes Rencontres plantes-bactéries, 20-23 mars 2006, Aussois, France. Résumés/SFP. - Angers : INRA, 2006, p. 89

Gagnevin L., Siguier P., Chandler M., Leach, J. E., Pruvost O. 2006. IS1595, a new family of highly repeated insertion sequences.11th Int. Conf. Plant Path. Bact., 10-14 July, 2006, at Edinburgh, Scotland.

Grisoni M., Besse P., Bory S., Moles M., Duval M.F., Kahane R. 2006. Towards an international plant collection to maintain and characterize the endangered resources of Vanilla spp. In 27th International Horticultural Congress & Exhibition IHC 2006. Global Horticulture: diversity and harmony, 2006/08/13-19, Séoul, Corée.

Guidot A., Boucher C., Genin S., Prior P. 2006. Génome accessoire et diversité phylogénétique chez Ralstonia solanacearum révélés par génomique comparative. 7^{èmes} Rencontres Plantes-Bactéries, Aussois, 20-24 mars 2006.

Guidot A., Prior P., Genin S., Boucher C. 2006. Exploring distribution of accessory genes reveals patterns of evolution within the Ralstonia solanacearum species complex. The 4th International Bacterial Wilt Symposium, York (UK), 17-21 Juillet 2006.

Laurent P., Robène-Soustrade I., Legrand D., Gagnevin L., Jouen E., Pruvost O. 2006. Le dépérissement bactérien de l'anthurium (Anthurium andreanum) provoqué par Xanthomonas axonopodis pv. dieffenbachiae: mise au point d'une BIO-nested PCR pour la certification. In Temes Rencontres plantes-bactéries, 20-23 mars 2006, Aussois, France. Résumés/SFP. - Angers: INRA, 2006, p. 94

Pompon J., Prior P., Soustrade I. 2006. Single Closed-Tube Nested-PCR: un nouvel outil performant pour détecter *Ralstonia solanacearum*. In *Temes Rencontres plantes-bactéries, 20-23 mars 2006, Aussois, France. Résumés/SFP.* - Angers: INRA, 2006, p. 93

Prior P., Guidot A., Boucher C. and Fegan M. 2006. Unravelling the Ralstonia solanacearum species complex. 11th International Conference on plant Pathogenic bacteria (11th ICPPB). 10th to 14th July 2006.

Pruvost O., Glories V., Mondon F., Vital K., Chiroleu F., Gagnevin L. 2006. L'aptitude à la transmission : un paramètre clé de la fitness épidémique chez les Xanthomonas [Résumé]. In 7^{èmes} Rencontres plantes-bactéries, 20-23 mars 2006, Aussois, France. Résumés/SFP. -Angers: INRA, 2006, p. 27

Raboin L.M., Nibouche S., Pauquet J., Telismart H., Dintinger J., Hoarau J.H., Costet L., D'Hont A. 2006. Genetic mapping of sugarcane resistance to smut through bi-parental segregation and associations among modern cultivars: [Abstract]. [On line]. In VIIIth ISSCT Pathology Workshop Petit-Bourg, Guadeloupe (FWI), 23-27 January 2006, programme and abstracts. - [S.I.]: s.n., 2006.

http://issct.intnet.mu/abstractpath.htm#4.5

Raboin L.M., Selvi A., Miranda Oliveira K., Paulet F., Calatayud C., Zapater M.F., Brottier P., Garsmeur O., Carlier J., D'Hont A. 2006. Analysis of *Ustilago scitaminea* genetic diversity using microsatellite markers provides evidence of selfing and dispersal of a unique lineage over America and Africa: [Abstract]. [On line]. In *VIIIth ISSCT Pathology Workshop Petit-Bourg, Guadeloupe (FWI)*, 23-27 January 2006, programme and abstracts. - [S.I.]: s.n., 2006. http://issct.intnet.mu/abstractpath.htm#1.2

Roumagnac P., Humeau L., Picard Y., Robène-Soustrade I., Hughes G., Chiroleu F., Gagnevin L., Pruvost O. 2006. Quantitative and molecular epidemiology of *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*, a worldwide emerging pathogen of onion. 11th Int. Conf. Plant Path. Bact., 10-14 July, 2006, at Edinburgh, Scotland.

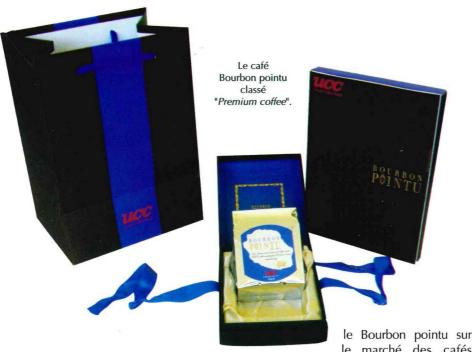
Ryckewaert P., Fernandes P. 2006. Plagas de las hortalizas y lucha integrada : [Communication orale]. [On line]. In Conferencias de Interes, 21-04-2006 / IDIAF. -s.l. : s.n., 2006, 1 diaporama (35 vues). http://www.idiaf.org.do/administrador/conferencias/conferencias/011MIPHortalizas.pdf

Youssoufa M. A, Issimaila M., Chadhouliati A., Borowiec N., Quilici S., Reynaud B. 2006. Programme de lutte biologique contre les Aleurodes (Hemiptera: Aleyrodidae) nuisibles au cocotier aux Comores, CIFE VI, Rabat (Maroc), 2-6 juillet 2006.

En 2006, dans le domaine de la qualité des productions agricoles et alimentaires tropicales, les équipes du Cirad ont poursuivi leur appui au développement de filières (p.26-27). Leurs travaux sur les fruits ont permis de mettre à jour l'itinéraire technique de la culture de l'ananas Victoria et d'améliorer le conditionnement des litchis (p.28), tout deux distingués cette année par un label rouge. Du côté des productions animales, une étude a modélisé le secteur laitier réunionnais (p.29) et différentes avancées conduisent à une meilleure gestion de la qualité dans la filière volaille (p.30-31).

Reconnaissance internationale pour le café Bourbon pointu

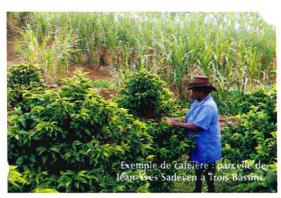
Le programme expérimental sur le café Bourbon pointu a déterminé les lignées, les terroirs favorables, les pratiques culturales et les traitements post-récolte adaptés, permettant un classement commercial des produits obtenus dans les "Premium coffee".



A près 4 ans de travaux, le programme expérimental sur le caféier Bourbon pointu, conduit par le Cirad à la Réunion, avec l'appui financier de la Région et de l'Union Européenne, a réussi à positionner le marché des cafés de spécialité. Il est même arrivé au sommet de cette catégorie puisqu'il a reçu l'appellation "Premium coffee" en 2007. Ses caractéristiques sensorielles, alliées à une typicité marquée et une très faible teneur en caféine, en font un produit unique qui a déclenché son achat avant même la fin de la phase expérimentale. C'est une compagnie japonaise qui s'est procurée les premiers lots de Bourbon pointu à un prix très nettement supérieur à l'onéreux Blue Mountain. Ceci permet d'envisager la création d'une filière économiquement rentable pour les producteurs réunionnais, dont les coûts de production sont très élevés au regard de ceux de la plupart des pays producteurs de café.

Le projet s'inscrit dans un programme à plus long terme qui vise la création de filières de diversification génératrices d'emplois et de produits de qualité à la Réunion. Cette première phase consiste à conduire un programme d'expérimentation d'une durée de cinq ans (2002-2007) pour évaluer l'intérêt de développer ou non une filière caféicole et d'en étudier la viabilité. Les conditions technico-économiques d'une production rentable des cafés, seront restituées en fin de programme.











1. Sélection du matériel végétal.

En 2006, quatre des 27 lignées étudiées combinent des productivités élevées et des performances qualitatives qui permettent un classement commercial de leurs produits dans les "Premium coffee". Les premiers résultats de l'étude sur la qualité aromatique du Bourbon pointu (thèse Université de la Réunion/Cirad) montrent l'influence du terroir et des traitements post-récolte sur la qualité des produits.

2. Identification des terroirs.

L'effet des principales situations pédo-climatiques sur les caractéristiques sensorielles des produits a été étudié à travers un réseau de 107 vergers caféiers implantés dans différentes zones de l'île. Une carte des terroirs favorables à la production de café à haute valorisation est ainsi dressée grâce aux résultats agronomiques, technologiques et sensoriels obtenus.

3. Mise au point d'itinéraires techniques pour la création et la conduite des vergers.

Des espèces arborées pour protéger les vergers contre les vents et des couvertures vivantes pour protéger les sols ont été identifiées, et des programmes de fertilisation ont été adaptés en fonction des zones climatiques et des types de sols.

4. Choix d'un procédé favorisant l'expression des caractéristiques sensorielles.

La comparaison de plus de 60 variantes de traitements post-récolte en 2005 et 2006 a permis de déterminer deux procédés qui favorisent la meilleure expression des saveurs et arômes des terroirs. Une étude comparative de ces deux processus en 2007 vise à choisir le moins contraignant.

5. Sélection et formation d'un jury de dégustateurs réunionnais.

Indispensable pour évaluer et caractériser les produits issus de différents terroirs, l'identification puis la formation des dégustateurs a débuté dès 2004, c'est à dire en première année de récolte. En 2006, le jury a décrit 611 échantillons, dont certains ont été dégustés pour confirmation par le jury du Cirad à Montpellier et divers jury d'acheteurs "specialty coffee".

Contact: frederic.descroix@cirad.fr



Pejibaye: un palmiste vendu aujourd'hui en grande surface

En novembre 2006, les premières barquettes de pejibaye en salade ou morceaux prêts à cuisiner étaient vendues en grande surface : le résultat d'un long travail d'appui à la filière palmiste, mené par le Cirad, dans le cadre de la diversification agricole dans les hauts humides.

Le pejibaye est un palmiste du bassin amazonien (importé en 1993 à la Réunion) qui se prête particulièrement bien à la transformation, puisqu'il ne brunit pas et se conserve facilement 8 jours, contrairement au palmiste local. De plus, il pousse rapidement (1,5 ans entre la plantation et la récolte contre 3 pour le palmiste local), produit de nombreux rejets permettant de pérenniser les parcelles, ainsi que des cœurs de taille importante (jusqu'à 8 kg). Il présente une voie intéressante de diversification de la filière palmiste.

Mais, impossible d'obtenir localement des graines à diffuser auprès des producteurs. Aussi a-t-il fallu, pour développer la filière, importer 25 000 graines de Guyane (en 2003), afin de pouvoir distribuer 15 000 plants (en 2005 et 2006) à 24 exploitations (6 hectares au total entre l'Est et le Sud). Depuis 2001, le Cirad travaille avec les producteurs afin d'établir un itinéraire technique qui permette d'homogénéiser la production. Aujourd'hui, la filière palmiste à la Réunion concerne une soixantaine de producteurs, dont près de la moitié produit du pejibaye destiné à la transformation. Le palmiste local continue d'être vendu principalement à la restauration.

Contact : thierry.michels@cirad.fr, Ur Production fruitière intégrée



Barquette de pejibaye en morceaux prêts à cuisiner.
© T. Michels, Cirad.



Culture de l'ananas Victoria : les bonnes pratiques résumées dans une nouvelle fiche technique

C'est en partenariat avec l'Unité Productions Fruitières de la Chambre d'Agriculture et avec la collaboration du Service de la Protection des Végétaux que le Cirad a actualisé fin 2006 le document de référence sur la culture de l'ananas Victoria à la Réunion. Cette nouvelle fiche technique se révélait nécessaire face aux écarts des pratiques observées sur le terrain (aggravant le problème des taches noires).

Le premier itinéraire technique type, résultat de travaux de recherche du Cirad en Afrique de l'Ouest et à la Réunion, avait été publié au début des années 90, puis réactualisé par la Chambre d'Agriculture en 1998. Cette nouvelle fiche est diffusée par le Cirad sur demande et par la Chambre d'Agriculture qui assure le suivi d'une centaine de producteurs.

Contact: patrick.fournier@cirad.fr, Upr Systèmes de culture bananes, plantains et ananas arbo.sud@reunion.chambagri.fr



Ananas Victoria. © P. Cao-Van, Cirad.

Les litchis mieux conditionnés

Le conditionnement en barquettes sous sachet, préconisé pour le label rouge (obtenu en 2006), ne doit pas avoir d'impact sur la qualité des fruits dans le temps. Or, les ruptures de la chaîne de froid et la respiration des fruits peuvent amener des risques de fermentation liés aux modifications d'atmosphère dans les sachets : transfert producteurs-aéroport, transport avion, réception et stockage froid, délai de mise à l'étalage. Une étude du Cirad a démontré que l'emploi de films perforés est possible pour éviter ce risque et garantir 10 jours de mise en marché, conformément au cahier des charges du label rouge.

Contact: jacques.joas@cirad.fr, Umr Qualisud



Litchis conditionnés avec un film perforé. © J. Joas, Cirad.

Participation du Cirad à un symposium international sur la mangue

Une délégation de neuf chercheurs du Cirad, dont cinq de la Réunion, a participé au 8ème symposium international sur la mangue, qui s'est déroulé du 5 au 10 février 2006 en Afrique du Sud. Neuf communications et six posters ont été présentés, dont un de la Réunion qui a reçu le 'Most Informative Poster Award'. L'équipe de la Réunion et son approche intégrative originale a fait forte impression. Le symposium a été l'occasion de montrer les avancées récentes sur la biologie, les méthodes de culture et le commerce de la mangue. De nombreux contacts ont été noués en vue de nouvelles collaborations scientifiques.

Contact : frederic.normand@cirad.fr, Ur Production fruitière intégrée

(Communications:

Damour G., Normand F. Distribution and variability of dry matter contents in mango tree cv. Cogshall.

Léchaudel M., Normand F., Génard M. Predicting harvest dates and quality of mango (cv. Cogshall) fruit according to environmental factors.

Jannoyer M., Lauri P.E., 2006. Young flush thinning in mango (cv. Cogshall) controls canopy density and production.

Jannoyer M., Urban L., Léchaudel M., Normand F., Lauri P.E., Jaffuel S., Lu P., Joas J., Ducamp M-N. An integrated approach for mango production and quality management. Léchaudel M., Normand F., Génard M. Predicting harvest dates and quality of mango (cv. Cogshall) fruit according to environmental factors.

Normand F., Lagier S., Escoutes J., Verdeil J-L., Mialet-Serra I. Starch localisation in mango tree: histological observations.

Urban L., Léchaudel M., Alphonsout L. The effect of girdling on flowering and leaf net photosynthesis in mango cv. Cogshall. Urban L., Normand F., Montpied P. Modelling the effects of flowering, drought and fruit load on mango leaf photosynthesis.

Posters:

Jannoyer M., Lauri P.E., 2006. Removal of mango inflorescences increases fruit set and does not affect yield (*Mangifera indica*. cv Cogshall)

Joas J., Le Blanc M., Léchaudel M. A methodology to study the post-harvest ripening behaviour of mango (cv Cogshall) according to agronomic conditions.

Normand F., Magne C., Lauri P.E. Effect of flowering and fruiting on branching of young mango trees – an architectural approach.



Fruits sud-africains présentés au 8° symposium international sur la mangue en février 2006 à Sun City. © F. Normand, Cirad

Un modèle bioéconomique pour prévoir l'évolution du secteur laitier réunionnais

Afin d'analyser les impacts que pourrait avoir un changement dans les politiques agricoles, une fluctuation de prix,... le Cirad a modélisé le secteur laitier réunionnais. C'est un nouvel outil d'aide à la décision aujourd'hui à disposition de la filière.



Vingt-quatre millions de litres de lait sont produits chaque année à la Réunion. Cela représente environ 30 % de la consommation de l'île. Est-il possible de produire plus sans effet néfaste pour l'environnement ? Quel serait l'impact sur le secteur laitier réunionnais d'une augmentation du prix du lait, d'une diminution des subventions, d'une raréfaction de la main d'oeuvre ? Ces différents scénarios peuvent désor-

mais être testés à travers un modèle : 'Ksheera Mod' (Nidumolu, 2007), développé par le Cirad en partenariat avec l'Université de Wageningen (Pays-Bas) et avec l'appui d'un projet Marie Curie de l'Union Européenne. Il s'adresse aux décideurs de la filière lait. Ce modèle bioéconomique régional s'inscrit dans la continuité d'un projet précédent sur la modélisation d'exploitations-type (AMSTEEL, Alary, 2004). Passer de l'échelle de l'exploitation à celle de la

région a demandé le déploiement d'une méthode originale qui :

- tienne compte des spécificités de différentes zones agro-écologiques de l'île,
- permette une représentation fiable de la durabilité économique, sociale et environnementale de l'ensemble du secteur de production.

Le modèle a été présenté fin 2006 aux utilisateurs. Une interface informatique conviviale leur sera proposée prochainement.

• • Philippe Lecomte, Ur Systèmes d'élevage et produits animaux

Contact: philippe.lecomte@cirad.fr

Pour en savoir plus :

Nidumolu U.B., Lubbers M., Alary V., Lecomte Ph., van Keulen H. 2007. Modelling complex livestock-agricultural systems at a regional scale: a case study in La Reunion. (submitted)



Fertilisation organique des prairies : une pratique efficace et rentable

Les premiers résultats d'une étude lancée en 2004 par le Cirad et l'Union des Associations Foncières Pastorales (UAFP) montrent que :

• la fertilisation des prairies double leur rendement potentiel

 l'utilisation raisonnée de fertilisants organiques directement produits à la ferme, comme le compost et le lisier, permet d'économiser des achats d'engrais minéraux, et améliore le sol.

Les prairies produisent naturellement 12 tonnes de matière sèche en moyenne par hectare (MS/ha). L'apport d'azote minéral conduit au maximum à doubler le rendement en herbe. Chaque kg d'azote minéral apporté accroît le rendement de 14 kg de MS/ha. L'apport de lisier de bovin peut conduire à des productions quasi équivalentes. On estime que chaque m3 de lisier accroît le rendement de 23 kg de MS/ha. Concernant le compost, chaque tonne apportée engendre un rendement supplémentaire de l'ordre de 30 kg de MS/ha, et l'apport complémentaire d'azote minéral (50 kg/coupe) pendant les premières années permet d'atteindre de bons niveaux de rendement. Dans le cas des fumures organiques, l'azote non utilisé est en grande partie stocké dans le sol, contribuant ainsi à accroître la fertilité de la prairie pour produire un « arrière effet » à plus long terme : le stock d'azote du sol augmente de 5 à 10 % par an et les rendements moyens s'accroissent annuellement de 2,5 à 5 %.

Contact: philippe.lecomte@cirad.fr



Un des quatre essais de fertilisation organique menés à la Plaine des Cafres. © J. Vayssières, Cirad.

Vers une meilleure gestion de la qualité dans la filière volaille

Depuis plusieurs années, les recherches du Cirad, en lien avec ses partenaires Avipole et Crête d'Or Entreprise, aident la filière volaille réunionnaise à faire face aux problèmes de qualité sanitaire et technologique qu'elle rencontre pour fabriquer des produits 100 % volaille.



Atelier de poulets de chair. © E. Cardinale, Cirad

a viande de volaille est la viande la plus consommée à la Réunion. La production locale, organisée et de proximité, est cependant concurrencée par des imports de cuisses congelées de bas de gamme en provenance de l'Union Européenne et qui représentent 35 % de la volaille consommée aujourd'hui à la Réunion.

Cette concurrence a poussé la filière avicole à proposer des produits de qualité 100 % volaille. Par ses travaux sur l'amélioration de la qualité sanitaire des poulets de chair et de la qualité technologique de la matière grasse de volaille, le Cirad l'aide à atteindre cet objectif.

Les volailles sont sujettes à de nombreuses contaminations par des bactéries pathogènes (*Salmonella, Listeria, Campylobacter*) héritées de la production ou de la transformation. De plus, le développement de produits de charcuterie 100 % volaille se heurte à la difficulté de trouver une source de gras adaptée à leur fabrication.

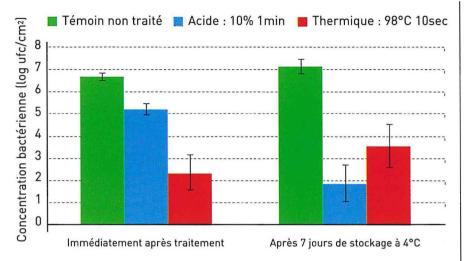
En effet, l'utilisation de gras abdominal de volaille conduit à des produits huileux et suintants, tandis que l'utilisation des peaux de volaille pose des problèmes de qualité sanitaire. Trois actions de recherche sur ce thème abordent la filière dans son ensemble depuis la production jusqu'à la transformation.

Qualité sanitaire des élevages de volailles

L'élaboration de la qualité sanitaire démarrant dans les élevages, une première action, débutée en 2006, porte sur l'étude des facteurs de risque d'infection par Salmonella enterica subsp. enterica des élevages de poulets de chair, à l'abattoir et dans les ateliers de transformation. L'objectif de l'étude est de pouvoir corréler les risques aux pratiques dans les exploitations avicoles. Toutefois, malgré la mise en œuvre de mesures d'hygiène spécifiques et rigoureuses, il sera impossible d'obtenir à ce stade un risque zéro.

Qualité sanitaire des carcasses de volailles

C'est pourquoi, des recherches sont également menées dans le but de développer un procédé de décontamination des carcasses de volaille. La technologie en cours de mise au point combine un traitement à la vapeur d'eau surchauffée et un traitement en solution acide. Les résultats obtenus sur Listeria innocua (souche non pathogène analogue à Listeria monocytogenes) montrent que le traitement thermique des carcasses de volaille permet de réduire de manière importante le nombre de bactéries, mais est insuffisant, car les bactéries survivantes croissent à nouveau durant le stockage. Un traitement à base de



Effets de différents traitements sur la concentration bactérienne.

solution d'acides organiques donne une réduction plus modérée, mais présente un effet de rémanence durant le stockage. Les premiers essais de traitement thermique suivi d'un traitement acide (réalisés en 2006) testés sur *Listeria innocua* laissent espérer une amélioration durable de la qualité sanitaire des carcasses.

Qualité technologique de la matière grasse de volaille

Des innovations ont été développées depuis 2002 en vue de conférer aux gras de volaille des propriétés équivalentes à celles des gras de porc utilisés dans la fabrication de charcuterie traditionnelles. L'application du procédé de fractionnement à sec à la matière grasse de volaille permet d'obtenir deux fractions : la stéarine, équivalent de saindoux de porc, et l'oléine, liquide à température ambiante. Ces dernières présentent une bonne aptitude technologique pour la fabrication de produits de charcuterie de volaille, mais ne sont pas utilisables pour la saucisserie crue et sèche. Aussi, une deuxième solution a-t-elle été développée. Celle-ci consiste à texturer la

matière grasse à l'aide d'alginates afin d'obtenir un gel équivalent à la barde de lard. Les travaux menés en 2006 ont montré que cette matière grasse texturée peut être utilisée pour la fabrication de saucisses crues, brochettes en remplacement des peaux de volaille et comme nappage des terrines. Les problèmes technologiques et sanitaires pour la fabrication de ce type de produits sont ainsi résolus.

• • Eric Cardinale, Ur Systèmes d'élevage et produits animaux, Elodie Arnaud, Umr Qualisud

> Contacts: eric.cardinale@cirad.fr elodie.arnaud@cirad.fr



Différents produits de charcuterie sont fabriqués avec la matière grasse texturée :

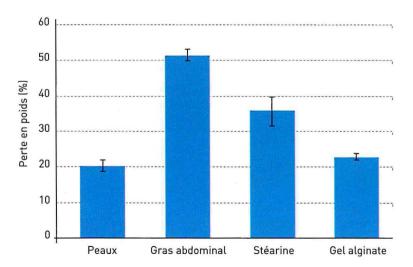
Des saucisses avec les peaux de volaille et avec la matière grasse texturée ;

Des nappages de terrine avec la matière grasse texturée (voir ci-dessus);

Des brochettes avec de la barde de lard et de la matière grasse texturée.

Essai à la cuisson
(30 min, 180°C) des saucisses
fabriquées avec différents gras
de volaille (peaux et gras abdominal)
et les matières grasses obtenues avec
les procédés développés
(stéarine et matière grasse texturée).

Les résultats montrent que seuls les produits fabriqués avec le gel d'alginate présentent une perte en poids analogue à celle obtenue avec le procédé actuel qui utilise les peaux de volaille.



• ■ Récapitulatif des actions de recherche menées en 2006 dans le domaine de la qualité des productions agricoles et alimentaires tropicales

Actions de recherche	Responsables
Fonctionnement de la plante	
Déterminisme de la floraison du manguier	F. NORMAND
Photosynthèse et gestion des réserves carbonées chez le manguier	L. URBAN
Croissance du fruit et élaboration de sa qualité chez le manguier	M. LECHAUDEL
Etude des relations entre métabolismes carboné et hydrique et floraison/fructification chez le litchi	L. URBAN
Evaluation et valorisation du matériel végétal	
Valorisation d'espèces et variétés fruitières tropicales et subtropicales	P. CAO-VAN
Systèmes de production intégrées	
Amélioration des techniques culturales de l'ananas Victoria	P. CAO-VAN
Amélioration des systèmes d'élevage bovin	
Gestion de la ressource et amélioration des performances zootechniques	P. LECOMTE, J. BONY
Etude des facteurs de risque de l'infertilité en élevage bovin laitier : approche écopathologique	E. TILLARD
Alimentation, pathologie et qualité du lait	J. BONY
Modélisation du fonctionnement technique et économique et des flux dans les exploitations laitières	P. LECOMTE, N. UDAY BASHKAR (UE - Marie Curie)
Pratiqu <mark>es</mark> g <mark>estionnaires et modèles de décision en élevages allaitants</mark>	J.P. CHOISIS
Diversification des filières	
Contrôle des performances zootechniques en élevages de cervidés et de caprins	J.P. CHOISIS
Transformation des produits animaux	
Innovation en matière de traitement de produits animaux	A. COLLIGNAN, E. ARNAUD
Etude et amélioration des procédés traditionnels de transformation de la viande	S. SANTCHURN (thèse)
Procédés visant à améliorer la qualité sanitaire de viandes ou poissons frais	E. CARDINALE
Technologie post-récolte des productions végétales	
Conservation en frais des produits végétaux Caractérisation et aptitude à la transformation de productions locales et régionales	J. JOAS
Projet Café	F. DESCROIX



• • Publications et communications en 2006

Articles publiés dans les revues à facteur d'impact

Arnaud E., Trystram G., Relkin P., Collignan A. 2006. Thermal characterization of chicken fat dry fractionation process. Journal of food engineering. vol.72:n°4: p. 390-397. Url: http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.

2004.12.021

Cardinale E., Rose V., Perrier Gros-Claude J.D., Tall F., Rivoal K., Mead D.J., Salvat G. 2006. Genetic characterization and antibiotic resistance of Campylobacter spp. isolated from poultry and humans in Senegal. Journal of applied microbiology. vol.100: p. 209-217. Url: http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672. 2005.02763.x

Lechaudel M., Joas J. 2006. Quality and maturation of mango fruits of cv. Cogshall in relation to harvest date and carbon supply. Australian Journal of Agricultural Research. vol.57:n°4: p. 419-426.

Url: http://dx.doi.org/10.1071/AR05159

Urban L., Montpied P., Normand F. 2006. Season effects on leaf nitrogen partitioning and photosynthetic water use efficiency in mango. Journal of plant physiology. vol.163: n°1: p. 48-57.

Url: http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2005.

Articles de revues sans facteur d'impact

Fusillier J.L., Choisis J.P., Piraux M. 2006. Le modèle d'exploitation agricole familiale réunionnais face à l'accroissement des contraintes foncières et économiques. Agricultures vol. 15, n° 6, 542-548.

Hostiou N., Tourrand J.F., Huguenin J., Lecomte P. 2006. La diversité de gestion de systèmes fourragers à l'herbe en Amazonie brésilienne : le cas des élevages mixtes laitviande à Uruará. Fourrages, (187): 377-392.

Nidumolu U. B, van Keulen H., Lubbers M., Mapfumo A. 2006. Combining Multiple Goal Linear Programming and Inter-Stakeholder Communication Matrix to generate Land Use Planning options. Environmental Modelling and Software Vol 22, pp. 73-83

Nidumolu U. B, de Bie CAJM, van Keulen H., Skidmore A. K and Harmsen K. 2006. Review of a Land Use-Planning Programme through the Soft Systems Approach. Land Use Policy Vol 23, pp187-203

Articles publiés dans des revues à comité de lecture

Fusillier J.L., Choisis J.P., Piraux M. 2006. Le modèle d'exploitation agricole familiale réunionnais face à l'accroissement des contraintes foncières et économiques. Cahiers Agricultures vol. 15, n° 6, 542-548.

Hostiou N., Tourrand J.F., Huguenin J., Lecomte P. 2006. La diversité de gestion de systèmes fourragers à l'herbe en Amazonie brésilienne : le cas des élevages mixtes laitviande à Uruará. Fourrages, (187): 377-392.

Nidumolu U. B, van Keulen H., Lubbers M., Mapfumo A. 2006. Combining Multiple Goal Linear Programming and Inter-Stakeholder Communication Matrix to generate Land Use Planning options. Environmental Modelling and Software Vol 22, pp. 73-83

Nidumolu U. B, de Bie CAJM, van Keulen H., Skidmore A. K and Harmsen K. 2006. Review of a Land Use-Planning Programme through the Soft Systems Approach. Land Use Policy Vol 23, pp187-203

Communications

Arnaud E., Vion A., Collignan A. 2006. Combined chicken fat dry fractionation and texturization to improve poultry meat products processing. In IUFoST, 13th World Congress of Food Science and Technology, Nantes, 17-21 septembre, France, p397-398.

Desvaux S., Sorn S., Holl D., Chavernac D., Goutard F., Thonnat J., Porphyre V., Ménard C., Cardinale E., Roger F. 2006. HPAI surveillance programme in Cambodia: results and perspectives. In OIE/FAO International Scientific Conference on Avian Influenza : proceedings of an international conference, Paris, 7-8 April 2005. - Bâle : Karger, 2006, p. 211-224

Normand F., Jannoyer M., Barantin P., Damour G., Dechazal M., Mialet-Serra I., Clément A., Verdeil J.L., Escoute J., Sonderegger N., Sonderegger N., Legros S., Lagier S., Jourdan C., Davrieux F. 2006. Nature, location and seasonal changes of non structural carbohydrates in mango. [Cd-Rom]. In Carbon storage in coconut, oil palm, rubber and mango: origins, dynamics and consequences for plantation management. Montpellier : CIRAD, 1 diaporama

Nidumolu U. B., Alary V., Lecomte P. (Eds) 2006. "Modelling Environmental Risk in the context of Environmental, Social and Economic Sustainability: With reference to Dairy Sector in La Réunion". Proceedings of the International Training Workshop, Saint Pierre, Réunion, June 12-16, p 187.

Vayssières J., Lecomte P. 2006. La place du risque dans l'action: le cas de la gestion des stocks d'aliments en élevage bovin laitier à la Réunion. Proceedings of the International Workshop "modelling environmental risk in the context of environmental, social and economic sustainability: with reference to dairy sector in La Reunion", St Pierre, Réunion, June 12-16, pp. 53-60.

Vayssières J., Lecomte P., Guerrin F., Bocquier F., Verdet C. 2006. Explaining the diversity of environmental performances according to a typology of farming practices combinations: the case of the dairy cattle breeding in Reunion Island. Proceedings (Vol. II) of the 12th RAMIRAN international conference "Technology for recycling of manure and organic residues in a whole-farm perspective", Aarhus, Denmark, 11-13 September, pp. 57-60.

Santchurn S.J., Petit T., Talon R., Trystram G., Collignan A. 2006. Dehydration-impregnation by soaking combined with fermentation: an innovative alternative to traditional meat fermentation, IUFoST 13th World Congress of Food Science & Technology, Nantes, 17-21 septembre 2006

N.B. Pour voir la liste des communications au 8° symposium international sur la mangue (5-10 février 2006, Sun City, Afrique du Sud), se reporter p. 30.

Actes

Lecomte P., Blanfort V., Decruyenaere V., Buldgen A. 2006. Approche d'un bilan des flux de carbone en élevage extensif sur savane. Actes des Journées AFPF - Prairies, élevage, consommation d'énergie et GES -27-28 mars

Normand F., Lechaudel M. 2006. Toward a better interpretation and use of thermal time models. Acta Horticulturae, 707, 159-165.

Stilmant D., Lecomte P., Decruyenaere V., Hennart S., Limbourg P. 2006. Evolution du stock de carbone au sein des prairies pâturées : impact du mode de fertilisation. Actes des Journées AFPF - Prairies, élevage, consommation d'énergie et GES - 27-28 mars

Normand F., Jannoyer M., Barantin P., Damour G., Dechazal M., Mialet-Serra I., Clément A., Verdeil J-L., Escoute J., Sonderegger N., Legros S., Lagier S., Jourdan C., Davrieux F. 2006. Nature, location and seasonal changes of non structural carbohydrates in mango. In Carbon storage in coconut, oil palm, rubber and mango : origins, dynamics and consequences for plantation management. Proceedings of the Final meeting of ATP Réserves n° 11/2002, 8-9/11/2006, Cirad, Montpellier, France, 25-37.

Ouvrages

Albina E., Balança G., Camus E., Cardinale E., Caron A., Chevalier V., De La Rocque S., Desvaux S., Gaidet-Drapier N., Gerbier G., Goutard F., Lancelot R., Martinez D., Monicat F., Porphyre V., Renard J.F., Richard D., Roger F., Salgado P., Vial L. 2006. La grippe aviaire, l'influenza: le virus H5N1, le poulet, les autres animaux, et l'homme d'içi et d'ailleurs, de l'Asie à l'Afrique. Montpellier, CIRAD, XI-48 p. (Les savoirs partagés)

Le Cirad à la Réunion, c'est aussi :

	Certred Ressour	

• • •	De la formation et de la coopération dans l'océan Indien	.36
•••	Une démarche qualité	.37
• • •	Une organisation,	30

La formation et la coopération dans l'océan Indien

La recherche pour le développement est la mission principale du Cirad. A travers celle-ci, les chercheurs du Cirad sont amenés à encadrer ou former des étudiants ou des professionnels, et à réaliser des recherches ou des formations dans le cadre d'une coopération régionale.

La formation

La formation par la recherche

Au cours de leurs recherches, les scientifiques peuvent encadrer des doctorants. Mais pour être directeur de thèse, il leur faut une habilitation à diriger des recherches.

Habilitation à diriger des recherches (HDR) soutenues en 2006 :

Sigrid AUBERT, Production normative et modalités d'application des normes de gestion intégrée de la biodiversité dans un contexte de recherches interdisciplinaires, Habilitation à Diriger des Recherches en Droit, Université de Paris I Panthéon Sorbonne, 21 novembre 2006

Thèses soutenues en 2006 :

- Cécile MARTIGNAC, Maintien d'une filière dominante ou projet de territoire : le cas du sucre à la Réunion, Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 5 septembre 2006
- Fabrice BLARD, Les fourmis envahissantes de l'île de la Réunion : interactions compétitives et facteurs d'invasion, Thèse de doctorat (entomologie), Université de la Réunion, 6 décembre 2006

Les formations diplômantes

La plupart des chercheurs du Cirad à la Réunion sont impliqués dans l'enseignement supérieur : plus de 230 heures d'enseignement ont été délivrées cette année dans différentes universités (Réunion, Montpellier,...), écoles ou IUT sur des thèmes aussi variés que la géomatique, les systèmes fonciers, la dimension juridique de la biologie de la conservation, la sociologie de l'environnement, les sciences de l'environnement, les statistiques, le génie des procédés alimentaires, les productions animales, l'épidémiologie animale et végétale, la phytopathologie, les biotechnologies végétales, la lutte intégrée contre les organismes nuisibles, les ressources génétiques...

C'est en collaboration avec le Cirad que certains diplômes ont été créés à l'Université de la Réunion, comme le Master Biodiversité et Ecosystèmes Tropicaux, où de nombreux chercheurs de l'Unité

Mixte de Recherche Peuplements Végétaux et Bioagresseurs en Milieu Tropical (Cirad/ Université)

interviennent.

De plus, le Cirad à la Réunion accueille chaque année de nombreux stagiaires : plus d'une centaine en 2006.

formations s'adressent aux professionnels de l'agriculture ou de l'aménagement du territoire, aux techniciens de l'encadrement agricole de la Réunion ou de la région du sud-ouest de l'océan Indien. Voici quelques-uns des sujets d'interventions en 2006 : évaluation des chartes agricoles, usage des jeux de rôle en modélisation d'accompagnement, sols et intrants en agriculture biologique, gestion des ressources en eau, herbicides de la canne, développement racinaire, traitement postrécolte du café, diagnostic moléculaire des maladies émergentes et virales, collecte et reconnaissance des organismes nuisibles, statistiques,...

Certaines de ces formations ont été délivrées dans le cadre d'une

> coopération régionale entre pays de la zone, comme le Programme Régional de Protection des

Végétaux (PRPV) et le projet Interreg Sécurisation Foncière et Aménagement du Territoire (SFAT).

Formation professionnelle RACIN'SITU : caractérisation du développement racinaire in situ des cultures annuelles et pérennes. © Cirad

La formation professionnelle

Certains chercheurs consacrent également une part de leur temps à l'enseignement professionnel, directement orienté vers le développement. Les

Pour en savoir plus :

http://www.cirad.fr/reunion/formations/offres formations

La coopération régionale

Les pays riverains de l'ouest de l'océan Indien, pour des raisons géographiques, écologiques et humaines, ont des intérêts partagés pour des thématiques scientifiques utiles à leur développement, notamment dans le domaine de la protection d'un environnement fragile, de la gestion des ressources naturelles, des conditions sanitaires. Le Cirad déploie des moyens significatifs dans cette région; une centaine de chercheurs y sont aujourd'hui en poste. Aussi a-t-il l'ambition de construire une offre structurée en matière de coopération régionale dans le domaine de la recherche agronomique pour le développement.

15 projets de coopération sont actuellement menés grâce au soutien financier de l'Europe, l'Etat, la Région,... sur des thèmes comme la protection des cultures horticoles, l'épidémiosurveillance animale, la canne à sucre, le riz, la ressource herbagère, la gestion intégrée des zones côtières, les espèces envahissantes, la biodiversité; avec des pays comme Madagascar, Maurice, les Comores, les Seychelles, l'Afrique du Sud,...

La coopération régionale se traduit par des actions de partage de compétences (voir « Formations »), mais aussi de recherche. Par exemple, des méthodes de diagnostic capables de détecter plusieurs agents phytopathogènes (bactérie et virus) à la fois sur un même végétal (pomme de terre ou tomate) sont en cours de mises au point au Cirad en collaboration avec le MSIRI à Maurice, dans le cadre du Programme Régional de Protection des Végétaux (PRPV).

Dans les années à venir, les partenariats avec les centres de recherches et les universités de la région seront renforcés.



Cinquième Comité d'Orientation et de Pilotage (CSOP) du Programme Régional de Protection des Végétaux (PRPV) aux Seychelles du 2 au 4 octobre 2006. Le PRPV est mis en œuvre par la Commission de l'océan Indien (Comores, Maurice, Madagascar, Réunion, Seychelles) et s'achèvera en 2008. Il est financé par le Fonds Européen de Développement (FED) et par la Réunion (Etat, collectivités territoriales et Fonds Européen de Développement Régional).

Plus d'informations sur www.prpv.org. © X. Vant, Spv

Qualité : vers une accréditation ISO 9001 du dispositif du Cirad à la Réunion

En 2006, la démarche qualité s'est appliquée aux collectifs de recherche (équipes, laboratoires) et au management du site par la Direction Régionale.

Démarche qualité appliquée aux collectifs de recherche

L'objectif de la démarche qualité appliquée aux collectifs de recherche est de faciliter l'obtention de certifications, accréditations ou agréments spécifiques par les collectifs en fonction de leurs besoins. Voici les faits marquants de 2006 :

- Le laboratoire de confinement de niveau de sécurité 3 (NS3) du pôle de Protection des plantes a été audité en octobre 2006 pour obtenir l'agrément indispensable à son utilisation.
- La certification ISO 9001 du

laboratoire d'analyses agronomiques (Unité de Service « Analyses des eaux, sols et végétaux ») du Cirad à la Réunion a été reconduite pour trois ans, à l'issue de l'audit de suivi de juillet 2006 et de l'audit de renouvellement d'avril 2007.

Afin de faire remonter à un niveau général les processus communs, un

système qualité au niveau de la Direction Régionale est en cours d'élaboration. Les collectifs peuvent ainsi se concentrer sur leurs propres processus, centrés sur leur cœur de métier.

Système qualité du management central (Direction Régionale)

Le « système qualité » est un ensemble de dispositifs permettant d'établir une politique qualité, de définir des objectifs et de les atteindre. Il repose généralement sur des documents de prescriptions (procédures, plans d'actions) et sur des enregistrements (traçabilité du fonctionnement du système) indispensables pour analyser objectivement son efficacité et l'améliorer en continu.

La conception du système qualité de la Direction Régionale repose sur quelques principes :

Le système qualité est orienté
 « client » : il s'agit de prendre en

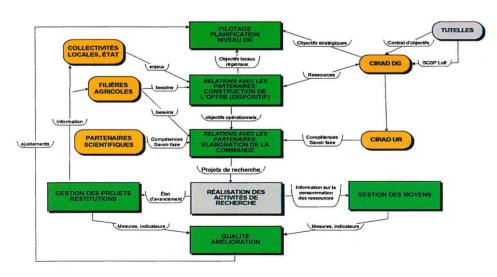
compte les besoins des filières agricoles et de répondre à des objectifs de développement exprimés notamment par les collectivités locales et les services de l'état dans le cadre d'enjeux locaux, régionaux et nationaux. La mise en œuvre du système qualité vise à satisfaire les besoins explicites et implicites de l'ensemble des parties prenantes (filières, bailleurs, utilisateurs des résultats, collectivités, tutelles, ...)

- Le système qualité ne prend en compte que les activités qui relèvent de la responsabilité de la Direction Régionale; le contenu scientifique des projets est de la responsabilité des unités de recherche (UR) et des départements scientifiques.
- Le système qualité respecte les exigences de la norme ISO 9001 :2000.
 Il pourra faire l'objet d'une certification portant sur la « Conception et la gestion de projets de recherches au bénéfice du développement agricole durable de l'Ile de la Réunion »

Contact: paul.fallavier@cirad.fr

Cartographie des processus de la Direction Régionale (DR) du Cirad à la Réunion.







Focus

Un laboratoire ISO 9001:2000

Le laboratoire d'analyses agronomiques du Cirad à Saint Denis, est certifié ISO 9001:2000 pour ses activités d'analyses, de recommandation de fertilisation et d'amélioration des méthodes d'analyses.

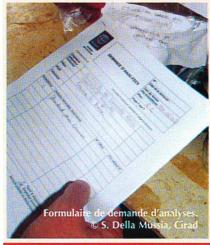
Une mission: réaliser des analyses de sols, végétaux, amendements et tout autre produit utile en agriculture aux bénéfices des professionnels et des chercheurs impliqués dans le développement agricole de la Réunion.

Un objectif: fiabilité des analyses et des délais de remise des résultats inférieurs à un mois.

En 2006, le laboratoire a traité 4068 échantillons et réalisé 26172 déterminations. Le nombre d'échantillons traités et le nombre de déterminations réalisées sont sensiblement au même niveau depuis 2002.

L'analyse de sols constitue les deux tiers de l'activité globale du laboratoire. La demande d'analyse minérale de plante continue à croître légèrement. Il apparaît une demande pour des milieux tels que les déchets divers dont le recyclage en agriculture est envisagé. Cette demande sort parfois du domaine de l'analyse (tri par exemple) et pour l'instant le laboratoire n'a pas les capacités techniques pour y répondre.

La filière Canne reste la principale consommatrice d'analyses, car elles permettent d'établir une recommandation de fertilisation à l'aide d'un système expert. La filière Fruit et maraîchage se maintient à un niveau identique à 2005. La filière Café a fourni 161 échantillons en 2006 contre 16 en 2005.



● ■ Organisation au 1^{er} janvier 2007

Au cours de l'année 2006, le Cirad a préparé, à travers un document appelé « schéma de site », sa réorganisation en trois pôles de recherche. Celle-ci est effective depuis le 1er janvier 2007. Sur la période du prochain programme opérationnel (2007-2013), ces pôles d'excellence scientifique, ouverts aux partenariats locaux, nationaux, européens et internationaux, sont voués à être intégrés dans un dispositif océan Indien.

Direction régionale

Jean-Pierre GAY, Directeur régional

Pôle Risque environnemental, agriculture et gestion intégrée des ressources (REAGIR)

Hervé SAINT MACARY, Responsable

Pascal MARNOTTE, Systèmes canniers Hervé SAINT MACARY, Risque environnemental, gestion agricole et recyclage des déchets Sigrid AUBERT, Usages et gestion des ressources et des territoires **Patrick LEGIER**, Laboratoire d'analyses agronomiques

Pôle Protection des plantes (3P)

Bernard REYNAUD, Responsable

Olivier PRUVOST,

Epidémiosurveillance en santé végétale Serge QUILICI, Dynamique des populations d'insectes ravageurs et lutte biologique

Jacques DINTINGER, Génomique des caractères d'intérêt (qualité et résistance) Thomas LE BOURGEOIS,

Biodiversité, endémisme et invasions

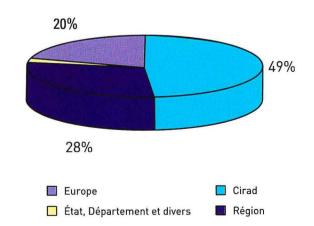
Pôle Qualité des productions agricoles et alimentaires tropicales (KAPPA)

Eric CARDINALE, Responsable

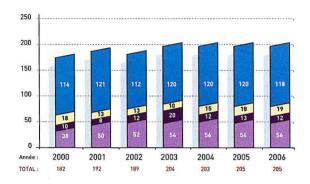
Philippe LECOMTE, Gestion optimisée des systèmes d'élevage Philippe CAO-VAN, Production intégrée fruitière et horticole Jacques JOAS, Elaboration de la qualité des produits alimentaires

■ Répartition des financements en 2006

Total des ressources du budget	Euros
Cirad	6 574 000
Région	3 787 000
État, Département et Divers	342 000
Europe	2 655 000
Total	13 358 000



■ Effectifs de 2000 à 2006





• • ■ Equipes en 2006

Direction régionale

Directeur Régional : Jean-Pierre GAY
Assistante de direction : Nadège NANGUET
Administration et finances (gestion, comptabilité) :
Cyrille DUTOUR, Philippe HAREL, Yvette MAILLOT,
Roselyne MOUNICHY, Marie-Yvonne RAMAYE,
Hélène RAYEPIN, Annia SAUTRON (apprentie),
Philippe SCHOETTEL, Jessica TATEL
Valorisation régionale : Dominique POLTI
Démarche qualité : Paul FALLAVIER

Démarche qualité : Paul FALL Marie-Vivienne BEGUE

Service du personnel : Véronique BOYER,

Delphine CARANDANTE

Systèmes d'Information : Henri BROUCHOUD Philippe AMIOT, Delphine COSTER*, Marie-Andrée DUMAY, Simon TERRASSON* Communication : Sophie DELLA MUSSIA

Jaela DEVAKARNE*

Infrastructures : Samuel LAURET Centre de ressources documentaires :

Micheline BAPTISTE

Infrastructures : Samuel LAURET Services généraux : Erick GAUVIN, Marie-Gabrielle MOREL, Philibert NADAL, Vincent ORANGE, Jean-Claude RIBOTTE,

Josian RIVIERE

Laboratoire d'analyses : Patrick LEGIER Marie Charlyne GAUVIN, Marie Frède GAUVIN, Charles HOARAU, Johny HOARAU, Jocelyn IDMOND, Aïdée Emilie LOMBARD, Jean Dolin MOUNY-LATCHIMY

Canne à sucre

Responsable du pôle: Pascal MARNOTTE
Secrétariat: Catherine ANGO
Modélisation: Jean-François MARTINE
Emmanuel HOARAU, Michel Rosaire JEANNETTE
Agronomie: Pierre-François CHABALIER, Valentine
LEBOURGEOIS**, Aurore BURY*, Caroline LEJARS,
Christophe POSER, Jean-Jo ESTHER, Lilian GAUVIN,
Ginot GAUVIN, Fabrice POINY, Jérôme MASSON*,
Ludovic ROBERT, Aurélien VELLE, Grégory VIGNAIS
Mécanisation: Dany DEURVEILHER
Station expérimentale de la Mare: Alix RASSABY
Bioclimatologie et gestion de l'eau (station de la
Ligne-Paradis): Jean-Louis CHOPART, Roland PIROT
Jean Luc BROSSIER, Lionel LE MEZO,
Mickaël MEZINO, Bernard MOUNY-LATCHIMY,

Fruits, Maraîchage et plantes aromatiques Responsable du pôle : Philippe CAO-VAN

Raymond NATIVEL, Maurice GUENO

Secrétariat : Anne-Marie LECHAUDEL, Maryse MERY (départ 08/06)

Fruits: Bernard ABUFERA, Claire BISSERY*, Philippe CABEU, Gaëlle DAMOUR**, Marie DARNAUDERY, Philippe DE BOISVILLIERS, Patrick FOURNIER (arrivé 08/06), Cédric FULMART (apprenti), Doralice JESSU, René Claude JUDITH, Jean Patrice LEBLE, Mathieu LECHAUDEL, Rose My PAYET, Louis PAULIN, Christian SORIA, Joseph Gilles MAILLOT, Thierry MICHELS, Séraphin Marco MOREL (départ 04/06), Frédéric NORMAND, Jean Frédéric PAYET, Jean Pierre RANGAYEN, Pierre-Guy LORILLON (apprenti), Raymond Georget TULLUS, Laurent URBAN (départ 06/06)

Elevage

Responsable du pôle: Philippe LECOMTE Secrétariat: Gisèle MOREL Uday BHASKAR NIDUMOLU, Jacques BONY, Jean-Philippe CHOISIS, Olivia FONTAINE, Jean-Yves LATCHIMY, Serge NABENEZA, My Hanh NGO*, Dominique NIOBE**, Marion PANNEQUIN*, Expédit RIVIERE, Jonathan VAYSSIERES**

Agriculture durable, environnement et forêt

Responsable du pôle : Jean Louis FUSILLIER, Secrétariat : Josie CARPANIN

Equipe GERT (Gestion des Ressources et du Territoire): Sigrid AUBERT, Xavier AUGUSSEAU, Bruce AYACHE, Aurélie BOTTA, William's DARE, Daniel DAVID*, Christophe DELCOURT*, Lionel RICHEFORT**

Equipe REGARD (Risque environnemental, Gestion Agronomique et Recyclage des Déchets):
Didier BARET, Blanche COLLIN**, Emmanuel
DOELSCH, Frédéric FEDER, François GUERRIN,
Samuel LEGROS**, Jean-Fabien MAYEN,
Jean-Michel MEDOC, Géraud MOUSSARD,
Hervé SAINT MACARY, Jean Guillaume ROBIN*,
Olivier SALMACIS, Patrick TECHER,
Aristhène TIBERE

Protection des plantes (3P)

Accueil : Océane DESIRE, Claudie CHANGEL Responsable du pôle : Bernard REYNAUD Centre de ressources documentaires : Micheline BAPTISTE Secrétariat : Magalie AURICANE, Chantal TERRENTROY Epidémiologie végétale en zone tropicale : THI NGOC**, Jean-Jacques CHERON, Laurent COS-TET, Magali PAYET, Lionel GAGNEVIN, Sophie GRANET*, André Walter GRONDIN, Katia JADE, Cédric LALLEMAND, Annie LAURENT, Laurent LE BLEIS, Delphine LEGRAND*, Daphné LINDERME*, Julien POMPON*, Olivier PRUVOST, Isabelle SOUSTRADE, Christian VERNIERE,

Nathalie AH-YOU**, Claudine BOYER, Ngoc Lan BUI

Dynamique et comportement des populations des bio-agresseurs et de leurs ennemis naturels : Cédric AJAGUIN-SOLEYEN, Nicolas BOROWIEC*, Jean-Michel BAPTISTE, Frédéric CHIROLEU, Jean-Philippe DEGUINE, Caroline DOMERG*, Pierre LEFEUVRE**, Didier FONTAINE, Antoine FRANCK, Serge GLENAC, Martial GRONDIN, Sabrina HIERNARD*, André HOARAU, Murielle HOAREAU, Sylvain LEBON, Jean-Michel LETT, Marie Ludders MOUTOUSSAMY, Samuel NIBOUCHE, Jim PAYET, Serge QUILICI, Jérémy RAMIN, Pascal ROUSSE**, Philippe RYCKEWAERT, Magali THIERRY*, Aurélie TRIBOIRE*, Richard TIBERE, Patrick TURPIN, Christophe SIMIAND

Génétique et caractérisation de la résistance des plantes aux bio-agresseurs : Johnny ACAPANDIE, Johann AGRAPART*, Paul BOILLY, Séverine BORY**, Emmanuelle CHAPIER, Jean-Bernard DIJOUX, Jacques DINTINGER, Michel GRISONI, Julien MAYEN, Iréné PROMI, Claude RIVIERE,

Michel ROUX-CUVELIER, Auguste TAÏLAME, Nicolas TALIBART, David TEYSSEDRE, Hugues TELISMART Biodiversité, endémisme et invasions: Thomas LE BOURGEOIS, Gérard LEBRETON,

Jean-Noël RIVIERE, Jean-Michel SARRAILH,

Agro-alimentaire

Erwann LAGABRIELLE**

Responsable du pôle : Eric CARDINALE Elodie ARNAUD, Jacques JOAS, Jean-Yves LECOMPTE**, Jérôme MINIER, Aurélie PEDARRIEU, Sunita SANTCHURN**, Adeline VION*, Emmanuelle VULCAIN*

Projet Café

Responsable : Frédéric DESCROIX

- * Volontaires Civils à l'Aide Technique
- * * Doctorants

Photographies

Couverture : Jean-Yves Sadeyen, caféiculteur expérimentateur à Trois Bassins (programme Bourbon pointu). © Cirad p. 3 : Photos de personnel du Cirad au laboratoire. © Spv, Cirad, Design System p. 4 : Photos de partenaires du Cirad. © Spv, Cirad

4e de couverture : © Cirad, Ird



CoordinationSophie Della Mussia

Réalisation

Direction régionale de la Réunion

Maquette

OTCHOZ Graphisme & multimédia

Impression

Repro Systèmes Imprimerie - St-Benoît (974)

Dépôt légal n° 082007 - 0001 RC 90 B 459



Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

Direction régionale de la Réunion B.P. 20 97408 Saint-Denis Messageries Cedex 9

Téléphone : +262 262 52 80 00 Télécopie : +262 262 52 80 01

Site web:

http://www.cirad.fr/reunion







