Le Cirad en 2006

Le Cirad en 2006

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.

© Cirad, juin 2007

ISBN : 978-2-87614-647-1
EAN : 9782876146471

Avant-propos

L'agriculture est désormais reconnue comme l'un des facteurs clés du développement, comme en témoignent les orientations actuelles de la Banque mondiale ; elle fournit un emploi à près de la moitié de la population active mondiale, participe à la gestion harmonieuse des paysages et contribue à la préservation des ressources. Ces fonctions font, plus que jamais, de la recherche agronomique une nécessité.

Cette recherche est aujourd'hui confrontée à de nouveaux défis. Selon la Fao, les disparités ne cessent de s'accroître : dans un monde globalement plus riche, la sous-alimentation progresse — elle touche plus de 800 millions de personnes — et sa répartition devient préoccupante. La fourniture par l'agriculture d'énergie et de biomatériaux, actuellement à l'ordre du jour, risque encore d'amplifier les tensions pour l'utilisation de l'espace agricole. La prégnance des risques planétaires que font courir les maladies émergentes se confirme avec la crise de la grippe aviaire, et les attentes des décideurs et de la société vis-à-vis de la recherche sont ici particulièrement fortes. Quant au Sud, avec lequel le Cirad entretient des relations étroites et continues, il se caractérise par des disparités croissantes, entre les pays et en leur sein, de sorte que la notion de Sud recouvre une pluralité de situations. Pays riches, pays pauvres, pays émergents, tous sont invités à rechercher des solutions aux grands problèmes planétaires.

Au printemps 2006, leurs ministères de tutelle ont demandé au Cirad et à l'Inra d'élaborer une stratégie commune en vue de « constituer une offre élargie de compétences en agronomie et gestion des ressources renouvelables en direction des pays en voie de développement ». Des résultats importants ont déjà été obtenus. L'accord avec le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (Gcrai), signé en octobre 2006, a pour objectif de renforcer les synergies entre le système international et le Cemagref, le Cirad et l'Inra, afin de répondre aux objectifs du Millénaire pour le développement, prônés par les Nations unies, particulièrement celui de lutter contre la pauvreté dans un processus de développement durable. Associé au World Vegetable Center (Avrdc) et à la Société internationale des sciences horticolas (Ishs), le Cirad a lancé, en mars 2006, l'Initiative horticole mondiale afin de rendre plus efficace et plus équitable la recherche horticole pour le développement.

En 2006, la recherche agronomique à Montpellier a été reconnue comme l'un des treize domaines d'excellence français, avec la labellisation en tant que Réseau thématique de recherche avancée (Rtra) du projet porté par le Cirad, l'Inra et Montpellier SupAgro. Centré sur les sciences du végétal, du gène au système, ce réseau croise les approches biotechnique et socio-économique sur des problématiques tempérées, méditerranéennes et tropicales. Ouvert à toute la communauté scientifique montpelliéraine et à ses partenaires, ce réseau rassemble 500 chercheurs et enseignants de haut niveau. Il bénéficie de moyens nouveaux, qui lui permettront de confirmer son rôle de premier plan sur la scène internationale. Le Cirad et l'Inra ont, par ailleurs, lancé la prospective Agrimonde, qui sera conduite sur deux ans.

A la fin de l'année, le Cirad a adapté son organisation et renouvelé sa gouvernance, en maintenant les unités de recherche au cœur de son activité. Le nombre de ses départements a été réduit et leur nature scientifique réaffirmée. Chaque département est centré sur un ensemble spécifique d'objets et de questions : le gène et l'organisme, végétal ou animal, pour le département Systèmes biologiques ; les systèmes de production et de transformation pour le département Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux ; la gestion des ressources et les dynamiques territoriales pour le département Environnements et sociétés. La stratégie scientifique occupe désormais une place prépondérante ; elle est définie, de manière collégiale, par le directeur général, le directeur de la recherche et de la stratégie et les directeurs des départements. Au directeur de la recherche et de la stratégie sont également rattachées les directions régionales afin que prévale une seule logique de programmation, qui prenne en compte simultanément les dimensions scientifiques, partenariales et géographiques. Enfin, l'année 2007 verra le lancement du groupement d'intérêt public Initiative française pour la recherche agronomique internationale, outil commun de réflexion sur la programmation à l'échelle internationale du Cirad et de l'Inra.

Les résultats présentés dans ce rapport témoignent de manière concrète des travaux scientifiques du Cirad, mais aussi de ses activités dans les domaines de la formation et de l'information. Exigence fondatrice pour l'établissement, le partenariat y tient une place essentielle. C'est ainsi qu'au fil des années le Cirad dessine le paysage de ses recherches et de ses compétences, au service de son engagement pour le développement.

Sommaire

Avant-propos

3

Les recherches

Connaître ●●●

- OryGenesDB, à la découverte
de la fonction des gènes chez le riz 8
- Des gènes impliqués
dans la qualité du café 10
Le paradoxe du café 11
- Le charbon de la canne à sucre :
diversité du champignon
et génétique de la résistance 11
- Images et arôme de vanille 13
- La silice renforce la résistance de la canne
à sucre au foreur des tiges 14
- Paysages à risque et comportement
des glossines : les bases
de la lutte antivectorielle 16
- Une table de composition en polyphénols
des fruits et légumes 17

Préserver ●●●

- Les variétés locales de riz en Guinée :
diversité, dynamique et conservation 19
- Agroforesterie et caféiculture :
produire mieux et durablement 20
- Les plantes envahissantes : une menace
pour la biodiversité à la Réunion 22

- L'avenir de l'agriculture irriguée
en Méditerranée 24
La gouvernance de l'eau 25
- La production porcine
dans le delta du fleuve Rouge 25
- Sauvegarder les espèces animales
menacées au Vietnam 27

Partager ●●●

- Kassa, de nouvelles questions de recherche
sur l'agriculture de conservation 29
Approches biologiques du sol 30
- Des formations sur l'impact de la gestion
des matières organiques 31
- L'observatoire,
support de l'action collective 32
- Ranema, un module de formation
en épidémiologie à distance 33
- Cultiver dans les villes :
une réponse à l'urbanisation 34
- Le libre accès
à la connaissance scientifique 36
*Les éditions Quae, la nouvelle maison
d'édition du Cirad* 25

Innover ● ● ■

- ● ■ Un diagnostic universel et précoce
du dépérissement bactérien
de l'anthurium 38
- ● ■ Culture in vitro du palmier à huile :
un procédé de seconde génération 39
*Une filiale pour exploiter un champ
semencier de palmiers à huile en Thaïlande* 40
- ● ■ Le contrôle génétique du sexe
chez les tilapias 41
- ● ■ Peste bovine et peste des petits ruminants :
l'ARN interférent au cœur
d'un futur traitement 42
- ● ■ Les indications géographiques
dans les pays émergents 44

Anticiper ■ ■ ●

- ■ ● Agrimonde : agricultures
et alimentations du monde en 2050 46
- ■ ● Les maladies émergentes :
un défi pour la recherche 47
*Risques phytosanitaires émergents :
le Huanglongbing des agrumes* 47

Les indicateurs

- Les moyens humains et l'évolution
des compétences 52
- La politique scientifique et partenariale 55
- La valorisation 58
- Les moyens financiers 58
- La politique de la qualité 59

L'organisation

- L'organisation générale en avril 2007 62
- Le Cirad dans le monde 66

Les recherches

Connaître...

8

● ● ● OryGenesDB, à la découverte de la fonction des gènes chez le riz

La séquence complète du génome du riz est désormais connue. Elle comporte de 40 000 à 60 000 gènes. Il s'agit maintenant d'en déterminer la fonction biologique : c'est le domaine de la génomique fonctionnelle. Pour faciliter cette étude, une base de données vient d'être créée par le Cirad. Elle regroupe l'ensemble des informations génomiques essentielles sur le riz, en particulier les séquences adjacentes (FST) aux sites d'intégration d'éléments mutagènes présents dans les collections de mutants d'insertion. Ces étiquettes permettent d'accéder à la fonction des gènes en reliant directement gène et phénotype, dans une démarche de génétique inverse.

Outre son intérêt agricole, le riz présente l'avantage de posséder un petit génome et des similarités de séquences et d'organisation génique avec les autres céréales, qui en font une plante modèle pour étudier les monocotylédones. Le séquençage complet de son génome s'est achevé en décembre 2004. Il révèle une abondance inattendue de gènes, de l'ordre de 40 000 à 60 000, alors qu'on en compte seulement 27 000 chez *Ara-*

bidopsis thaliana, l'espèce modèle pour les dicotylédones. Il s'agit maintenant de déterminer la fonction biologique de tous ces gènes : c'est le domaine de la génomique fonctionnelle.

L'apport de la génomique

Pour déterminer cette fonction, plusieurs études fondées sur la mutagenèse insertionnelle ont été entreprises. Cette méthode permet d'insérer, au hasard dans le génome, un fragment d'ADN repérable, l'ADN-T ou ADN de transfert (ou un élément transposable). Lorsque celui-ci s'intègre dans un gène, il peut en altérer la fonction et provoquer la modification du caractère correspondant. Le gène muté est localisé grâce à l'élément inséré, et sa fonction est identifiée grâce au caractère affecté. Le repérage systématique des sites d'insertion se fait par séquençage à grande échelle à partir des éléments mutagènes intégrés.

Une collection de 30 000 lignées d'insertion d'ADN-T et 40 000 FST (*flanking sequence tag*) ont ainsi été produits au Cirad dans le cadre du projet Génomplante. Parallèlement, d'autres collections de mutants ont été créées par différents laboratoires internationaux. Pour exploiter ces informations, une base de données intégrative, OryGenesDB, qui regroupe l'ensemble de ces ressources ainsi que les données génomiques essentielles sur le riz, a été conçue.

Un système complet d'information

L'objectif du système d'information OryGenesDB est de permettre aux généticiens moléculaires de trouver rapidement des mutants d'insertion pour des gènes d'intérêt et de récupérer le maximum d'annotations liées à ces gènes par une démarche de génétique inverse, de la séquence au phénotype.

Une interface graphique qui permet de naviguer le long du génome.

Le riz, une plante modèle pour étudier les monocotylédones. © J.E. Taillebois/Cirad.

Le cœur du système est constitué par le logiciel générique Genome browser, une application web de visualisation d'annotations génomiques. Il offre une interface graphique conviviale, qui permet de naviguer le long du génome et de visualiser facilement l'ensemble des annotations génomiques disponibles. Le référentiel du système correspond aux pseudo-molécules, ou chromosomes, du riz issues du site de l'institut de recherches génomiques (Tigr). Outre les FST, différentes informations, comme les ADNc pleine longueur, les groupes de séquences exprimées de plusieurs céréales (blé, maïs, orge, sorgho, canne à sucre), les marqueurs moléculaires et des données d'expression, y ont été intégrées sous la forme de couches d'annotations. Des outils complémentaires ont été développés pour faciliter la recherche et la

visualisation des informations : recherche par numéro d'accension, par mots clés, par domaine protéique conservé ou encore par homologie de séquence. Le résultat de la recherche peut ensuite être archivé sous la forme d'un fichier Excel.

Un outil incontournable pour explorer la fonction des gènes

Afin de simplifier et d'intensifier les analyses fonctionnelles du génome du riz, deux autres bases de données, développées en parallèle, vont être reliées à OryGenesDB. Oryza Tag Line (OTL) est le versant phénotypique de la base OryGenesDB. Elle référence l'ensemble des données morphologiques et physiologiques recueillies sur les lignées d'insertion d'ADN-T. La connexion de ces deux bases permettra d'identifier rapidement l'effet d'une mutation dans un gène donné en recherchant les caractéristiques morphologiques et physiologiques des plantes correspondantes. Enfin, pour exploiter la masse d'informations réunies sur *Arabidopsis thaliana*, une nouvelle base de données, Greenphyl, a été créée. Elle permet de classer l'ensemble des séquences provenant du riz et d'*Arabidopsis* en familles puis de déterminer, à l'aide d'un outil automatique, les équivalents fonctionnels les plus probables chez les deux espèces.

OryGenesDB est maintenant la base de données centrale pour l'analyse fonctionnelle des gènes du riz au Cirad. Elle est largement utilisée par la communauté internationale. Sa puissance et sa simplicité d'utilisation devraient en faire un outil incontournable pour explorer la fonction des gènes d'intérêt agronomique chez les autres céréales.

● ● ● **Christophe Périn, Gaëtan Droc, Pierre Larmande, Emmanuel Guiderdoni, Manuel Ruiz, Brigitte Courtois,** Umr Polymorphismes d'intérêt agronomique (Pia)

christophe.perin@cirad.fr

Partenaires

Wageningen, University and Research Centre, Plant Research International (Pays-Bas). Le développement d'OryGenesDB a été financé par la Commission européenne (projet Cereal gene tag CT-2001-01453) et le Challenge Programme Generation (projet Rice stress mutants).

Bibliographie

Antonio B.A., Buell C.R., Yamazaki Y., Yap I., Perin C., Bruskiewich R., 2007. Informatics resources for rice functional genomics. In : Rice functional genomics: challenges, progress and prospects, Upadhyaya N.M. (éd.). New York, Springer, p. 365-406.

Droc G., Ruiz M., Larmande P., Pereira A., Piffanelli P., Morel J.B., Dievart A., Courtois B., Guiderdoni E., Périn C., 2006. OryGenesDB: a database for rice reverse genetics. Nucleic Acids Research, 34 : D736-D740.

Enkevort L.J.G., Droc G., Piffanelli P., Greco R., Gagneur C., Weber C., González V.M., Cabot P., Fornara F., Berri S., Miro B., Lan P., Rafel M., Capell T., Puigdomènech P., Ouwerkerk P.B.F., Meijer A.H., Pe E., Colombo L., Christou P., Guiderdoni E., Pereira A., 2005. EU-OSTID: a collection of transposon insertional mutants for functional genomics in rice. Plant Molecular Biology, 59 : 99-110.

Yuan Q., Ouyang S., Wang A., Zhu W., Maiti R., Lin H., Hamilton J., Haas B., Sultana R., Cheung F., Wortman J., Buell C.R., 2005. The institute for genomic research Osa1 rice genome annotation database. Plant Physiology, 138 : 18-26.

Site

<http://orygenesdb.cirad.fr>

● ● ● Des gènes impliqués dans la qualité du café

Le saccharose est un composé essentiel de la qualité organoleptique du café. Une équipe du Cirad et de l'institut agronomique brésilien du Paraná vient d'identifier les gènes responsables de l'accumulation de ce sucre dans les grains. Un pas de plus vers la production d'un café d'excellence.

Pour maintenir leurs revenus, les planteurs doivent plus que jamais miser sur la production d'un café de qualité. Or, l'amélioration de la qualité du café à la tasse passe par une meilleure connaissance des processus biologiques — floraison, maturation du fruit — qui déterminent les caractéristiques du produit final. Certains composés, comme les sucres, les lipides et la caféine, sont connus pour leur implication dans la qualité du café. Le saccharose, en particulier, est considéré comme un composé essentiel de la qualité organoleptique : sa dégradation lors de la torréfaction produit en effet plusieurs précurseurs d'arômes et de saveurs.

Une enzyme responsable de l'accumulation du saccharose

Depuis 2001, le Cirad et l'institut agronomique brésilien du Paraná mènent des recherches sur la maturation du grain de caféier. En partenariat avec l'université de Campinas, au Brésil, ils ont caractérisé les enzymes clés du métabolisme du saccharose au cours du développement du grain, à partir de techniques de biologie moléculaire et de biochimie.

Ces travaux ont montré qu'une enzyme, la synthétase de saccharose, est responsable de l'accumulation de ce sucre dans les grains de café Arabica. Contrairement à d'autres plantes, la participation des invertases à ce métabolisme est mineure. La synthétase de saccharose existe sous la forme d'au moins deux protéines proches et de même fonction biologique — des isoformes — mais qui

sont codées par deux gènes distincts : *Sus1* et *Sus2*.

L'expression de ces gènes a été analysée au sein des différents tissus du fruit en développement (pulpe, péricarpe, albumen, grain). L'accumulation du saccharose dans les grains en fin de maturation, avant la récolte, est contrôlée par l'isoforme *Sus2*. L'isoforme *Sus1*, quant à elle, semble être impliquée dans la dégradation du saccharose et donc dans la production d'énergie. Son expression est en effet toujours détectée durant les phases précoces de division et d'expansion cellulaire des jeunes tissus.

Des marqueurs précoces de la qualité

Dans une seconde phase, la diversité nucléotidique de ces gènes a été étudiée afin d'expliquer la variabilité de la teneur en saccharose des grains entre les espèces de *Coffea* ou au sein d'une même espèce. Les gènes ont été cartographiés et testés quant à leur implication dans cette variabilité. Ils constitueront des marqueurs précoces du contenu en saccharose, et donc de la qualité du café produit.

Première application de ces résultats : une étude des relations entre l'ombrage, connu pour accroître la qualité du café, et les enzymes du métabolisme du saccharose. Un essai au champ révèle ainsi que la synthétase de saccharose et la phosphate synthétase de saccharose, une autre enzyme du métabolisme du saccharose, présentent des activités plus élevées dans les grains de caféiers cultivés à l'ombre que dans ceux cultivés en plein soleil. Dans le cas de la synthétase

de saccharose, cette activité est corrélée avec l'augmentation de l'expression du gène *Sus2*, qui a été observée dans les grains des plants ombragés. Cependant, la teneur finale en saccharose des grains n'est pas plus élevée sous ombrage : la qualité du café pourrait alors résulter d'une réorientation du métabolisme glucidique vers la synthèse d'autres composés, comme les lipides, susceptibles d'y être également impliqués.

● ● ● Thierry Leroy, Pierre Marraccini, David Pot, Umr Polymorphismes d'intérêt agronomique (Pia)
thierry.leroy@cirad.fr

Le saccharose accumulé dans les grains est l'un des composés organoleptiques du café. © P. Marraccini/Cirad.

Partenaires

Ambassade de France au Brésil, Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (Cbpdc, Brésil), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, Brésil), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar, Brésil), université de l'Etat de Londrina (Brésil), université de Campinas (Unicamp, Brésil).

Bibliographie

De Castro R., Marraccini P., 2006. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 : 175-199.

Geromel C., Ferreira L.P., Cavalari A.A., Pereira L.F.P., Guerreiro S.M.C., Vieira L.G.E., Leroy T., Pot D., Mazzafera P., Marraccini P., 2006. Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. *Journal of Experimental Botany*, 57 : 3243-3258.

Leroy T., Marraccini P., Dufour M., Montagnon C., Lashermes P., Sabau X., Ferreira L.P., Jourdan I., Pot D., Andrade A.C., Glaszmann J.C., Vieira L.G.E., Piffanelli P., 2005. Construction and characterization of a *Coffea canephora* BAC library to study the organization of sucrose biosynthesis genes. *Theoretical and Applied Genetics*, 111 : 1032-1041.

Leroy T., Ribeyre F., Bertrand B., Charmetant P., Dufour M., Montagnon C., Marraccini P., Pot D., 2006. Genetics of coffee quality. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 : 229-242.

Le paradoxe du café

Cet ouvrage part d'un constat. Les échanges internationaux ont fortement progressé ces deux dernières décennies et représentent une source importante de revenus pour les pays en développement. Pourtant, si nombre d'entre eux sont depuis longtemps producteurs et exportateurs de produits tropicaux, ils sont toujours aussi pauvres.

A partir de l'étude de la « chaîne globale de valeur » du café, les auteurs considèrent de manière nouvelle le problème du développement des pays exportateurs de produits de base. Ils analysent ainsi le paradoxe du café — la coexistence d'un boom du café dans les pays consommateurs et d'une crise du café dans les pays producteurs — et prouvent que le paradoxe du café existe parce que le café que les agriculteurs vendent et celui que les consommateurs achètent sont de plus en plus différents. Les consommateurs ne payent pas une qualité matérielle, mais plutôt des attributs symboliques. Et tant que les caféiculteurs et leurs organisations ne contrôleront pas, au moins en partie, cette production « immatérielle », ils continueront d'être faiblement rémunérés. Au-delà de l'étude de cas, cet ouvrage contribue à un profond renouvellement de l'analyse de la filière.

● ● ● **Benoit Daviron**, Upr Normes et régulation des marchés agricoles
benoit.daviron@cirad.fr

Bibliographie

Daviron B., Ponte S., 2005. The coffee paradox: global markets, commodity trade and the elusive promise of development. Londres, Zed Books, 296 p.

Daviron B., Ponte S., 2006. La paradoja del café: mercados globales, comercio de bienes primarios y la esquivada promesa del desarrollo. Bogotá, Fedecafé de Colombia, Fondo Nacional Cafetero, International Coffee Organisation, 288 p.

Champs de *Coffea arabica* cultivés en escalier, Esperito Santo, Brésil. © P. Marraccini/Cirad.

● ● ● 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.

Le 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 xx^e 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

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.

© J.-C. Girard/Cirad.

à des loci distincts, est plus ou moins fort chez les plantes cultivées selon l'histoire 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)

louis-marie.raboin@cirad.fr

Partenaires

Centre d'étude, de recherche et de formation (Cerf, Réunion), Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicana, Colombie), Compagnie sucrière sénégalaise (Sénégal), Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado

de São Paulo (Copersucar, Brésil), Hawaii agriculture Research Center (Hawaii), GPM Sugar Group (Indonésie), Japan International Research Center for Agricultural Sciences (Jircas, Japon), Mauritius Sugar Industry Research Institute (Msiri, Maurice), Mitr Phol Sugarcane Research Center (Thaïlande), Philippine Sugar Research Institute Foundation (Philippines), Société nationale sucrière (Sosuco, Burkina Faso), South African Sugar Research Institute (Sasri, Afrique du Sud), Texas Agricultural Experiment Station (Etats-Unis), Uttar Pradesh Council of Sugarcane Research (Inde).

Bibliographie

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 map-

ping 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., Brotier 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. (doi:10.1016/j.fgb.2006.07.004).

● ● ● Images et arôme de vanille

Au cours de la maturation du fruit, la glucovanilline accumulée dans la gousse de vanille encore verte est hydrolysée par une glucosidase, qui libère l'arôme de vanille. Mais la localisation de ces deux composés au sein de la gousse fait l'objet de controverses. Grâce à l'imagerie cellulaire et aux nouvelles techniques de déconvolution spectrale, il est désormais possible d'identifier précisément in situ ces deux métabolites. Et d'envisager à terme d'améliorer les procédés de traitement après récolte de la gousse.

L'imagerie cellulaire connaît aujourd'hui une véritable révolution liée à l'essor des techniques de marquage in situ et à l'évolution des performances des microscopes, qui s'est considérablement accélérée au cours des dix dernières années. Il est en effet désormais possible d'analyser la composition spectrale de la lumière de chaque pixel

d'une image. La déconvolution spectrale, à la base de cette analyse, fait appel à des algorithmes puissants qui permettent de décomposer un spectre d'émission complexe en spectres élémentaires enregistrés comme témoins. Au départ, ce système a été développé pour les biologistes

qui souhaitent suivre, dans un même tissu, plusieurs protéines marquées avec des tags de couleur différente.

Au sein du plateau d'histocytologie et d'imagerie cellulaire végétale, cette technique a été utilisée pour localiser in situ des métabolites secondaires de la gousse de vanille, présentant des différences de fluores-

cence : la vanilline et son précurseur glucosylé, la glucovanilline. Au cours de la maturation du fruit, la glucovanilline accumulée dans la gousse encore verte est hydrolysée par une glucosidase, ce qui libère l'arôme de vanille.

Fleur du vanillier.
© P. Lachenaud/Cirad

Localiser précisément la vanilline dans la gousse

Des poudres de vanilline et de glucovanilline purifiées ont été observées au microscope confocal, et leurs spectres d'émission respectifs enregistrés. Ces spectres témoins ont été utilisés pour analyser la lumière de fluorescence d'une coupe de gousse et retrouver les pixels de l'image qui contiennent l'un ou l'autre des spectres ou les deux spectres superposés. Il a ainsi été possible de distinguer les zones de l'image et de la coupe qui correspondaient à la glucovanilline de celles qui correspondaient à la vanilline.

La glucovanilline s'accumule essentiellement dans la zone interne de la gousse et, plus précisément, dans les placentas, les papilles sécrétrices et autour des graines, dans la cavité de la gousse. La vanilline se retrouve dans les cellules des placentas et au voisinage des graines. Les expériences menées sur

Coupe histocytologique d'une gousse de vanille.
© J.L. Verdeil/Cirad

● ● ● Jean-Luc Verdeil, Umr Biologie du développement des espèces pérennes cultivées (Bepc),
Eric Odoux, Upr Qualité des aliments tropicaux
jean-luc.verdeil@cirad.fr

Partenaires

Centre national de la recherche scientifique (Cnrs, France), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Plate-forme régionale d'imagerie de Montpellier (Rio Imaging, <http://mri.cnrs.fr>).

Bibliographie

Odoux E., Escoute J., Verdeil J.L., Brioulet M., 2003. Localization of β -D-glucosidase activity and glucovanillin in vanilla bean (*Vanilla planifolia* Andrews). *Annals of Botany*, 92 : 437-444.

Odoux E., Escoute J., Verdeil J.L., 2006. The relation between glucovanillin, β -D-glucosidase activity and cellular compartmentation during the senescence, freezing and traditional curing of vanilla beans. *Annals of Applied Biology*, 149 : 43.

de nombreux témoins ont permis de confirmer cette localisation. Elles ont aussi mis en évidence la puissance de la déconvolution spectrale pour localiser in situ des métabolites secondaires, et les limites de cette technique.

Ces données expérimentales ouvrent des perspectives pour le contrôle des procédés de traitement après récolte de la gousse. En effet, le procédé utilisé

dans les pays producteurs, qui est issu d'une longue tradition, est totalement empirique. Dans ces conditions, il est presque impossible de diagnostiquer correctement l'origine des défauts qualitatifs rencontrés. Ces travaux constituent une étape indispensable vers une meilleure compréhension de l'élaboration de la qualité de la vanille au cours de sa transformation.

● ● ● La silice renforce la résistance de la canne à sucre au foreur des tiges

Le foreur Eldana saccharina est l'un des principaux ravageurs des cultures de canne à sucre. Une étude menée par le Cirad et le Sasri, en Afrique du Sud, prouve que la silice joue un rôle dans la résistance de la canne à sucre en activant ses défenses naturelles et que ce rôle est plus marqué en cas de stress hydrique. Ces travaux ouvrent la voie à une nouvelle méthode de lutte agrobiologique.

Avec 20,4 millions d'hectares plantés en 2005, la culture de la canne à sucre occupe une place importante dans l'économie mondiale. Elle connaît un essor sans précédent avec la production de bioéthanol, un biocarburant dont la demande devrait progresser dans les années à venir. Les plantations subissent, cependant, les assauts de nombreux insectes. Et plusieurs espèces provoquent des dégâts importants sur la plante. C'est le cas notamment des

lépidoptères foreurs comme *Eldana saccharina* (Pylalidae) dont la chenille creuse des galeries dans les cannes et provoque de ce fait des pertes en sucre et en biomasse. L'incidence économique est considérable : selon des estimations réalisées à la Réunion avec un autre foreur, une infestation où plus de 90 % des cannes sont attaquées avec 20 % d'entre-nœuds perforés occasionne jusqu'à 30 tonnes de pertes à l'hectare sur les variétés sensibles.

Limiter les dégâts sur les variétés sensibles

La lutte chimique contre ce type de ravageur est difficile dans la mesure où les larves et les chenilles responsables des dégâts sont protégées à l'intérieur des tiges. La lutte biologique, expérimentée depuis de nombreuses années sur *E. saccharina*, n'a pas donné de résultats probants. Les recherches se concentrent donc aujourd'hui sur

La chenille de *Eldana saccharina* creuse des galeries dans les cannes et provoque de lourdes pertes en sucre et en biomasse.
© R. Goebel/Cirad.

l'identification des facteurs agronomiques qui freinent le développement du foreur. En partenariat avec le Sasri, l'institut sud-africain de recherche sur le sucre, le Cirad a mené, durant trois ans, un vaste programme de recherche en Afrique du Sud, l'un des principaux pays producteurs de canne à sucre.

Les résultats des expérimentations en serre et au laboratoire sont convainquants : l'apport de silice réduit de manière significative les dégâts, toutes variétés confondues, avec ou sans stress hydrique. Sur les variétés sensibles et en conditions de stress hydrique, les dégâts atteignent même des niveaux très faibles, équivalents à ceux mesurés chez les variétés résistantes quelles que soient les conditions hydriques. On estime aujourd'hui que l'action de la silice sur les variétés sensibles éviterait la perte de 20 %, voire 30 %, du rendement en sucre, sans compter les

pertes en biomasse dues à l'insecte. En revanche, l'apport de silice ne modifie pas la dureté des tiges ni la qualité du sucre.

Une nouvelle méthode de lutte agrobiologique

Ce rôle actif de la silice soluble dans l'amélioration du système de défense de la plante pourrait s'expliquer, en cas de stress hydrique, par des modifications de la concentration et de la structure de la silice dans les tissus de la plante. Ces modifications entraîneraient une efficacité accrue de l'effet de barrière à la pénétration des larves, sans que la dureté des tissus soit modifiée. Selon une autre hypothèse, la silice pourrait renforcer l'expression des défenses naturelles de la plante, qu'elles soient chimiques ou physiologiques. Ces mécanismes de défense restent à élucider. Les expérimentations à venir, notamment dans le cadre d'une collaboration avec l'université du Kwazulu Natal, en Afrique du Sud, vont permettre d'étudier le rôle de la silice au sein même de la plante. Il s'agira de localiser les dépôts de silice dans la tige qui interviennent dans le mécanisme de barrière et de déterminer la nature de cette barrière.

En Afrique du Sud, 60 % des sols sont déficitants en silice disponible pour la canne à sucre.
© R. Goebel/Cirad.

Ces résultats laissent espérer à terme l'utilisation généralisée de la silice dans le cadre de la lutte agrobiologique contre le foreur. Les producteurs des bassins canniers d'Afrique du Sud sont particulièrement concernés : dans cette région, 60 % des sols sont déficitants en silice disponible pour la plante. A cette déficience s'ajoute parfois un manque d'eau, qui aggrave les infestations du foreur. Des amendements en silicate de calcium pourraient permettre de mieux contrôler le ravageur en plein champ, y compris avec des variétés sensibles. Des essais au champ sont prévus en 2007 et 2008, avant la diffusion de cette méthode auprès des producteurs.

Ce sujet de recherche a reçu le prix Kynoch de la meilleure contribution au congrès de la South African Sugar Technologists' Association en juillet 2006 à Durban, Afrique du Sud.

● ● ● François-Régis Goebel,
Upr Systèmes canniers
regis.goebel@cirad.fr

Partenaires

South African Sugar Research Institute (Sasri, Afrique du Sud), université de Witwatersrand (Afrique du Sud).

Bibliographie

Kvedaras O.L., Keeping M.G., Goebel R., Byrne M. *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) larval performance and stalk damage in sugarcane: influence of plant silicon and feeding site. *International Journal of Pest Management* (sous presse).

Kvedaras O.L., Keeping M.G., Goebel F.R., Byrne M. Water stress augments silicon-mediated resistance of susceptible sugarcane cultivars synergy in resistance of sugarcane cultivars to the stalk borer, *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Bulletin of Entomological Research* (sous presse).

Kvedaras O.L., Keeping M.G., Goebel R., Byrne M., 2006. Silicon and water stress synergy in resistance of sugarcane cultivars to the stalk borer, *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae). *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*, 80 : 291-296.

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

● ● ● Paysages à risque et comportement des glossines : les bases de la lutte antivectorielle

En Afrique subsaharienne, les trypanosomoses animales transmises par les glossines ont des conséquences économiques considérables sur l'élevage. Pour lutter contre ces maladies, il est indispensable de bien connaître l'écologie des glossines, en particulier les facteurs qui influencent leur capacité vectorielle. Des études, menées principalement au Burkina Faso, tentent de cerner ces facteurs.

Au Burkina Faso, les trypanosomoses sont transmises principalement par deux espèces de glossines, qui vivent le long des cours d'eau : *Glossina palpalis gambiensis* et *G. tachinoides*. Les travaux sur les paysages à risque, mais aussi sur le mode d'alimentation des mouches, permettent de mieux cibler la lutte antivectorielle tant dans l'espace qu'à l'échelle de l'animal, et d'étendre à la lutte contre les glossines une technique utilisée pour les tiques.

Identifier les paysages à risque

Une première série d'études a porté sur les relations entre les groupements végétaux ripicoles et l'abondance des glossines dans le Mouhoun, une région du nord-ouest du pays. Les paysages aux abords du fleuve ont fait l'objet d'une analyse par télédétection. Les cordons ripicoles étant des entités spatiales trop petites pour être analysées

directement, ce sont les pixels environnants qui ont été examinés sur les images du satellite Landsat 7 TM (pixels à 30 mètres). Ils ont permis de déterminer certaines propriétés du cordon ripicole, comme sa dégradation ou son écotype, en identifiant des groupes de voisinage similaire, puis en les confrontant aux relevés de terrain. Le risque de transmission trypanosomienne cyclique y est ensuite estimé en calculant le taux d'inoculation entomologique, produit de la densité relative des vecteurs par le pourcentage de glossines infectantes. Cette analyse a permis de localiser le risque trypanosomien en considérant ces composantes principales de la capacité vectorielle sur l'ensemble de la boucle du Mouhoun, soit 702 kilomètres de réseau hydrographique. Elle a abouti à la définition de trois paysages à risque.

La saturation des espaces, avec l'augmentation de la densité animale et l'extension des cultures de rente, combinée à la réduction de la pluviosité est à l'origine d'une fragmentation toujours plus poussée des écosystèmes favorables aux glossines. Les cordons ripicoles constituent alors des corridors qui permettent aux mouches de circuler entre les zones favorables résiduelles, lesquelles se situent autour des zones protégées. Des études de dispersion — par marquage, lâcher et recapture —, de

génétique des populations et de morphométrie géométrique permettent de quantifier ces flux et de mieux comprendre la structure des populations cibles, leur degré d'isolement et leur taille.

Ces études préalables à la lutte antivectorielle sont destinées aux grands projets de contrôle à l'échelle de populations entières, notamment dans le cadre de la Campagne panafricaine d'éradication des glossines et des trypanosomoses (Pattec). Elles permettent de circonscrire les opérations, mais aussi d'implanter des barrières pour isoler des sous-unités plus vulnérables, qui peuvent être attaquées séquentiellement.

Comportement trophique et lutte antivectorielle

L'étude des vecteurs eux-mêmes, en particulier de leur mode de nutrition, est à l'origine de la découverte de deux spécificités déterminantes pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses. D'abord, l'existence d'un apprentissage, qui oriente les préférences trophiques vers le premier hôte rencontré. Cette découverte remet en cause les modèles épidémiologiques actuels, qui ne tiennent pas compte de ce phénomène et considèrent la préférence trophique des individus — l'une des composantes de la capacité vectorielle — comme constante. Ensuite, la confirmation d'un tropisme, qui pousse

Glossina tachinoides Westwood.
© J. Bouyer/Cirad.

les glossines à attaquer l'extrémité des membres des bovins. Ce résultat a une application pratique immédiate : l'adaptation du pédiluve acaricide-insecticide avec la mise au point d'une lutte intégrée, à la fois contre la tique *Amblyomma variegatum* et contre les glossines, principaux vecteurs des zones subhumides d'Afrique de l'Ouest. Cette technique est actuellement implantée dans les zones périurbaines du Burkina Faso, et des pédiluves de démonstration vont être installés dans les pays voisins (Mali, Bénin, Ghana, Tchad, Cameroun, République centrafricaine). Au-delà des trypanosomoses, le comportement des glossines a également un impact sur l'épidémiologie de la maladie du sommeil, et une lutte antivectorielle centrée sur le traitement épicutané des porcs a été organisée en Guinée.

● ● ● **Jérémy Bouyer, Laure Guerrini, François Roger, Laurence Vial,**
Upr Epidémiologie et écologie
des maladies animales
jeremy.bouyer@cirad.fr

Traitement des animaux par passage
dans un pédiluve acaricide-insecticide,
au Burkina Faso. © J. Bouyer/Cirad.

Partenaires

Agriculture and Veterinary Information and Analysis (Avia-Gis, Belgique), Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (Cirdes, Burkina Faso), Direction nationale de l'élevage (Guinée), Direction nationale de l'élevage (Sénégal), Institut de médecine tropicale (Imt, Belgique), Institut de recherche pour le développement (Ird, France), International Atomic Energy Agency (Iaea, Autriche), Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (Pattec), Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Fao, Italie), Programme national de lutte contre la trypanosomiose humaine

africaine (Pnltha, Guinée), Union économique et monétaire ouest-africaine (Uemoa), université de Neuchâtel (Suisse), université d'Oxford (Royaume-Uni).

Ces travaux ont été financés par Fragfly (Wellcome Trust), Saphyto, Ceva-santé animale, Bayer, l'Iaea, le Coraf et l'Uemoa.

Bibliographie

Bouyer J., 2006. Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines. Thèse, université de Montpellier II, 212 p.

Bouyer J., Guerrini L., Desquesnes M., de la Rocque S., Cuisance D., 2006. Mapping African animal trypanosomosis risk from the sky. *Veterinary Research*, 37 : 633-645.

Bouyer J., Pruvot M., Bengaly Z., Guerin P.M., Lancelot R., 2007. Learning influences host preference in tsetse flies. *Biology Letters*, 3 : 113-116.

Bouyer J., Stachurski F., Kaboré I., Bauer B., Lancelot R., 2007. Tsetse control in cattle from pyrethroid footbaths. *Preventive Veterinary Medicine*, 78 : 223-238.

Site

<http://wt-fragfly.cirad.fr/>

● ● ● Une table de composition en polyphénols des fruits et légumes

Les polyphénols, surtout présents dans les fruits et les légumes, suscitent un intérêt croissant pour leur rôle potentiel dans la prévention de certaines maladies. Mais aucune table de composition en polyphénols n'avait encore été établie pour les aliments consommés en France. Un vaste projet a été lancé afin de construire cette table, qui servira de base à l'étude de l'effet des polyphénols sur la santé.

Les polyphénols suscitent depuis une dizaine d'années un intérêt croissant de la part des nutritionnistes, des épidémiologistes, des industriels de l'agro-

alimentaire et des consommateurs. Leur activité antioxydante, bien supérieure à celle des vitamines, pourrait jouer un rôle préventif dans nombre de maladies

dégénératives comme les cancers et les maladies cardiovasculaires. Mais, jusqu'à présent, aucune étude globale des polyphénols présents dans les

aliments consommés quotidiennement n'avait été réalisée en France. Un vaste projet a donc été lancé afin d'établir une banque de données et une table de composition sur les polyphénols.

Des effets sur la santé difficiles à estimer

L'intérêt porté par les chercheurs aux effets des polyphénols sur la santé est relativement récent. L'un des obstacles majeurs à leur étude réside dans leur forte diversité structurale. Plusieurs milliers de molécules ont été identifiées dans les plantes supérieures. Plusieurs centaines sont présentes dans leurs parties comestibles, qui, pour la plupart, contiennent une ou, plus souvent, plusieurs molécules phénoliques.

Par ailleurs, seuls des éléments fragmentaires et dispersés sur la composition en polyphénols des aliments sont actuellement disponibles. Il n'était donc pas possible d'estimer la consommation quotidienne en polyphénols à partir des enquêtes alimentaires réalisées en France.

L'hypothèse que la consommation des polyphénols pourrait diminuer le risque des maladies chroniques a été évaluée dans plusieurs études prospectives, qui portent seulement sur la consommation de certains types de flavonoïdes. Si certaines études retrouvent un effet bénéfique sur les maladies cardiovasculaires et les cancers, d'autres n'observent aucun impact. Or, les fla-

vonols et flavones étudiés ne reflètent peut-être pas parfaitement l'ensemble des flavonoïdes consommés, ni l'ensemble des polyphénols. Les données sont donc insuffisantes pour conclure, et il apparaît important de disposer d'une table de composition contenant des données sur tous les types de polyphénols présents dans les aliments consommés au quotidien.

Une consommation mieux connue

Au total, 162 échantillons de légumes, 71 de fruits et 85 de thé ont été dosés pour leur teneur en polyphénols totaux. Ces résultats, intégrés dans une banque de données, ont permis d'établir une table de composition des aliments frais, avec une valeur pour chaque produit.

L'une des premières études réalisées grâce à cette table concerne la consommation quotidienne en polyphénols de la population française. Cette consommation a pu être estimée à partir des bases de données existantes, celle du Secodip, qui porte sur les achats de fruits et de légumes d'un panel de 2 000 foyers, et celle de Suvimax, qui s'est intéressée à la consommation quotidienne réelle de fruits et légumes dans la population. Il ressort de cette analyse que les principales sources de polyphénols dans l'alimentation des Français sont, pour les fruits, les pommes, les fraises et le raisin et, pour les légumes, les pommes de terre, la salade et les

oignons. La consommation totale de polyphénols des fruits est de deux à trois fois supérieure à celle des légumes. Les pommes et les pommes de terre fournissent près de la moitié des polyphénols consommés en France.

● ● ● **Pierre Brat**, Umr Démarche intégrée pour l'obtention d'aliments de qualité (Qualisud)

pierre.brat@cirad.fr

Partenaires

Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa, France), Agence pour la recherche et l'information en fruits et légumes frais (Aprifel, France), Centre technique de conservation des produits agricoles (Ctcpa, France), Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (Ctifl, France), Conservatoire national des arts et métiers (Cnam, France), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm, France), Unilever-Bestfoods (France), Vilmorin-Clause (France).

Bibliographie

Brat P., George S., Bellamy A., Du Chaffaut L., Mennen L., Scalbert A., Amiot M.J., 2005. Polyphenol fruits and vegetables database: determination of the French polyphenol intake. *In* : Fruit, vegetable and health congress, Québec.

Brat P., George S., Bellamy A., Du Chaffaut L., Scalbert A., Mennen L., Arnault N., Amiot M.J., 2006. Daily polyphenol intake in France from fruits and vegetables. *Journal of Nutrition*, 136 : 2368-2373.

George S., Brat P., Alter P., Amiot M.J., 2005. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 : 1370-1373.

Pommes de terre, salade et oignons sont les principales sources de polyphénols dans l'alimentation des Français. © J. Weber/Inra.

Préserver ●●●

●●● Les variétés locales de riz en Guinée : diversité, dynamique et conservation

La diversité génétique des plantes cultivées serait menacée par les pressions anthropiques et l'introduction de variétés améliorées. Les résultats d'une étude menée sur les variétés locales de riz en Guinée semblent contredire cette affirmation.

Moins d'espèces cultivées, moins de variétés cultivées par espèce, moins de diversité au sein de chaque variété : trois symptômes de l'érosion de la biodiversité. Il est communément admis que l'utilisation massive de variétés améliorées à la place des variétés locales ainsi que les pressions anthropiques sont les principaux responsables de cet appauvrissement. Idée reçue ou réalité ? Seul un suivi de l'évolution des ressources génétiques des espèces cultivées permettrait de répondre à cette question. Un tel suivi a été réalisé sur les variétés locales de riz en Guinée, l'un des réservoirs de la diversité génétique des deux espèces de riz cultivées :

Oryza glaberrima, l'espèce africaine, et *O. sativa*, l'espèce asiatique. Les variétés locales de riz sont-elles en train de disparaître ? Quelles sont les stratégies à mettre en œuvre pour les conserver ? Depuis 2000, le Cirad et ses par-

tenaires africains mènent des recherches afin de répondre à ces questions.

Une diversité stable, voire en légère croissance

La diversité génétique d'échantillons collectés en 2003 dans six villages de Guinée maritime a été comparée, à l'aide de marqueurs moléculaires, à celle d'échantillons prélevés par une mission de prospection réalisée, en 1980, dans ces mêmes villages et conservés en chambre froide à

Montpellier. Par ailleurs, des enquêtes ont été réalisées dans près de 1 680 exploitations réparties dans 79 villages, afin d'inventorier, à l'échelon national, les variétés utilisées par les paysans entre

1996 et 2001. Les résultats obtenus vont à l'encontre de la vision alarmiste d'une érosion génétique. De 1980 à 2003, le nombre de variétés de riz et la diversité génétique sont stables, voire en légère augmentation. Sur la période 1996-2001, le nombre de variétés a progressé de 10 %.

Une diversité typique de l'agriculture de subsistance

Le nombre de variétés varie 1 à 15 par exploitation et de 4 à 40 par village, selon les régions, mais les variétés locales sont toujours majoritaires à plus de 80 %. Cette diversité variétale permet à chaque village de faire face aux variations des conditions agroécologiques et à la diversité des usages du riz. Cependant, près de 90 % des variétés inventoriées sont cultivées par un petit nombre de paysans, et se trouvent donc fortement menacées de disparition. Autre fait important : chaque variété locale est elle-même la somme d'un grand nombre de lignées pures, et, pour une même variété, la proportion de ces lignées varie d'une

Champ d'une variété locale de riz pluvial.
© M.B. Barry.

ferme à l'autre. Cette structure multilignée s'explique par la gestion paysanne des variétés de riz, qui se caractérise par l'échange et le renouvellement fréquents des variétés et des semences ainsi que par des pratiques culturales et de production de semences qui favorisent les mélanges et les recombinaisons génétiques.

Une diversité qui ne peut être conservée que sur place

Pour ce qui est de la préservation de la diversité des variétés locales, une conservation in situ, à la ferme, compatible avec le développement agricole, semble la seule option réellement efficace. En effet, il serait impossible d'échantillonner toutes les lignées qui composent chaque variété locale et de les conserver ex situ, dans une cryobanque par exemple. Pour organiser

une telle conservation, les chercheurs ont étudié la répartition de la diversité à plusieurs échelles — région, village, ferme, champ —, en utilisant des descripteurs allant des noms vernaculaires aux marqueurs moléculaires. Les résultats montrent qu'un seul village peut contenir l'équivalent de 70 % de la diversité régionale. A un niveau plus fin d'analyse, une grande exploitation peut renfermer 50 % de la richesse génétique d'un village. Ainsi, avec un petit nombre de villages et d'exploitations agricoles, la diversité génétique de toute une région, telle que la Guinée maritime, peut être couverte. A terme, un tel dispositif pourrait s'étendre à tout le pays.

● ● ● **Nourollah Ahmadi**, Upr Création variétale et peuplements de riz
nourollah.ahmadi@cirad.fr

Partenaires

Centre du riz pour l'Afrique (Adrao, Bénin), Institut de recherche agronomique de Guinée

(Irag, Guinée), Institut de recherche pour le développement (Ird, France).

Bibliographie

Barry M.B., 2006. Diversité et dynamique des variétés locales de riz (*O. sativa* et *O. glaberrima*) en Guinée : conséquences pour la conservation des ressources génétiques. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes, 170 p.

Barry M.B., Diagne A., Sogbossi M.J., Pham J.L., Diawara S., Ahmadi N. Recent changes in varietal diversity of rice in Guinea. Plant Genetic Resources, Characterization and Utilisation (sous presse).

Barry M.B., Pham J.L., Noyer J.L., Courtois B., Billot C., Ahmadi N., 2007. Genetic diversity of the two cultivated rice species (*O. sativa* and *O. glaberrima*) in maritime Guinea: evidence for interspecific recombination. Euphytica, 154 : 127-137.

Barry M.B., Pham J.L., Noyer J.L., Courtois B., Billot C., Ahmadi N. Genetic ecogeographical distribution of rice (*O. sativa* and *O. glaberrima*) genetic diversity in Maritime Guinea based on molecular markers: implications for in situ genetic resource conservation. Plant Genetic Resources, Characterization and Utilisation (sous presse).

● ● ● Agroforesterie et caféiculture : produire mieux et durablement

Comment résister aux crises du café sans forcément produire plus ? En produisant mieux et en misant sur la qualité. Tel est le principal résultat de Casca, projet d'envergure mené en partenariat par le Cirad en Amérique centrale. Il a fourni les bases scientifiques d'une meilleure gestion des systèmes agroforestiers à base de caféiers, de la promotion d'un café de qualité et de l'amélioration des revenus des producteurs.

En Amérique centrale, le café est le principal produit d'exportation depuis plus de cent ans. Sa culture contribue au revenu de près de 300 000 producteurs. Mais, à partir de 1999, la filière a dû faire face à une crise majeure : en raison de la surproduc-

tion mondiale, notamment au Brésil et au Vietnam, les cours du café se sont effondrés. C'est dans ce contexte que le projet Casca* a vu le jour. Son objectif était de réduire la vulnérabilité des pro-

Mesure de la photosynthèse sur une feuille de caféier.
© P. Vaast/Cirad.

ducteurs face aux fluctuations des prix. Mené par le Cirad et quatre partenaires — le Catie, le Ceh, Promecafé et l'Una —, il a mobilisé plus de 25 chercheurs et 35 étudiants, dont 25 Latino-américains, durant cinq ans.

Dans cette région, environ 70 % des plantations sont conduites en association avec des arbres d'ombrage et des degrés d'intensification divers. Cepen-

Dans les systèmes agroforestiers, la production est moindre mais de meilleure qualité : cafés sous *Gravilea robusta*. © P. Vaast/Cirad.

dant, la tendance de ces trente dernières années a été à la modernisation de la caféiculture : les pratiques culturales ont été intensifiées et l'ombrage a été réduit. Or, pour mieux vivre de leur travail, les producteurs doivent désormais miser sur la qualité de leur café, sur la diversification de leur revenu et sur la valorisation des services environnementaux qu'ils rendent grâce aux systèmes agroforestiers. Face à cette situation, il était donc nécessaire de proposer des alternatives viables à la monoculture intensive afin de promouvoir des pratiques de gestion durables.

Durant les cinq années du projet, des données ont été collectées au sein d'environ 900 exploitations de trois pays : Costa Rica, Guatemala et Nicaragua. Plusieurs grands axes de recherche ont été explorés, notamment l'effet des pratiques agroforestières sur la culture du caféier, l'impact de la caféiculture sur l'environnement et, finalement, l'amélioration des revenus des producteurs.

Un café de meilleure qualité

En général, les producteurs connaissent les espèces forestières à associer aux caféiers mais la gestion qu'ils leur appliquent est déficiente : la densité des

arbres est rarement adaptée à l'ombrage nécessaire au bon développement végétatif et à la production des caféiers ; la fertilisation ne correspond pas toujours aux besoins des caféiers et des arbres d'ombrage. Les chercheurs ont donc développé des modèles qui doivent permettre de décider des espèces et des densités d'arbres en fonction du besoin en lumière des caféiers. Ils ont également évalué l'impact de l'ombrage sur la physiologie et la qualité du café, notamment sur la photosynthèse, l'allocation du carbone entre production et développement végétatif, la floraison et la charge en fruits. L'ombrage joue un rôle similaire à celui de l'altitude, en fournissant un microenvironnement favorable à la croissance des baies. Il retarde la maturation de la pulpe, augmente ainsi la taille des grains et améliore la qualité de la boisson. La production est moindre en quantité mais plus stable année après année et de meilleure qualité.

Un compromis entre production et protection de l'environnement

Les plantations de caféiers, qui couvrent un million d'hectares en Amérique centrale, ont également un impact sur l'en-

vironnement à grande échelle. Elles se situent souvent au sein d'écosystèmes de montagne très fragiles, dans le corridor biologique mésoaméricain, où la biodiversité est particulièrement forte. Afin de quantifier cet impact, les effets des arbres d'ombrage et de leur mode de gestion sur la fertilité des sols et la disponibilité en azote pour le caféier ont été évalués. Les chercheurs ont identifié les pratiques de fertilisation permettant un compromis entre production et protection de l'environnement. Ils ont montré qu'en diminuant les besoins en engrais les systèmes agroforestiers contribuent à réduire les pertes de nitrates par drainage et donc la contamination des nappes phréatiques. Par ailleurs, l'introduction de l'arbre dans les systèmes caféiers accroît le stock de carbone dans la biomasse, la litière au sol et dans le sol, contribuant ainsi à la séquestration du carbone.

Des sources de revenus diversifiées

Enfin, les chercheurs se sont penchés sur les revenus des producteurs. L'objectif était de simuler les effets de plusieurs scénarios de culture et leurs conséquences sur les coûts de production du café et sur la viabilité économique des exploitations. Les simulations mettent en évidence la contribution majeure du bois d'œuvre et du bois de feu, en particulier dans les régions de basse altitude : le bois fournit entre 10 % et 50 % des revenus des caféiculteurs au Costa Rica et au Guatemala. Les revenus peuvent aussi être améliorés par la certification et la labellisation des productions (café durable, biologique, etc.), mais la mise aux normes techniques et les processus de certification entraînent des coûts supplémentaires.

Ces résultats seront approfondis grâce à un nouveau projet, Cafnet**, qui vient de débuter. Il concerne l'Amérique centrale, l'Afrique de l'Est et l'Inde, et vise à promouvoir les systèmes agroforestiers à base de caféiers pour les biens et les services environnementaux qu'ils procurent. Il devrait permettre d'amé-

liorer les capacités d'organisation et de commercialisation des coopératives et d'adapter les itinéraires techniques aux modes de certification du café, qui se sont multipliés ces dernières années.

●●● Philippe Vaast, Jean-Michel Harmand,
Upr Fonctionnement et pilotage
des écosystèmes tropicaux plantés
philippe.vaast@cirad.fr
jean-michel.harmand@cirad.fr

Partenaires

Asociación Nacional del Café (Anacafé, Guatemala), Centre for Ecology and Hydrology (Ceh, Royaume-Uni), Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza (Catie, Costa Rica), Instituto del Café de Costa Rica (Icafé, Costa Rica), Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y la Modernización de la Caficultura de Centroamérica (Promecafé, Guatemala, Costa Rica), Universidad Nacional Agraria (Una, Nicaragua).

* Casca (Sustainability of Coffee Agroforestry Systems in Central America: coffee quality and environmental impacts).

** Cafnet (Connecting, enhancing and sustaining environmental services and market values of coffee agroforestry in Central America, East Africa and India).

Site

<http://www.casca-project.com>

Bibliographie

Franck N., Vaast P., Génard M., Dauzat J., 2006. Soluble sugars mediate sink feedback down-regulation of leaf photosynthesis of *Coffea arabica* in the field. *Tree Physiology*, 26 : 517-525.

Vaast P., Bertrand B., Guyot B., Génard M., 2006. Fruit thinning and shade influence bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 86 : 197-204.

Van Kanten R.F., Vaast P., 2006. Coffee and shade tree transpiration in suboptimal, low-altitude conditions of Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 67 : 187-202.

●●● 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.

Intervenir en amont de l'invasion

Des analyses, réalisées dans le cadre du projet européen Poseidom*, ont permis

d'identifier une cinquantaine de plantes potentiellement envahissantes, qui doivent faire l'objet d'une interdiction d'introduction dans les départements d'outre-mer. 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 99 %, par effet de chasse d'eau, en 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.

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,

La recolonisation de l'étang du Gol par des plantes aquatiques envahissantes.

De haut en bas :
trois semaines avant le cyclone Diwa,
un mois, et huit mois après le cyclone.
© T. Le Bourgeois/Cirad.

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 consi-

déré 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.

Des travaux récents, réalisés dans le cadre d'un projet de gestion du pastoralisme (Pastofofor**), 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 voie 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
jacques.tassin@cirad.fr
thomas.le_bourgeois@cirad.fr
vincent.blanfort@cirad.fr

Partenaires

Conservatoire botanique de Mascarin (Cbnm, Réunion), Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres (Celrl, Réunion), Direction régionale de l'environnement (Diren, Réunion), Espaces naturels sensibles (Ens, Conseil général, Réunion), Institut national de la recherche agronomique (Inra, Réunion), Office national des forêts (Onf, Réunion), Primary Industries Research Victoria (Australie), Région Réunion, Société réunionnaise pour l'étude et la protection de l'environnement (Srepen, Réunion), Union des associations foncières pastorales (Uafp, Réunion), université de Metz, université de Montpellier II, université de la Réunion.

* Poseidom (Programme d'options spécifiques à l'éloignement et à l'insularité des départements français d'outre-mer).

** Pastofofor (Gestion du pastoralisme en milieu naturel à protection forte).

Bibliographie

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.

●●● L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée

Rare, salée, inégalement répartie, convoitée, l'eau constitue un enjeu majeur pour l'agriculture méditerranéenne. Dans le cadre du projet européen Wademed, un séminaire a permis de dresser un bilan de l'évolution de l'agriculture irriguée au Maghreb et d'explorer de nouvelles formes de coopération.

Tant dans les pays du Maghreb qu'en Europe, l'agriculture familiale a été marquée dans la seconde moitié du xx^e siècle par une modernisation rapide dont l'irrigation a été l'un des grands vecteurs. Si les agriculteurs du nord de la Méditerranée ont pu produire plus et mieux à moindre coût, c'est principalement grâce à la structuration de la profession agricole. En Afrique du Nord, de nouvelles formes d'organisation professionnelle voient le jour, certaines sous l'impulsion de l'Etat, d'autres à partir d'initiatives locales.

Depuis 1995, le Cirad est engagé au Maghreb dans une coopération régionale, qui associe la recherche, les administrations en charge de la gestion de l'eau et le monde professionnel agricole. Dans le cadre du projet euro-

péen Wademed, un séminaire organisé à Cahors a permis de partager, d'une rive à l'autre de la Méditerranée, une analyse de l'évolution en cours de l'agriculture irriguée au Maghreb, en particulier du point de vue des institutions et des organisations professionnelles. Il a rassemblé des agriculteurs maghrébins et français, des chercheurs, des responsables d'institutions et d'organisations agricoles, et des industriels, ce qui a permis d'ancrer les débats dans la réalité et d'aboutir à un consensus lors de la table ronde qui a clôturé le séminaire.

Renforcer l'organisation de la profession agricole

L'évolution des sociétés et la mondialisation des échanges obligent les pays du Maghreb à adapter les performances de leur agriculture, dans un contexte de désengagement de l'Etat. Pour y parvenir, l'irrigation constitue un atout majeur. Mais comment concilier l'exigence sociale de la petite agriculture familiale, qui domine les grands périmètres irrigués, et la performance de cette agriculture ? La solution réside en grande partie dans la capacité de la profession agricole à s'impliquer dans la construction d'institutions fortes.

Les analyses ont, en effet, montré comment, en Tunisie, en Algérie et au Maroc, des coopératives et des associations s'investissent dans l'organisation des filières et dans la mise en place de services sociaux sur le territoire rural : aménagement des pistes, installation de dispensaires de proximité, création d'écoles maternelles, formation des fils et filles d'agriculteurs. Ces organisations professionnelles agricoles permettent aux agriculteurs de récupérer une plus grande part de la valeur ajoutée. Elles accompagnent les exploitations dans l'amélioration technique et économique de leurs performances et gèrent les infrastructures hydrauliques. Enfin, elles constituent une force de négociation face aux marchés, aux pouvoirs publics et aux collectivités territoriales.

L'avenir de l'agriculture familiale irriguée face à la libéralisation des marchés et au désengagement de l'Etat passe par la reconnaissance et le renforcement de ces organisations professionnelles agricoles, dans le cadre d'un partenariat entre les secteurs public, privé et professionnel. C'est aujourd'hui l'une des conditions du développement rural, de la connexion des agriculteurs aux marchés nationaux et internationaux et de la gestion efficace de l'eau.

●●● Marcel Kuper, Sami Bouarfa,
Umr Gestion de l'eau, acteurs et usages
(G-eau)

marcel.kuper@cirad.fr

La plaine de la Mitidja, aux portes d'Alger, alimente la capitale en poivrons et autres légumes. La culture sous serre connaît une expansion fulgurante en Algérie.

© A. Hnida

Partenaires

Direction générale du génie rural (Tunisie), Ecole nationale d'agriculture de Meknès (Maroc), Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid (Espagne), Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Iavh, Maroc), Institut national agronomique d'Alger (Inaa, Algérie), Institut national agronomique de Tunisie (Inat, Tunisie), Institut national de recherche en génie rural, eaux et forêts (Inrgref, Tunisie), Institut de recherche pour le développement (Ird, France), Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (Cemagref, France), Instituto Superior de Agronomia (Isa, Portugal), Institut für Umwelt-systemforschung (Allemagne), université de Tunis (Tunisie).

Bibliographie

Séminaire « L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée », 6-10 novembre 2006, Cahors, France.

Hammani A., Kuper M., Debbarh A., 2005. La modernisation de l'agriculture irriguée : actes du séminaire euro-méditerranéen, 19-23 avril 2004, Rabat, Maroc. Projet Inco-Wademed. Rabat, Iavh, 2 vol., 358 p., 368 p.

Site

www.wademed.net

La gouvernance de l'eau

Les principes d'une gestion durable de la ressource en eau sont des éléments essentiels de réponse aux problèmes de pauvreté et de sécurité alimentaire, mais ils s'avèrent souvent difficiles à mettre en pratique. Un ouvrage, *Water governance for sustainable development*, fait le point sur les récents changements intervenus dans la gouvernance, les institutions, l'économie et les politiques de ce secteur, en s'appuyant notamment sur des études réalisées en Afrique du Sud. Il examine comment ces éléments ont évolué, passant d'un pilotage centralisé par l'offre et d'une approche quantitative à une gestion de la demande, décentralisée et plus participative. Des études de cas permettent d'identifier les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre des nouvelles politiques, difficultés souvent liées à la couverture des coûts, à l'allocation de la ressource entre secteurs et à la privatisation des services et de la gestion.

● ● ● Sylvain Perret, Umr Gestion de l'eau, acteurs et usages (G-eau)
sylvain.perret@cirad.fr

Bibliographie

Perret S., Farolfi S., Rashid H., 2006. *Water governance for sustainable development: Approaches and lessons from developing and transitional countries*. Londres, Earthscan, Montpellier, Cirad, 296 p.

Vente d'eau au Sénégal.
© F. Calmel/Cirad.

● ● ● La production porcine dans le delta du fleuve Rouge

Le delta du fleuve Rouge, au Vietnam, est une vaste région d'agriculture intensive. L'essor des productions animales y est sans précédent et la production porcine est l'un des principaux maillons du développement économique. Mais cet élevage entraîne des risques de pollution de l'eau et des sols et peut avoir des répercussions sur la santé humaine. Comment gérer les impacts environnementaux de cette production tout en assurant la compétitivité des élevages ? Et comment prendre en compte les contraintes spatiales et sociétales de ce type d'élevage dans les politiques de développement ?

Peuplée de 18 millions d'habitants, à des densités record de plus de 1 200 habitants au kilomètre carré, la région du delta du fleuve Rouge regroupe les activités économiques essentielles du nord du Vietnam. La forte croissance industrielle, agricole et démographique

pèse aujourd'hui lourd sur ses ressources naturelles. C'est ainsi que, dans la majorité de ces provinces, les productions animales connaissent une croissance sans précédent. La production porcine est l'un des principaux maillons du développement économique — dans

la province de Thai Binh, elle est passée de 700 000 porcs en 2000 à 1,2 million en 2006. Cet essor répond à une forte demande de produits animaux, aussi bien à l'échelle locale qu'internationale. Les services agricoles de Thai Binh sont d'ailleurs en charge du programme

national pour le développement de la production de viande de porc maigre. Ils prévoient de soutenir les 1 600 fermes d'élevage et les 16 400 exploitations familiales de la province pour atteindre 1,4 million de porcs en 2010 et produire 500 000 tonnes de carcasses de qualité par an.

Mieux gérer les déchets de l'élevage

C'est dans ce contexte qu'un vaste projet, financé par l'Union européenne, a été mis en œuvre sur le développement de la production porcine, la gestion des déchets et la protection de l'environnement (E3P). Mené dans le cadre du Pôle de recherche sur l'intensification des systèmes d'élevage (Prise), en collaboration avec sept organismes d'Asie et d'Europe, il a abouti à un diagnostic multidisciplinaire de la situation de l'élevage et de la gestion des effluents produits dans la province de Thai Binh, ainsi qu'à la création d'une base de références locales très documentée.

Ce diagnostic s'appuie sur un ensemble d'analyses et d'enquêtes réalisées dans le cadre du projet : recueil de statistiques agricoles locales, typologie des élevages, évaluation de leur pression sur l'environnement, enquête sur la perception des acteurs. Un système d'information géographique et un outil de diagnostic agronomique ont été mis au point. Le premier permet de présenter, sous forme de cartes thématiques, les bilans régionaux en matières organiques, actuels ou prévisionnels, en fonction des scénarios de développement prévus pour 2010. Le second sert à évaluer les excédents en éléments fertilisants issus des déchets animaux à différentes échelles, les besoins en engrais des terres cultivées et les besoins en éléments nutritifs des étangs piscicoles. Ils ont permis de proposer des modes de gestion et de transformation des déchets qui préservent mieux l'environnement. L'utilisation de la modélisation pour le couplage de l'outil de diagnostic agronomique et du système d'information géographique constitue l'une des originalités des travaux réalisés.

Lavage quotidien des cases dans un élevage porcin. © V. Porphyre/Cirad.

Des systèmes de traitement adaptés

Ces résultats ont stimulé les demandes des acteurs du développement. Le comité populaire de Thai Binh souhaite maintenant construire des systèmes de traitement des déjections adaptés à la taille des exploitations agricoles. Un projet, qui débutera en 2007, portera sur les normes agronomiques permettant de mieux valoriser les matières organiques et sur les conditions d'émergence de filières de matières organiques transformées (énergie, compostage) et recyclées (agriculture, aquaculture). Il concernera aussi la modélisation des flux de nutriments et de biomasse à l'échelle régionale, et comportera un volet d'accompagnement scientifique auprès des partenaires vietnamiens pour l'ensemble des questions d'interaction de l'environnement et de l'élevage.

● ● ● Vincent Porphyre, Upr Systèmes d'élevage et productions animales
Jean-Michel Médoc, Upr Risque environnemental lié au recyclage
vincent.porphyre@cirad.fr
jean-michel.medoc@cirad.fr

Partenaires

Asian Institute of Technology (Ait, Thaïlande), Ayuda, Intercambio y Desarrollo de Asia (Aida, Espagne), Centre de télédétection et géomatique (Vtgeo, Vietnam), Délégation de la Commission européenne au Vietnam (Europe), Institut national de l'élevage (Niah, Vietnam), Institut national des sols et des fertilisants (Nisf, Vietnam), université agricole de Hanoi (Vietnam).

Bibliographie

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 : 12th Ramiran international conference on technology for recycling of manure and organic residues in a whole-farm perspective, Aarhus, Danemark, 9-11 septembre 2006. Tjele, Dias, Dias Report, 122-123 : 65-67.

Porphyre V., Nguyen Que Coi (éd.), 2006. Pig production development, animal-waste management and environment protection: a case study in Thai Binh province, Northern Vietnam. Prise publications, 224 p.

Site

http://pigtrop.cirad.fr/en/worldwide/asia_VN_Asiaproeco.htm

●●● Sauvegarder les espèces animales menacées au Vietnam

Dans les montagnes du Vietnam, le cheptel traditionnel et les bovidés sauvages sont longtemps restés isolés. Actuellement menacés par l'ouverture de ces régions, ils viennent de faire l'objet d'une vaste étude pluridisciplinaire, qui devrait déboucher sur des stratégies de valorisation et de conservation et permettre aux communautés rurales, en particulier aux femmes qui ont la charge du cheptel, de mieux vivre dans ces régions déshéritées.

Pour des raisons géographiques et historiques, les zones de montagne du Vietnam sont restées isolées pendant plusieurs décennies, et les espèces animales, domestiques et sauvages, qu'elles hébergent ont été préservées. Dans le cadre du projet Biodiva*, et en partenariat avec des institutions de recherche vietnamiennes, le Cirad mène, depuis 2004, plusieurs actions afin d'inventorier, de caractériser et de sauvegarder ces ressources génétiques animales aujourd'hui menacées. Ce projet pluridisciplinaire associe des activités de terrain et une approche plus fondamentale d'analyse génétique.

Pour évaluer la biodiversité des races domestiques endémiques, des inventaires ont été réalisés et 2 000 questionnaires dépouillés. L'objectif était de définir les caractéristiques zootechniques des animaux, mais aussi les spécificités socio-économiques des systèmes d'élevage traditionnels. La caractérisation génétique, réalisée à l'aide d'outils moléculaires, a porté sur 7 000 échantillons biologiques, géoréférencés et prélevés sur le cheptel lors des inventaires. Les données collectées ont été analysées grâce à un logiciel élaboré spécifiquement afin de permettre la cartographie thématique des populations animales.

Aujourd'hui, le cerf Sika ne vit plus qu'en captivité

Le cerf Sika (*Cervus nippon*) revêt une importance, à la fois économique et traditionnelle, majeure du fait de l'ex-

ploitation du velours de ses bois pour la pharmacopée traditionnelle asiatique. L'espèce n'existe plus qu'en captivité et les risques de dérives génétiques dues à la consanguinité et aux croisements interspécifiques sont élevés. Des données concernant sa croissance et son alimentation, entre autres, ont été collectées et analysées à l'aide d'un logiciel conçu spécialement pour la gestion des cervidés. Elles serviront à établir un mode de gestion adapté pour l'élevage du Sika. Des ateliers villageois ont également permis de former plus d'un millier d'éleveurs aux bonnes pratiques de cet élevage.

Le clonage reproductif contre l'extinction des grands bovidés sauvages

Pour les populations résiduelles de grands bovidés sauvages, une double approche conservatoire a été mise en œuvre. En laboratoire, le clonage somatique est envisagé pour la conservation de deux espèces en voie d'extinction : le Saola (*Pseudoryx nghetinhensis*) et le Gaur (*Bos gaurus*). A l'heure actuelle, le clonage reproductif in vivo du Saola sur bovin est en passe de réussir avec la production de nombreux embryons.

Le cerf Sika est élevé pour le velours de ses bois, utilisé dans la pharmacopée traditionnelle asiatique.

© J.C. Maillard/Cirad..

Il reste à réaliser des tests préimplantatoires sur différentes espèces potentiellement receveuses. Néanmoins, des essais ont montré que les embryons se développent normalement jusqu'à vingt jours après leur implantation dans un utérus bovin. Cette approche, prometteuse, pourrait être étendue à d'autres espèces de bovidés menacées comme le Gaur.

L'approche in situ concerne le Gaur, le Banteng (*Bos javanicus*) et le buffle d'eau sauvage (*Bubalus arnee*), espèces très menacées au Vietnam. Il s'agit de définir des plans de gestion adaptés pour une bonne conservation de ces espèces. Pour cela, il est nécessaire de connaître les effectifs des troupeaux résiduels. Là encore, la démarche adoptée repose sur des outils moléculaires, une démarche plus classique n'étant pas possible du fait des effectifs trop réduits de ces espèces. Des prélèvements non invasifs d'ADN ont été réalisés à partir des fèces collectées sur le terrain avant d'être analysés. Des marqueurs génétiques individuels permettent ensuite d'estimer les paramètres démographiques de ces populations. La modélisation et l'analyse de leur viabilité permettront, à terme, de comprendre quels sont les paramètres démographiques à risque et quel est le moyen le plus efficace pour parvenir à une reconstitution des effectifs.

Une stratégie de conservation étendue à toute la région

Parallèlement à ces travaux, des projets pilotes locaux de conservation et de valorisation de cette diversité animale sont mis en place. Six microprojets ont déjà été identifiés ; ils concernent des populations animales intéressantes à divers titres : productivité, prolificité, adaptation à des milieux particuliers, résistance à certaines maladies, effectifs réduits, etc. Un autre microprojet concerne le développement de la filière d'élevage du cerf Sika dans les provinces de Nghe An et Ha Tinh, avec la mise en œuvre d'une unité pilote de

production, de conditionnement et de commercialisation de produits dérivés (velours, viande...). Ces microprojets doivent être lancés en 2007.

Ces résultats revêtent un intérêt majeur pour toute la région. A terme, deux autres pays de la péninsule indochinoise, le Laos et le Cambodge, confrontés aux mêmes impératifs d'inventaire et de conservation de leur biodiversité animale, seront associés à cette initiative.

● ● ● Jean-Charles Maillard,
Miguel Pedrono, Upr Gestion intégrée
de la faune
jean-charles.maillard@cirad.fr

Partenaires

Académie des sciences et technologies (Vast, Vietnam), Centre national d'information scientifique et technologique (Cnist, Vietnam), Institut national de l'élevage (Niah, Vietnam), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Parc national de Cat Tien (Vietnam).

* Biodiva (Conservation et valorisation de la biodiversité animale domestique et sauvage endémique des zones montagneuses du Vietnam)

Bibliographie

Berthouly C., Nhu Van T., Verrier E., Vu Chi C., Maillard J.C., 2006. Biometrical characterisation of the H'mong cattle population in the northern mountainous areas of Vietnam. In : 8th world congress on genetics applied to livestock production, Belo Horizonte, Brésil, 13-18 août 2006.

Maillard J.C., Berthouly C., 2006. Development of in situ micro-projects in farm animal populations of the mountain regions of North of Viet-Nam (Biodiva project). In : Options and strategies for the conservation of farm animal genetic resources, 7-10 novembre 2005, Montpellier, France. Rome, Fao, p. 104-108.

Maillard J.C., Gonzalez J.P., 2006. Biodiversity and emerging diseases. Annals of the New York Academy of Sciences, Special Issue, 1081 : 1-16.

Rivière-Dobigny T., Pham Doan L., Pedrono M., Michaux J., Maillard J.C., 2006. Testing the reliability of molecular analyses from faecal DNA in two wild bovid species: *Bos gaurus* and *Bos javanicus*. In : VI^e colloque du Bureau national des ressources génétiques (Brg), La Rochelle, France, 3-4 octobre 2006.

Site

<http://www.biodiva.org.vn>

Le projet Biodiva devrait permettre, entre autres, de sauvegarder et de valoriser les races domestiques locales : bergère Tay et son troupeau de chèvres dans les montagnes, province de Ha Giang. © J.C. Maillard/Cirad.

Partager

●●● Kassa, de nouvelles questions de recherche sur l'agriculture de conservation

L'agriculture de conservation repose sur trois principes indissociables : la réduction, voire la suppression, du travail du sol, le maintien d'une couverture végétale et la rotation des cultures. Elle vise à mieux produire tout en préservant les ressources naturelles. Entre 2004 et 2006, le projet européen Kassa, coordonné par le Cirad, a permis de faire le point des connaissances dans ce domaine, en Europe, en Afrique du Nord, en Asie et en Amérique latine.

En 1990, moins de 10 millions d'hectares étaient cultivés dans le monde selon les principes de l'agriculture de conservation. On en compte aujourd'hui plus de 95 millions, dont 44 % en Argentine, en Bolivie et au Brésil. En Inde et au Pakistan, les surfaces ainsi cultivées sont passées de 400 000 hectares en 1998 à 2,2 millions d'hectares en 2005. En Estonie, en République tchèque, en Ukraine et au Maghreb, des systèmes inspirés de l'agriculture de conservation voient le jour. Mais si l'agriculture de conservation permet aux agriculteurs de réaliser des économies d'énergie, de machines et de temps de travail, son impact sur les rendements est variable et sa mise en œuvre dépend largement du contexte naturel,

socio-économique et culturel. Le projet Kassa*, qui a mobilisé des scientifiques de 22 institutions, cinq organisations non gouvernementales et une entreprise issues de 18 pays à travers le monde, a permis de mieux cerner ses indications et ses limites.

Une progression forte mais inégale

De plus en plus d'agriculteurs, dans un nombre croissant de pays, adoptent l'agriculture de conservation. Cette progression est sensible dans les pays fortement producteurs et vendeurs d'Amérique et en Australie. L'Europe, en revanche, reste visiblement à la traîne. Quelles sont les causes de cette disparité ? Diverses contraintes dissuadent les agriculteurs de se lancer dans l'agriculture de conservation ou les poussent à n'utiliser qu'une partie de la technologie. Certains types de sols (sensibles au compactage, humides...) ou de climats (très humides, froids ou arides) ne favorisent pas cette pratique. Le couvert permanent et la rotation sont censés protéger le sol contre l'érosion et combattre les adventices et les maladies, mais ils entraînent parfois des surcoûts pour les agriculteurs : les plantes cultivées en rotation ne trouvent pas toujours de débouché sur le marché, la couverture favorise dans certains cas le développement de ravageurs et de

Un semis direct de haricot sur une couverture de paille de blé.
© M. Raunet/Cirad.

maladies, d'où le recours parfois intensif aux pesticides, les plantes et variétés adaptées font encore défaut. En outre, dans des systèmes où le niveau de production est déjà très élevé, comme en Europe, l'introduction de l'agriculture de conservation ne modifie pas les rendements de manière significative et son seul avantage réside dans la réduction des coûts de production qu'elle entraîne. Enfin, l'absence de connaissances, de machines adaptées, de systèmes d'innovation permettant d'acquérir et de partager les savoirs et les savoir-faire entre les acteurs sont autant de handicaps.

Des questions à approfondir

Il reste donc à développer et à améliorer cette technique pour l'adapter aux différents contextes favorables. De plus, de nombreuses questions de recherche sont encore à approfondir, comme l'impact de ces pratiques sur le fonctionnement biologique, structural et chimique des sols, sur les bilans du

carbone et de l'azote et sur la fertilité du sol en général. Il s'agit également de mieux connaître les conséquences des polluants, des métaux lourds ou des pesticides sur la biodiversité et sur la qualité du sol, de l'eau et de la chaîne alimentaire. Il est en outre nécessaire de préciser les répercussions sociales et économiques de cette pratique. De façon plus générale, si les bénéfices à court terme sont assez parlants pour que l'agriculture de conservation trouve aujourd'hui sa place, de nombreuses questions restent en suspens quant à son impact, positif ou négatif, à plus long terme.

♦ ♦ ♦ **Rabah Lahmar**,
Umr Gestion de l'eau, acteurs et usages (G-eau), Umr Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens (System)
rabah.lahmar@cirad.fr

Partenaires

22 institutions, 5 organisations non gouvernementales et une entreprise dans 18 pays.

* Kassa (Knowledge Assessment and Sharing on Sustainable Agriculture).

Bibliographie

Lahmar R., 2006. Sharing knowledge on sustainable agriculture: concluding conference of the KASSA Project, 20-21 février 2006, Fondation universitaire, Bruxelles, Belgique.

Lahmar R., 2006. Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée : les enseignements du projet Kassa. In : 3^e Rencontres méditerranéennes du semis direct, 23-25 mars 2006, Saragosse, Espagne. Montpellier, Ciheam, Options méditerranéennes, Série A, Séminaires méditerranéens n° 69, p. 11-18.

Lahmar R., 2006. Adoption of conservation agriculture in Europe: lessons of the KASSA project. In : Cost 634, conference on farm level adoption of soil and water conservation measures and policy implications in Europe, 1-3 octobre 2006, Wageningen, Pays-Bas.

Lahmar R., 2006. Sustaining conservation agriculture: lessons learned from the EU project KASSA. In : 2nd International rice congress, 9-13 octobre 2006, New Delhi, Inde.

Site

<http://kassa.cirad.fr>

Approches biologiques du sol

Semis direct sur paille d'avoine au Brésil. © R. Pirot/Cirad.

Plusieurs agronomes du Cirad ont participé à la conception et à la rédaction de l'ouvrage *Biological approaches to sustainability soil systems*, qui rassemble les expériences de 102 chercheurs de 28 pays sur les systèmes novateurs en agriculture de conservation et leurs implications en biologie des sols. Cinq chapitres présentent ainsi les résultats obtenus par le Cirad et ses partenaires, à Madagascar, au Brésil, au Vietnam et au Gabon, sur les systèmes de culture en semis direct sous couverture végétale permanente ainsi que les principes de ces systèmes, fondés sur la compréhension du fonctionnement des sols et privilégiant l'activité biologique.

♦ ♦ ♦ **Olivier Husson, Lucien Ségué**, Upr Systèmes de semis direct sous couverture végétale, Upr Systèmes de culture et rizicultures durables, Madagascar
olivier.husson@cirad.fr

Bibliographie

Uphoff N., Ball A.S., Herren H., Husson O., Laing M., Palm C., Pretty J., Sanchez P., Sangina N., Thies J., 2006. Biological approaches to sustainability soil systems. Boca Raton, CRC Press, 764 p.

●●● Des formations sur l'impact de la gestion des matières organiques

Dans les pays du Nord comme du Sud, l'intérêt pour le recyclage des matières organiques en agriculture ne cesse de croître. Mais comment évaluer l'impact agronomique et environnemental de cette pratique ? Le Cirad et ses partenaires ont mis au point des indicateurs adaptés aux zones tropicales et des modèles de simulation fiables et faciles à utiliser. Afin de les diffuser, le Cirad a conçu une formation destinée aux pays du Sud, dont le contenu et le site d'intervention sont modulables.

Un cycle de formation sur l'impact agronomique et environnemental de la gestion des matières organiques vient d'être créé par le Cirad. Il se propose de faire le point sur les techniques de valorisation des matières organiques en fonction des situations — secteur urbain, terroir, zone industrielle, région d'élevage intensif ou d'agriculture biologique — et d'examiner leurs atouts et leurs risques écologiques — qualité des eaux, transferts de polluants, évolution des sols, gaz à effet de serre et séquestration du carbone, charge minérale de certains effluents. Cette formation présente, en outre, des méthodes de mesure utilisables au champ et au laboratoire (matière organique, eau, sol, plante, gaz) et des indicateurs d'état et de prévision de la transformation des apports organiques. Son originalité réside dans la prise en compte des spécificités des pays du Sud, qu'il s'agisse des aspects logistiques, écologiques ou réglementaires, mais aussi des méthodes d'analyse et de mesure proposées, qui sont adaptées à un environnement technique limité.

Cette formation s'adresse aux chercheurs, ingénieurs, techniciens de l'agriculture et de l'environnement et, plus généralement, à toute personne en charge du développement agricole,

agro-industriel ou de la protection de l'environnement. Elle alterne conférences, travaux dirigés et visites sur le terrain, et met l'accent sur l'échange d'expériences entre les participants et avec les formateurs.

Une formation qui s'adresse aux chercheurs, ingénieurs et techniciens de l'agriculture et de l'environnement. © R. Oliver/Cirad.

Une session pilote a été organisée en octobre 2006, à Montpellier, avec des intervenants du Cirad, de l'Inra et de l'Ird. Les participants venaient de Nouvelle-Calédonie, du Sénégal, du Mali, de Madagascar, du Cameroun et du Burkina Faso. Cette session a permis de préciser le cadre de ce cycle de formation. Les participants ont ainsi sou-

ligné la nécessité d'une concertation, à l'échelon local, avec les acteurs de la gestion des matières organiques et ils ont mis l'accent sur la formation de formateurs et l'insertion de ce type de formation dans l'enseignement supérieur. Ils ont enfin déterminé deux niveaux de formation en fonction des publics : l'un, scientifique, vise l'enseignement et porte sur des thématiques ciblées (filière agricole, agriculture périurbaine, élevage...) et des outils techniques ; l'autre, plus général, concerne les décideurs et traite de la place de l'agriculture, des besoins énergétiques, des risques environnementaux, de la législation et du transfert des travaux de la recherche au développement.

●●● Francis Ganry, Upr Risque environnemental lié au recyclage, Florence Paulet, Appui au montage de projets de formation et d'enseignement
francis.ganry@cirad.fr

Partenaires

Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Institut de recherche pour le développement (Ird, France).

Bibliographie

Chabalier P.F., Van de Kerchove V., Saint Macary H., 2006. Guide de la fertilisation organique à la Réunion. Saint-Denis, Cirad, Chambre d'agriculture de la Réunion, 302 p.

Ganry F., Barthès B., Gigou J., 2005. Les défis du maintien de la fertilité des sols tropicaux : cas de l'Afrique de l'Ouest. In : Sols et environnement : cours, exercices et études de cas (2^e cycle, master, écoles d'ingénieurs, professionnels), Girard M.C. et al. Paris, Dunod, p. 583-607.

●●● L'observatoire, support de l'action collective

L'information est un élément clé dans un monde agricole en pleine mutation. Pour coordonner les activités, pour mener des actions collectives et, plus globalement, pour gérer les territoires ruraux, il est indispensable de disposer d'une information partagée, fiable et actualisée. La mise en place d'un observatoire est l'occasion de rassembler et d'organiser cette information. Le Cirad a testé, en France, une nouvelle démarche qui permet de construire un tel observatoire.

32

L'avenir de l'agriculture, sa viabilité économique, son intégration dans un environnement fragilisé et ses relations avec la société civile sont actuellement des questions fondamentales pour l'ensemble des acteurs du monde rural, au Nord comme au Sud. Pour répondre à ces interrogations et accompagner les changements à venir, une information fiable et rationalisée s'avère essentielle.

Mais, selon les situations, cette information est riche ou lacunaire, dispersée, incomplète ou mal organisée : dans tous les cas, elle requiert au minimum une remise en forme. Pour organiser, partager et diffuser cette information, un nouveau concept a vu le jour : celui

d'observatoire. Mais quelles sont les conditions, les modalités et les moyens à mettre en œuvre pour réaliser un observatoire ? Comment le construire pour le rendre opérationnel ? A partir d'une série de mises en situation en France, le Cirad a pu tester et valider une démarche novatrice de création d'observatoires.

Un observatoire, pour quoi faire ?

Un observatoire permet de mieux comprendre et gérer les relations entre l'agriculture et le territoire. C'est l'occasion pour les acteurs d'explicitier,

individuellement et collectivement, la perception qu'ils ont de leur territoire, d'en construire des représentations. La démarche se fonde sur la conviction que les acteurs peuvent, dans un processus de concertation et de négociation, définir ensemble les orientations à poursuivre et les moyens à mettre en œuvre. Les données collectées et diffusées par l'observatoire vont, en améliorant et en « objectivant » l'information, contribuer aux décisions et aux négociations nécessaires à l'action collective.

Pour évaluer la faisabilité d'une telle démarche, une méthode a été élaborée et testée sur deux terrains : le bassin de l'Aume-Couture, en Charente, où la question centrale était celle de la gestion quantitative de l'eau, et la vallée de l'Hien, dans l'Isère, où les enjeux étaient liés à la biodiversité et à la qualité de l'eau. Sur chacun de ces sites, le territoire est défini autour d'une action collective qui vise un enjeu particulier. Des collectifs d'acteurs du monde rural y ont été constitués pour construire un observatoire et établir la base d'un système d'information.

Une démarche fondée sur la concertation

Cinq étapes sont au centre de la démarche. Il s'agit d'abord de caractériser les pratiques au sein des divers systèmes de production du territoire, puis d'analyser les besoins des acteurs pour déterminer la structure de l'observatoire — type d'information à recueillir, procédures de traitement, diffusion auprès des acteurs.

La fenaison sur le plateau de Millevaches : émergence de nouvelles pratiques, de nouveaux systèmes cultivés. © Y. Clouet/Cirad.

Ensuite, il est nécessaire de définir les enjeux à privilégier et de choisir les niveaux d'observation et leurs relations, pour construire le système d'information. Enfin, il faut évaluer l'insertion de l'observatoire dans les organisations et ses conséquences sur les processus de négociation.

L'étude de faisabilité a conclu à la pertinence de la démarche, en mettant bien en évidence l'importance de la mobilisation des acteurs et le rôle de la formalisation pour exprimer les objectifs et points de vue de chacun. La mise en œuvre de la méthode dans d'autres

situations, au Nord comme au Sud, et sa généralisation sont envisagées.

●●● Michel Passouant, Sandrine Alinat,
Umr Territoires, environnement, télédétection
et information spatiale (Tetis)
michel.passouant@cirad.fr

Partenaires

Assemblée permanente des chambres d'agriculture (Apca, France), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (Cemagref, France), ministère de l'Agriculture et de la Pêche, ministère de l'Environnement et du Développement durable, université de Rennes.

Bibliographie

Benoît M., Passouant M., Thenail C., Hubert-Moy L., Dupraz P., Brassac C., Le Ber F., Marie J.F., Bockstaller C., Barrière O., King D., Le Bas C., Ruelle P., 2006. Why and how design monitoring processes of farmer practices in European landscape? In : Changing European farming systems for a better future: new visions for rural areas, Langeveld H., Röling N. (éd.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers, p. 461-462.

Barzman M., Caron P., Passouant M., Tonneau J.P., 2006. Observatoire agriculture et territoires : étude pour la définition d'une méthode de mise en place d'observatoires. Montpellier, Cirad, 65 p.

●●● Ranema, un module de formation en épidémiologie à distance

La formation à distance assistée par ordinateur est une réponse à la diminution des bourses d'études et de stage. Elle permet, en outre, de construire des partenariats avec les établissements du Sud. Un module de formation de ce type, destiné à la remise à niveau en épidémiologie des maladies animales (Ranema), a été conçu sur la base d'activités de simulation. Il est proposé soit seul, lors d'une formation à distance, soit en complément d'une formation traditionnelle.

La formation à distance revêt une importance croissante. Elle répond aux contraintes que rencontre la formation traditionnelle, comme la diminution des crédits alloués aux bourses d'études et de stage, mais offre aussi de nouvelles possibilités de construction de partenariats avec les établissements du Sud. Un module de formation assistée par ordinateur, Ranema, conçu dans le cadre d'un partenariat avec l'Ecole vétérinaire d'Alfort et grâce à un financement du ministère des Affaires étrangères, vient d'être créé pour la remise à niveau en épidémiologie des maladies animales.

Une formation à la fois interactive et récréative

Ce module se fonde, en grande partie, sur un manuel d'épidémiologie vétérinaire appliquée, *Epidémiologie appliquée à la lutte contre les maladies animales transmissibles majeures*, de B. Toma *et al.* (1999). Il s'organise autour d'activités de simulation destinées à stimuler et à motiver les étudiants. La formation repose sur un scénario simple : le stagiaire est un vétérinaire qui travaille pour les services vétérinaires d'un pays virtuel, Ranema ; pour remplir ses fonctions, il doit remettre à niveau ses connaissances en épidémiologie par un ensemble d'activités.

Ce module peut être proposé seul, lors d'une formation à distance, ou accompagner un enseignement traditionnel et permettre ainsi de réduire la durée des cours théoriques. C'est une nouvelle manière, à la fois interactive et récréative, d'acquérir des bases en épidémiologie.

En 2005 et 2006, le module Ranema a été utilisé lors de plusieurs ateliers de formation sur la grippe aviaire organisés par la Fao, en Asie, en Afrique, en Europe de l'Est et au Moyen-Orient, et par l'Oie, pour l'Asie du Sud-Est. Il est désormais décliné sous différentes versions linguistiques (anglais et français) et didactiques (mallettes pédagogiques d'utilisation en semi-présentiel). Une plate-forme permet de l'utiliser à distance.

Les travaux se poursuivent pour produire de nouveaux modules sur des aspects plus spécifiques et dans d'autres versions linguistiques. Ils s'orientent également vers la formation de formateurs, vers l'évaluation de l'impact des formations et vers la simulation du fonctionnement d'un réseau d'épidémiosurveillance par l'application de modèles multiagents.

● ● ● **François Roger**, Upr Epidémiologie et écologie des maladies animales,
Flavie Goutard, Us Enseignement et formation en élevage

francois.roger@cirad.fr

flavie.goutard@cirad.fr

Partenaires

Ecole vétérinaire d'Alfort (France), Institut national de la recherche vétérinaire (Niv, Vietnam), Organisation mondiale de la santé animale (Oie, France), Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Fao, Italie), Royal Veterinary College (Royaume-Uni), université de Chulalongkorn (Thaïlande).

Bibliographie

Arnone A., Bénét J.J., Biteau-Coroller F., Dufour B., Etter E., Goutard F., Molia S., Pellecuer M., Queste J., Roger F., Thonnat J., Toma B., Weber L., 2006. Ranema, Remise à niveau en épidémiologie des maladies animales : outils de formation assistée sur ordinateur. Paris, Cirad, Enva, Ministère des Affaires étrangères (cédérom).

Benet J.J., Dufour B., Thonnat J., Weber L., Roger F., Toma B., 2005. Surveys concerning the needs for and evaluation of distance learning in veterinary epidemiology. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32 : 68-71.

Chavernac D., Desvaux S., Goutard F., Roger F., Thonnat J., 2005. Workshop to deliver epidemiology and laboratory training for Hpaï diagnostic network. Montpellier, Cirad, Rome, Fao (cédérom).

Goutard F., Thonnat J., Toma B., Dufour B., Queste J., Roger F., 2006. Ranema: a D-L tool for basic epidemiology. *In* : 11th symposium of the Isvee, Cairns, Australie. Isvee, p. 210.

● ● ● Cultiver dans les villes : une réponse à l'urbanisation

L'agriculture des villes joue un rôle socio-économique vital, notamment pour les populations les plus pauvres. Des projets en Afrique et en Asie tentent de conférer une reconnaissance à cette activité et de réconcilier les intérêts contradictoires des acteurs de son développement.

En 2025, la moitié des populations asiatique et africaine habitera dans les villes. Cette explosion démographique urbaine pose aux municipalités de véritables défis : besoins alimentaires croissants, production de déchets et

d'effluents en expansion, taux de pauvreté en augmentation.

L'agriculture urbaine et périurbaine apporte des réponses à ces enjeux alimentaires et

Le marché de Muea
au Cameroun. © L. Parrot/Cirad.

écologiques. D'après la Fao, ce type d'agriculture fournissait en 2005 de la nourriture à près de 700 millions de citadins, soit le quart de la population urbaine mondiale. Elle approvisionne les marchés en produits diversifiés, crée des emplois et rend les villes plus vertes. Pourtant, l'agriculture des villes est l'objet de multiples menaces, que ce soit la concurrence pour le foncier,

entre usages agricoles, résidentiels et industriels, ou le recours aux importations pour l'approvisionnement des supermarchés.

Prendre conscience des enjeux de l'agriculture urbaine

Il est important que les institutions publiques locales et nationales, les acteurs privés du développement urbain et le secteur agricole prennent conscience des enjeux de cette agriculture. Il s'agit de réconcilier les différentes parties prenantes aux intérêts souvent contradictoires. C'est ainsi que le Cirad et ses partenaires ont lancé deux projets — l'un sur le développement de l'agriculture périurbaine en Asie du Sud-Est (Susper*), au Cambodge, au Laos et au Vietnam, l'autre sur les supermarchés (M4P**), au Vietnam — et organisé un atelier sur la promotion de l'agriculture urbaine et périurbaine en Afrique de l'Ouest et du Centre, fin 2005, à Yaoundé, au Cameroun.

D'une manière générale, il ressort de ces recherches que, pour assurer la pérennité des activités agricoles urbaines, les différentes parties prenantes, notamment les municipalités, doivent prendre conscience des fonctions de cette agriculture. Il est également fondamental que les producteurs et leurs groupements soient reconnus par les pouvoirs publics.

L'atelier de Yaoundé a permis de partager des expériences africaines. Au Bénin, le dialogue entre le gouvernement et l'Union communale des producteurs de Cotonou s'est soldé par l'attribution de 400 hectares aux maraîchers. En Ouganda, le maire de Kampala a, en 2005, accredité des lois permettant aux citoyens de cultiver la terre et de pratiquer l'élevage dans l'enceinte de la ville. Ces diverses expériences ont incité les agriculteurs camerounais présents à l'atelier à créer, avec l'appui des chercheurs, la Coalition pour la promotion de l'agriculture urbaine et périurbaine en Afrique. Ce réseau a pour objectif

Des cultures de légumes à la périphérie de Hanoi, au Vietnam. © P. Moustier/Cirad.

de promouvoir le dialogue entre les agriculteurs et les municipalités.

Des solutions techniques pour une production marchande

Le renforcement des compétences des agents privés et publics intervenant dans ce secteur est également indispensable pour pérenniser l'approvisionnement alimentaire. Le projet Susper a ainsi permis à quatre villes asiatiques (Hanoi, Hô Chi Minh-Ville, Phnom Penh et Vientiane) de mieux répondre aux demandes locales en légumes et de s'orienter vers une production marchande. Des solutions techniques ont été trouvées pour satisfaire les besoins du marché et accroître les revenus des paysans, comme la production de contre-saison. De nouveaux modes de certification de la qualité sanitaire des légumes ont été testés. Afin de faciliter la négociation des producteurs avec les commerçants, un système peu coûteux de collecte et de diffusion d'informations journalières sur les prix a été mis au point.

Au Vietnam, le projet M4P a permis d'évaluer l'impact du développement des supermarchés sur les populations pauvres en tant que populations de consommateurs et de commerçants. Les supermarchés représentent moins de 5 % de la distribution des aliments, mais leur croissance se chiffre à plus de 15 % par an. Les conséquences négatives de ce développement pour les consommateurs pauvres sont nombreuses : ils ont peu accès à ces commerces du fait de leurs prix élevés et des contraintes de transport et ne peuvent bénéficier d'un travail dans ce secteur, qui offre nettement moins d'emplois que les marchés traditionnels ou la vente de rue. Par ailleurs, les producteurs pauvres ne peuvent approvisionner les supermarchés en raison de leurs exigences de régularité et de qualité et des délais de paiement. Certaines organisations de producteurs permettent néanmoins aux petits producteurs de développer la qualité gustative ou sanitaire de leurs produits, de la faire reconnaître par un label, et d'intégrer ainsi la filière de la grande distribution avec des revenus plus stables et plus élevés que dans les filières traditionnelles.

L'urbanisation galopante exige une professionnalisation plus poussée du secteur agricole et une meilleure connaissance des besoins des citoyens. La sensibilisation des autorités urbaines sera de plus en plus nécessaire tant pour des raisons sociales que sanitaires ou foncières.

♦ ♦ ♦ **Paule Moustier, Hubert de Bon, Laurent Parrot**, Upr Horticulture, Upr Normes et régulation des marchés agricoles
paule.moustier@cirad.fr

Partenaires

Académie des sciences agronomiques du Vietnam (Vaas, Vietnam), Ecole nationale supérieure du paysage (Ensp, France), Institut national de la recherche agronomique

(Inra, France), Institut national des recherches agricoles du Bénin (Inrab, Bénin), Institut de recherche agricole pour le développement (Irad, Cameroun), Institut de recherche sur les fruits et légumes (Rifav, Vietnam), Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra, Sénégal), Institut de sociologie (Ios, Vietnam), Markets and agriculture linkages for cities in Asia (Malica, Vietnam), Pôles de recherche en partenariat Grand Sud et Madagascar, université d'Antananarivo (Madagascar), université de Yaoundé I (Cameroun), The World Vegetable Center (Avrdc, Taiwan).

*Susper (Sustainable Development of Peri-urban Agriculture in South-East Asia, Cambodia, Laos, Vietnam).

**M4P (Making markets work better for the poor, Vietnam).

Bibliographie

Cadilhon J.J., Fearne A.P., Phan Thi Giac Tam, Moustier P., Poole N.D., 2006. Traditional versus modern distribution systems: Insights from vegetable supply chains to Ho Chi Minh City. *Development Policy Review*, 24 : 31-49.

Moustier P., Danso G., 2006. Local economic development and marketing of urban produced food. *In* : Cities farming for the future: urban agriculture for green and productive cities, van Veenhuizen R. (dir.). Ruaf Foundation, Idrc, Iirr, 7, p. 173-208.

Mubarik A., De Bon H., Moustier P., 2006. Pour la promotion d'une agriculture urbaine et périurbaine multifonctionnelle à Hanoi. *Magazine agriculture urbaine*, 7 : 9-11.

Tixier P., De Bon H., 2006. Urban horticulture. *In* : Cities farming for the future: urban agriculture for green and productive cities, van Veenhuizen R. (dir.). Ruaf Foundation, Idrc, Iirr, 11, p. 315-348.

♦ ♦ ♦ Le libre accès à la connaissance scientifique

En 2006, le Cirad a signé, avec les universités, les grandes écoles et sept organismes de recherche, le protocole pour la mise en place d'une plate-forme nationale commune de dépôt sur Internet de documents scientifiques. Un engagement sans précédent pour favoriser l'accès à l'information, dont l'ensemble de la communauté scientifique devrait bénéficier.

Le Cirad s'est engagé dans le mouvement mondial des archives ouvertes en rejoignant les signataires de la déclaration internationale de Berlin en faveur du libre accès à la connaissance et en signant le protocole national d'accord pour la mise en place d'une plate-forme commune de dépôt de documents scientifiques. Outre le Cirad, l'ensemble des universités et des grandes écoles, par l'intermédiaire de leur Conférence, et sept organismes de recherche — le Cemagref, le Cnrs, l'Inra, l'Inria, l'Inserm, l'Institut Pasteur et l'Ird — participent à cette initiative nationale, qui vise à favoriser l'accès à l'information scientifique.

Une archive ouverte commune aux institutions françaises

Parallèlement aux revues scientifiques, Internet a vu se développer un mode direct de communication entre les chercheurs. Les institutions françaises, soucieuses de disposer de ce moyen de diffusion et de valorisation de la production scientifique de leurs chercheurs, ont choisi de se doter d'une plate-forme commune de dépôt de la production scientifique. Cet instrument, relié aux autres dépôts d'archives ouvertes développés dans le monde entier,

satisfait aux critères de la communication scientifique directe (*open access*). Il est construit à partir de Hal (hyper-article en ligne), outil logiciel développé par le Centre de communication scientifique directe du Cnrs.

Le principe des archives ouvertes s'inspire de cette nouvelle forme de communication scientifique entre chercheurs, qualifiée de directe parce que l'auteur est le propre acteur de la mise en accès libre et gratuit de sa publication. Une archive ouverte permet aux auteurs de faire connaître rapidement leurs travaux et à leurs institutions de rattachement d'être mieux perçues à l'extérieur, en

offrant un accès universel et gratuit aux publications déposées. En outre, une publication ainsi déposée est soumise ouvertement à la lecture et à la critique des pairs, qui peuvent amener l'auteur à produire et à archiver des versions actualisées de sa publication.

Une visibilité internationale des résultats scientifiques

Tout chercheur du Cirad peut d'ores et déjà déposer ses publications sur la plate-forme Hal et la rattacher à son unité de recherche. Un référentiel des principaux domaines scientifiques couverts par Hal permet également à un auteur d'attribuer un ou plusieurs thèmes de recherche à sa publication. Le texte autoarchivé est accessible librement et gratuitement sous 24 heures sur Internet. Le protocole de communica-

tion sur lequel Hal repose permet, outre l'interface Hal et celle de moissonneurs d'archives ouvertes, de rechercher et de visualiser les contenus par les moteurs de recherche classiques. Toute publication déposée dispose d'une adresse Internet permanente et d'une garantie de conservation.

Une interface de consultation de l'archive ouverte Hal, propre au Cirad, permet de consulter sur Internet l'ensemble des références et des documents scientifiques déposés par des auteurs du Cirad ou d'équipes de recherche associant le Cirad. Fin 2006, 233 documents scientifiques concernant le Cirad avaient été déposés.

Ces archives institutionnelles, tout comme les nouveaux supports de publication et de diffusion que sont les thèses et les revues électroniques en libre accès, facilitent l'accès aux travaux des chercheurs en les rendant

consultables gratuitement sur Internet. Un mode de communication original qui devrait bénéficier à l'ensemble de la communauté scientifique, du Nord comme du Sud.

Marie-Claude Deboin, Direction de l'innovation et de la communication
marie-claude.deboin@cirad.fr

Bibliographie

Deboin M.C., 2006. Publier et diffuser sa thèse électronique sur Internet : conseils aux docteurs accueillis par le Cirad. Archivesic, 13 p. (http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00001652/en/)

Deboin M.C., Fily M.F., 2006. Déposer ses publications dans une archive ouverte : information aux auteurs du Cirad et sélection d'entrepôts. Archivesic, 26 p. (http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00109227/en/)

Site

<http://hal.archives-ouvertes.fr/CIRAD/fr/>

Les éditions Quæ, la nouvelle maison d'édition du Cirad

Depuis le 1^{er} juillet 2006, les éditions du Cirad, du Cemagref, de l'Ifremer et de l'Inra se sont réunies au sein d'un groupement d'intérêt économique appelé Editions Quæ. Avec près de 1 000 titres à leur catalogue dans les domaines communs aux quatre organismes — milieux et ressources, environnement, alimentation, sociétés —, les éditions Quæ ont l'ambition de devenir une maison d'édition scientifique de référence, qui réponde aux attentes d'un lectorat exigeant, soucieux d'accéder à une information fiable et de qualité. De nouvelles collections ont été créées, destinées à favoriser les échanges entre scientifiques, transmettre savoirs et savoir-faire, contribuer au débat public et mettre à la disposition de tous les résultats de la recherche. Catalogue, collections, services aux auteurs et aux libraires sont accessibles sur le site www.quae.com, outil de promotion et de diffusion des éditions Quæ.

éditions
Quæ

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

L'anthurium est cultivé sur l'île de la Réunion pour ses belles fleurs en forme de cœur aux coloris intenses. Cependant, depuis 1997, une bactérie menace les productions réunionnaises. Un outil de détection moléculaire sensible, fiable et rapide de la bactérie est désormais disponible.

Les premiers symptômes du dépérissement de l'anthurium sont des taches foliaires d'aspect huileux, qui jaunissent et se nécrosent. L'infection peut devenir rapidement systémique et 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 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.

Une détection à la fois spécifique et sensible

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.

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

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 (Eopp).

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

lionel.gagnevin@cirad.fr

Partenaires

Institut national de la recherche agronomique (Inra, Guadeloupe), Service d'inspection vétérinaire, alimentaire et phytosanitaire (Sivap, Nouvelle-Calédonie), Service de la protection des végétaux (Réunion), université de Mauriti

Ce projet a été financé par l'Office de développement de l'économie agricole des départements d'outre-mer (Odeadom, ministère de l'Outre-mer) et le Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (Feoga).

Bibliographie

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. *dieffenbachiae* 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 andreaeanum*) tissues by Nested PCR. Applied Environmental Microbiology, 72 : 1072-1078.

Brevets : brevet FR2848222 déposé en France en 2002, étendu aux Pays-Bas (NL1024929C).

● ● ■ Culture in vitro du palmier à huile : un procédé de seconde génération

La pérennité des plantations de palmiers à huile repose pour une part sur la qualité du matériel végétal planté : il doit produire en quantité, être adapté aux conditions de culture locales et résister aux maladies. Le matériel clonal peut répondre à ces exigences, mais sa multiplication reste problématique. C'est pourquoi le Cirad développe actuellement un nouveau procédé de production de vitroplants, qui permettra de multiplier rapidement les clones les plus performants.

Le palmier à huile est la première source d'huile végétale du monde : l'huile de palme et l'huile de palmiste, toutes deux extraites de son fruit, représentent près de 30 % de la production mondiale d'huiles végétales, avec 37 millions de tonnes produites en 2005. Cette production dépend largement de la qualité du matériel végétal planté : il doit être hautement producteur, pour assurer une rentabilité économique suffisante, adapté aux conditions de culture loca-

les et résistant aux principales maladies, pour sécuriser l'investissement du planteur. Les variétés commercialisées de palmier à huile sont des hybrides d'hétérozygotes, ce qui signifie qu'il subsiste une variabilité génétique importante entre les individus d'une même famille. Il est possible de l'exploiter en sélectionnant les individus qui présentent le plus de qualités,

Premiers stades de développement des jeunes plantules de palmier à huile. © A. Labeyrie/Cirad.

puis de les cloner. Ce clonage ne peut être réalisé que par culture *in vitro* en exploitant la capacité d'embryogenèse somatique de cette plante. Les premiers procédés développés dans le monde ont fait appel à des cultures sur milieux statiques gélosés. Leurs coûts étaient élevés et leurs capacités de production très limitées pour nombre de génotypes intéressants. Enfin, la conformité des plants produits restait difficile à maîtriser.

En 2001, le Cirad s'est donc engagé, avec l'entreprise Asd du Costa Rica, dans le développement d'un nouveau protocole, qui repose sur la multiplication de suspensions embryogènes en milieu liquide.

Un nouveau protocole de production de clones

Après cinq années de partenariat, il a été possible de développer un nouveau procédé fondé sur l'exploitation de suspensions embryogènes en milieu liquide. Les bases d'une production à grande échelle ont été posées. Le protocole est performant : en quelques mois, 50 000 plants par litre de suspension peuvent être produits, ce qui autorise une bonne synchronisation des productions.

Le caractère prédictible de la production pour un espace, des moyens et des durées donnés est l'un des acquis essentiels de ce travail. Un autre atout majeur de ce procédé est qu'il permet d'utiliser une base génétique très large, y compris certains rétrocroisements d'hybrides interspécifiques impossibles à reproduire par des méthodes conventionnelles. Pour vérifier la qualité du matériel produit et poser les premières bases de la gestion des risques de non-conformité, des vitroplants ont été produits afin de tester différentes étapes du processus de production et plus de 10 000 palmiers ont été plantés.

Un test à l'échelle pilote

Avec l'Ird et des partenaires du Sud, un projet de test à l'échelle pilote a été présenté à l'Agence nationale de la recherche et accepté. Il sera mis en œuvre en 2007 et 2008. Il se propose de produire 100 000 vitroplants, pour recueillir tous les paramètres économiques liés à l'exploitation du procédé, et de suivre par marquage biochimique l'évolution de la qualité des cultures.

Les clones suscitent chez les planteurs de palmier à huile un intérêt croissant, dans la mesure où ce matériel permet

de répondre rapidement à des besoins précis, comme la résistance à certaines maladies, ou de produire des huiles aux caractéristiques bien spécifiques. Ce programme devrait permettre, à terme, de leur fournir un matériel fiable et performant.

● ● ■ Tristan Durand-Gasselin,
Axel Labeyrie, Upr Amélioration génétique
du palmier à huile

tristan.durand-gasselin@cirad.fr

Partenaires

Agricultural Services and Development (Asd, Costa Rica), Institut de recherche pour le développement (Ird, France).

Bibliographie

Durand-Gasselin T., 2006. Vitropalm : développement préindustriel d'une production de vitroplants de palmier à huile (*E. guineensis*) par embryogenèse somatique. Projet Anr du programme Emergence et maturation de projets de biotechnologie à fort potentiel de valorisation.

<http://www.agence-nationale-recherche.fr/documents/aap/2006/selection/empb.pdf>

Nouy B., Jacquemard J.C., Edyana Suryana H., Potier F., Konan K.E.P., Durand-Gasselin T., 2006. The expected and observed characteristics of several oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) clones. International Oil Palm Conference, Bali, 19-23 juin 2006, 19 p.

Une filiale pour exploiter un champ semencier de palmiers à huile en Thaïlande

Une graine germée
de palmier à huile.
© T. Durand-Gasselin/Cirad.

En Thaïlande, la culture du palmier à huile se développe à un rythme soutenu. Pour accompagner cet essor, le Cirad et l'Inrab, qui sont liés par un programme d'intérêt commun signé en 2001, ont proposé à la société Upoic de réaliser un champ semencier basé sur les tout derniers résultats de recherche. Il s'agit de valoriser au mieux le programme d'amélioration génétique mené par le Cirad et ses partenaires. Ce champ semencier entrera en production vers 2015 et sera exploité par la société Siam Elite Palm, créée à parts égales entre le Cirad et Upoic. Elle a reçu de la commission thaïlandaise des investissements l'agrément lié aux investissements étrangers prioritaires.

Upoic est la plus grande société de plantation thaïlandaise, avec plus de 7 000 hectares de palmiers à huile. Elle achète cependant 40 à 50 % des fruits qu'elle usine à des petits planteurs à qui elle souhaite proposer en priorité un matériel performant de haute qualité. Ils bénéficieront ainsi de meilleurs revenus et Upoic d'une meilleure productivité.

● ● ■ Christian Picasso, Tristan Durand-Gasselin, Upr Amélioration génétique du palmier à huile

Partenaires

Institut national des recherches agricoles du Bénin (Inrab, Bénin), United Palm Oil Industry Public Company Ltd (Upoic, Thaïlande).

●●■ Le contrôle génétique du sexe chez les tilapias

Les tilapias forment le second groupe d'espèces aquacoles au monde, avec une production supérieure à 2 millions de tonnes par an. Mais pour que leur élevage soit rentable, il est indispensable d'élever uniquement des populations de mâles. Jusqu'à présent, seules des méthodes d'inversion hormonale permettaient de produire de telles populations. Le Cirad explore actuellement de nouvelles techniques, en particulier le contrôle génétique du sexe.

Les tilapias mâles grossissent beaucoup plus vite que les femelles. © J.F. Baroiller/Cirad.

Chez le tilapia, le dimorphisme de croissance entre mâle et femelle et l'impressionnante efficacité de reproduction rendent indispensable l'élevage monosexue de mâles, quel que soit le degré d'intensification considéré. La rentabilité maximale est atteinte si la population d'élevage comprend moins de 5 % de femelles. Actuellement, ces populations monosexes sont majoritairement produites par inversion hormonale, avec toutes les questions que cette démarche soulève vis-à-vis des consommateurs et de l'environnement : sécurité alimentaire, santé humaine, qualité de l'eau, biodiversité. Le Cirad explore actuellement de nouvelles techniques moins préjudiciables, en particulier le contrôle génétique et la modulation de la température d'élevage.

Identifier les chromosomes sexuels

Les travaux visant à contrôler le sexe sont particulièrement difficiles chez le tilapia : ses chromosomes sexuels ne sont pas suffisamment différenciés morphologiquement pour être analysés par des techniques simples de cytogénétique et aucun marqueur moléculaire n'existe. Afin d'identifier les chromosomes sexuels des deux espèces aquacoles majeures, *Oreochromis niloticus* et *O. aureus*, un programme international de recherche, auquel participe le Cirad, a été lancé. Il visait à positionner des sondes spécifiques du sexe sur le génome des deux espèces en utilisant la technique d'hybridation fluorescente (FISH, *fluorescent in situ hybridization*).

Les résultats suggèrent que ce groupe d'espèces se trouve à une période charnière de son évolution pour le déterminisme du sexe. Chez *O. aureus*, les facteurs génétiques majeurs déterminant le sexe ont d'abord été exclusivement localisés sur la plus grande paire de chromosomes, qui présente toutes les caractéristiques d'un chromosome sexuel en cours de différenciation. Des facteurs génétiques mineurs sont ensuite apparus sur une petite paire de chromosomes chez certains individus ou dans certaines populations. Progressivement, ces facteurs mineurs ont pris de l'importance dans le déterminisme du sexe, aux dépens des facteurs majeurs portés par la grande paire. L'étape finale est observée chez certains individus ou certaines populations d'*O. niloticus*, pour lesquels la grande paire de chromosomes ne porte plus aucun déterminant sexuel majeur, ces déterminants étant maintenant localisés sur une petite paire, qui n'a pas encore acquis les caractéristiques liées à son futur statut de chromosomes sexuels.

Vers un contrôle génétique du sexe

Ainsi, selon le stade d'évolution du déterminisme du sexe des individus ou populations utilisés en aquaculture, les déterminants sont localisés sur une ou deux paires de chromosomes, ce qui explique en partie les déviations de sex-ratios observées. La sensibilité de la différenciation sexuelle à la température explique également ces déviations. Elle a sans doute facilité la transition entre

deux systèmes opposés de déterminisme du sexe — l'hétérogamétie femelle puis l'hétérogamétie mâle — et la naissance d'une nouvelle paire de chromosomes sexuels chez *O. niloticus*.

La validation de ces marqueurs de chromosomes sexuels et de leur localisation va fournir, à court terme, une technique pour déterminer le génotype sexuel des géniteurs utilisés : une étape indispensable pour un contrôle génétique du sexe chez le tilapia.

Température et différenciation sexuelle

Parallèlement, des recherches visent à identifier des marqueurs de la thermosensibilité de la différenciation sexuelle. En effet, un traitement de dix jours à forte température (34 °C) produit, chez certaines descendance, des populations majoritairement mâles (jusqu'à 100 % de mâles) alors que, pour d'autres, il n'a aucun effet. Des études ont montré que les facteurs de thermosensibilité

sont héréditaires et apportés par les deux parents. Sur la base de ces résultats, le Cirad a mis en place une collaboration avec une équipe allemande pour identifier, par des approches de génomique, des marqueurs de thermosensibilité en utilisant deux lignées de tilapia, l'une insensible à la température et l'autre hypersensible.

L'étude des chromosomes sexuels des deux espèces va se poursuivre dans le cadre d'un nouveau projet de recherche, et un vaste programme international va s'engager avec le séquençage des extrémités des 35 000 grands fragments qui couvrent le génome du tilapia et son séquençage complet, qui sera réalisé dans le cadre du Cichlid Genome Consortium.

● ● ■ Jean-François Baroiller,
Upr Aquaculture et gestion des ressources
aquatiques
jean-francois.baroiller@cirad.fr

Partenaires

Centre national de la recherche scientifique (Cnrs, France), Institute of Animal Science

(Israël), Muséum national d'histoire naturelle (Mnhn, France), université du New Hampshire (Etats-Unis), université de Würzburg (Allemagne).

Bibliographie

Baroiller J.F., D'Cotta H., Bezault E., Coutanceau J.P., Ozouf-Costaz C., Cnaani A., Kocher T., Pepey E., D'Hont A., Hulata G., Volff J.N., Bienvenu D., Chevassus B., 2006. Evolution des systèmes de déterminisme génétique du sexe dans le groupe des tilapias. *In* : Réunion du groupe transversal différenciation des gonades chez les vertébrés, 3 avril 2006, Paris.

Baroiller J.F., D'Cotta H., Bezault E., Coutanceau J.P., Ozouf-Costaz C., Cnaani A., Kocher T., Pepey E., D'Hont A., Hulata G., Volff J.N., Bienvenu D., Chevassus B., 2006. Basis of sex determination and sex differentiation for sex control in tilapia. *In* : Proceedings of the joint symposium on animal production, 7-10 novembre 2006, Tainan. Taiwan, Council of Agriculture.

Cnaani A., Lee B.Y., Zilberman N., Ozouf-Costaz C., Hulata G., Ron M., D'Hont A., Baroiller J.F., D'Cotta H., Penman D.J., Tomasino E., Coutanceau J.P., Pepey E., Shirak A., Kocher T., 2006. Rapid evolution of the sex determination mechanism among closely related cichlid fish species. *Journal of Sexual Development* (sous presse).

● ● ■ Peste bovine et peste des petits ruminants : l'ARN interférent au cœur d'un futur traitement

La peste bovine et la peste des petits ruminants restent des maladies virales graves malgré la vaccination. Une nouvelle génération d'antiviraux, qui inhibent à plus de 80 % la réplication des morbilivirus responsables de ces maladies, vient d'être mise au point grâce à l'interférence ARN. C'est la voie ouverte au développement de vaccins thérapeutiques, utilisables chez l'animal déjà infecté.

La peste bovine touche les bovins domestiques, les buffles, les yaks, mais aussi les ovins, les caprins, certaines races de porcs et toute une série d'espèces sauvages. Malgré une campagne de vaccination préventive généralisée, qui a presque abouti à l'éradication de la

maladie à l'échelle mondiale, des foyers d'infection persistent en Somalie. Et il n'existe aucun traitement curatif. Quant à la peste des petits ruminants, elle est présente en Afrique, dans la péninsule arabique, au Moyen-Orient et en Inde. Les vaccins préventifs sont efficaces

mais sensibles à la chaleur et, là encore, aucun traitement n'est disponible.

Depuis le début de l'année 2005, le Cirad met au point une nouvelle méthode de lutte contre ces pathologies fondée sur une technique novatrice

issue de la génétique moléculaire : l'interférence ARN. Ce mécanisme biologique naturel permet aux organismes pluricellulaires de contrôler le niveau d'expression de certains de leurs gènes. Il met en jeu de courts fragments d'ARN — les ARN interférents — capables d'empêcher la lecture et la traduction en protéines du code génétique porté par l'ADN. Ces ARN interférents se lient spécifiquement avec l'ARN messager cible, entraînant sa dégradation et, de ce fait, l'inhibition de la protéine correspondante.

Les ARN interférents inhibent la réplication des virus à plus de 80 %

Les chercheurs du Cirad viennent d'identifier trois ARN interférents de synthèse capables d'inhiber in vitro, à plus de 80 %, la réplication des virus de la peste des petits ruminants et de la peste bovine. Ils sont ciblés sur l'ARN messager du gène de la nucléoprotéine des virus responsables. Le processus de multiplication virale est alors bloqué. Ces résultats ont fait l'objet d'un dépôt de brevet en décembre 2005.

La deuxième phase de recherche a démarré. Elle consiste à tester in vivo cette nouvelle génération d'antiviraux sur l'animal infecté. Le transfert de ces ARN interférents dans l'animal infecté est envisagé grâce à un vecteur viral, habituellement utilisé comme vaccin. Si l'inhibition de la réplication du virus chez l'animal malade est effectivement observée, il sera possible de développer des vaccins thérapeutiques, sûrs et efficaces, contre les virus des pestes bovines et des petits ruminants.

Ces travaux, très prometteurs, ouvrent d'autres perspectives en matière de santé animale. Ils pourraient intéresser des virus tels que celui de la grippe aviaire ou celui de la peste porcine africaine. Pour ce dernier, l'application de l'interférence ARN comme méthode de lutte serait alors une avancée majeure, puisqu'il n'existe actuellement aucun vaccin préventif.

● ● ■ Emmanuel Albina,
Dominique Martinez, Upr Contrôle des
maladies animales exotiques et émergentes,
Umr Biologie et génétique des interactions
plante-parasite (Bgpi)
emmanuel.albina@cirad.fr

Bibliographie

Almeida R.S., Keita D., Libeau G., Albina E., 2006. Control of ruminant morbillivirus replication by siRNAs. *In* : RNAi Europe, 28-29 septembre 2006, Prague, République tchèque.

Keita D., 2006. Utilisation de la PCR quantitative pour évaluer l'efficacité de molécules antivirales sur les Morbillivirus. *In* : Regional QPCR user group meetings, 17 novembre 2006, Montpellier, France.

Keita D., Almeida R.S., 2006. RNAi et Morbillivirus. Les ARN messagers, micros et interférents. *In* : Applied biosystems and ambion, 5 octobre 2006, Lyon, France.

Keita D., Almeida R.S., Libeau G., Albina E., 2006. RNA interference for the control of Morbillivirus infection. *In* : 7th international congress of veterinary virology, 24-27 septembre 2006, Lisbonne, Portugal. European Society for Veterinary Virology.

Ces résultats font l'objet d'une demande de brevet déposée le 21 décembre 2005 (n° 0513029), avec une extension internationale (n° PCT/FR2006/002819).

Ecouvillonnage gingival
d'une chèvre malade pour
le diagnostic de la peste
des petits ruminants, en Inde.
© G. Libeau/Cirad.

● ● ■ Les indications géographiques dans les pays émergents

Café Antigua du Guatemala, mantecoso péruvien, piment de Mamou en Guinée, agneau du Karoo en Afrique du Sud, riz parfumé Surin Hom Mali de Thaïlande, thé de Darjeeling... Désigner des produits agricoles et agroalimentaires originaux par leur lieu de récolte ou de fabrication est d'un usage ancien et largement répandu. Les pays émergents, conscients que ce signe distinctif leur permettra de mieux valoriser leurs productions, s'engagent dans la mise en place d'un cadre législatif et réglementaire approprié. Le Cirad accompagne plusieurs de ces pays dans cette démarche.

44

La notion d'indication géographique est assez récente. Elle a d'abord été codifiée et transcrite en droit en France au début du xx^e siècle. Les appellations d'origine, outil de reconnaissance du patrimoine agricole et agroalimentaire, y ont été placées en 1935 sous la responsabilité de l'Inao (aujourd'hui Institut national de l'origine et de la qualité). Sur le plan européen et international, elles ont fait l'objet de divers accords. En 1994, l'Organisation mondiale du commerce a reconnu les indications géographiques comme un droit de propriété intellectuelle à part entière, au même titre que les brevets ou les marques. Les indications géographiques, qui désignent des produits dont une qualité, une caractéristique ou la réputation est due essentiellement à leur zone d'origine, sont devenues un élément important du débat sur le commerce mondial.

Le fromage frais *quesillo* sert à fabriquer le mantecoso au Pérou.
© F. Boucher/Cirad.

Les pays émergents commencent à s'approprier le concept d'indication géographique, conscients que ce signe distinctif leur permettra, dans le contexte d'un marché de plus en plus ouvert, de mieux valoriser leurs productions originales, tant sur le marché intérieur qu'à l'exportation. Ce qui passe par la définition d'un cadre législatif et réglementaire et par l'identification et la sélection de produits candidats. Le Cirad, qui a signé en 2004 une convention avec l'Inao, accompagne plusieurs pays émergents dans cette évolution.

En Afrique australe et au Brésil, un potentiel à découvrir

En Afrique du Sud, il n'existe pas de législation spécifique pour la protection des indications géographiques. Cependant, partant du constat de la spécificité de certaines ressources locales, un débat national s'est engagé en 2004 sur l'opportunité de développer cette approche. Deux projets, coordonnés par l'université de Pretoria et le Cirad, ont débuté dans la région, en Afrique du Sud et en Namibie. Il s'agit d'explorer le potentiel des indications géographiques comme moyen d'accès aux marchés et de développement rural, mais aussi comme outil de conservation de la biodiversité. Plusieurs produits sont concernés : les plantes à infusions rooibos et honeybush, l'agneau du Karoo, le mohair de Candebou, l'huile de graines de melon du Kalahari et les fourrures de

Karakul. Par l'intermédiaire de réunions et d'ateliers, le dialogue s'est établi entre les professionnels, les institutions et les acteurs de la recherche. Dans le cas le plus avancé, celui du rooibos, le dossier en vue d'une certification nationale puis européenne a été constitué.

Au Brésil, les indications géographiques sont reconnues par une loi fédérale depuis 1996, mais leur développement est récent. Le Cirad et ses partenaires brésiliens réalisent des recherches sur les conditions de développement de ces signes distinctifs et sur leur intérêt dans la protection des produits d'exportation comme dans la promotion de filières à l'échelon local. Des expériences sont échangées. Des études spécifiques viennent épauler les producteurs dans la gestion ou la création d'indications géographiques pour des produits comme les vins du Vale dos Vinhedos et d'Urus-sanga, la pomme de São Joaquim ou les huîtres de Florianópolis.

Indonésie et Inde : des indications géographiques mieux reconnues

En Indonésie, les produits régionaux les plus prestigieux, comme le café toraja ou le poivre blanc de Muntok, sont souvent exportés. Mais il n'est pas rare que les noms géographiques soient déposés par des négociants comme marques commerciales dans les pays d'exportation, sans qu'il y ait de retombées finan-

cières pour les producteurs. D'où la décision du gouvernement indonésien d'établir un cadre législatif qui organise la reconnaissance des indications géographiques et de lancer un projet pilote sur le café. Le projet sur le café Arabica de Kintamani, dans le nord de Bali, est mené par l'institut indonésien du café et du cacao (Iccri) et les autorités locales en lien avec le Cirad et l'Inao. Il a démontré la forte capacité de mobilisation des acteurs autour de cette notion et s'achève avec la rédaction du cahier des charges de la certification. En amenant les producteurs et transformateurs à définir des règles communes de production et de délimitation, les indications géographiques sont à même de renforcer les processus de développement rural.

Enfin l'Inde, pays émergent très actif dans les négociations internationales sur le commerce, a engagé une politique vigoureuse pour la reconnaissance des indications géographiques. Le cadre juridique adopté permet non seulement à des produits agroalimentaires mais aussi à des produits textiles et artisanaux de bénéficier d'une protection de leurs dénominations géographiques. Le Cirad et ses partenaires s'intéressent à la mise en œuvre des indications géographiques dans ce pays de tradition juridique anglo-saxonne. Ils se penchent aussi sur les nouvelles finalités des indications géographiques, telles que la protection de la diversité biologique et des savoirs traditionnels. Le cahier des charges est alors envisagé comme un moyen de codifier des savoirs anciens ou des pratiques respectueuses de l'écosystème. Une analyse comparée avec la situation en Europe permettra de dessiner des perspectives pour le suivi des négociations en vue d'une meilleure reconnaissance internationale des indications géographiques.

● ● ■ Denis Sautier, Umr Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire (Innovation)
denis.sautier@cirad.fr

Partenaires

Agridea (Suisse), Association OriGIn (Belgique), Ecole nationale des ingénieurs des techniques agricoles de Clermont-Ferrand (France), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, Brésil), Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute (Iccri, Indonésie), Institut national de l'origine et de la qualité (Inao, France), Institut national de la recherche agronomique (Inra, France), Réseau SinerGI, Systèmes agroalimentaires localisés (Syal), université agricole de Wageningen (Pays-Bas), universités de Florence et de Parme (Italie), université de Latvia (Lettonie), universités de Newcastle et d'Edimbourg (Royaume-Uni), université fédérale du Santa Catarina (Brésil).

Bibliographie

Kop P.V.D., Sautier D., Gerz A. (éd.), 2006. Origin-based products: Lessons for pro-poor market development. Amsterdam, Kit, Montpellier, Cirad, Kit Bulletin n° 372, 104 p.
<http://www.mamud.com/originbasedproducts.htm>

Marie-Vivien D., Thevenod-Mottet E., 2007. Quelle reconnaissance pour les indications géographiques des pays tiers en Europe ? Enjeux découlant de la décision de l'organe de règlement des différends de l'Omc. Economie rurale (*sous presse*).

Sautier D., Bienabe E., Sallée B., 2005. Les indications géographiques dans les pays du Sud : potentiels et enjeux. In : Produits agricoles et alimentaires d'origine : enjeux et acquis scientifiques, 17-18 novembre 2005, Paris. Paris, Inra, Inao.

Sautier D., Bienabe E., Cerdan C., 2007. Geographical indications in developing countries: potentials and stakes. In : Geographical indications for food: local development and global recognition, Sylvander B., Barham E. (éd.). Wallingford, Cabi (*sous presse*).

Sites

<http://gis-syal.agropolis.fr>
<http://www.origin-food.org>

Pour l'infusion rooibos d'Afrique du Sud, le dossier de certification nationale et européenne est déjà constitué.
© T. Erwin/Cirad.

Anticiper ■ ● ●

46

■ ● ● Agrimonde : agricultures et alimentations du monde en 2050

Pour les agricultures du monde, l'un des défis majeurs des prochaines décennies sera de produire plus et mieux pour satisfaire durablement des besoins de biens alimentaires et non alimentaires en forte croissance. Quels scénarios d'évolution peut-on envisager non seulement pour la France et l'Europe, mais aussi pour toutes les grandes régions, en particulier tropicales ? Comment la recherche agronomique peut-elle aider à relever ce défi ? L'exercice prospectif Agrimonde, mené conjointement par l'Inra et le Cirad, devrait permettre de clarifier ces questions, de discuter l'avenir de la recherche publique française et de préciser ses orientations pour lui permettre de mieux se positionner au sein de la communauté scientifique internationale.

Les dynamiques en cours — l'augmentation de la population mondiale, les changements de systèmes alimentaires dans les pays émergents, la croissance de la demande en bioénergies et autres produits non alimentaires, la raréfaction ou la dégradation des ressources naturelles — vont bouleverser les offres et demandes nationales. Parvenir à préserver les ressources de la planète tout en réduisant la pauvreté et les inégalités constitue l'un des enjeux majeurs pour le développement durable, mais aussi pour les équilibres géopolitiques planétaires et les relations entre les pays du Nord et ceux du Sud.

Un exercice prospectif à l'horizon 2050

L'exercice prospectif Agrimonde, Agricultures et alimentations du monde en 2050, qui a débuté en 2006 et se poursuivra en 2007, devrait permettre d'en-

visager la place des agricultures dans les différents scénarios de transformation du monde et d'identifier les questions fondamentales auxquelles la recherche agronomique sera confrontée. Il fournira au Cirad et à l'Inra les moyens d'anticiper ces évolutions et de préparer l'avenir en termes de dispositif et d'orientation de la recherche publique, comme en termes de positionnement stratégique international.

L'ensemble du travail a notamment recours aux résultats du Millennium Ecosystem Assessment (Mea), une opération internationale d'évaluation et de prospective sur les écosystèmes commanditée par les Nations unies, qui s'est déroulée entre 2001 et 2005. Il s'inscrit dans la perspective des travaux actuels de l'International Agricultural Assessment of Science and Technologies for Development (Iaastd), une opération de prospective sur l'agriculture lancée en 2002 par les Nations unies et la Banque mondiale.

Une plate-forme de réflexion

Face à la profusion des analyses et des informations sur les agricultures et les alimentations du monde, Agrimonde se veut d'abord un outil d'aide à la réflexion prospective sur les scénarios d'évolution existants. Son objectif est d'aborder la question des rôles possibles de la recherche, des politiques publiques et des régulations internationales.

L'analyse stratégique de ces scénarios constitue le deuxième volet de l'exercice. Il s'agit de croiser les différents scénarios de production et de consommation en matière agricole et alimentaire pour en évaluer les implications environnementales, économiques et politiques, qui elles-mêmes déterminent les questions posées à la recherche agronomique. Les paramètres sont multiples, tant pour la consommation

que pour la demande. L'analyse critique s'effectue à partir d'une déconstruction et d'une reconstruction des scénarios existants, qui permet de signaler leurs impasses et leurs manques éventuels, et de les compléter.

Enfin, les analyses et les réflexions relatives à ces scénarios seront largement débattues, dans une dernière étape, pour aboutir à des recommandations et à des perspectives pour prolonger l'exploitation de la plate-forme.

Agrimonde doit permettre aux chercheurs de mieux comprendre les implications des grands changements attendus et de mieux valoriser leurs compétences, en particulier au sein des groupes d'experts internationaux, qui se sont multipliés ces dernières années. Pour l'Inra et le Cirad, l'objectif est de définir leurs orientations scientifiques et de renforcer leur participation aux grands débats internationaux pour mieux répondre aux enjeux agricoles et alimentaires de demain.

■ ■ ● Patrick Caron, Bruno Dorin,
Umr Centre international de recherche
sur l'environnement et le développement
(Cired)

patrick.caron@cirad.fr
bruno.dorin@cirad.fr

Partenaire

Institut national de la recherche agronomique
(Inra).

Un marché sur la côte est de Madagascar.
© C. Lanaud/Cirad.

■ ■ ● Les maladies émergentes : un défi pour la recherche

Les changements climatiques, les déséquilibres écologiques et l'intensification des échanges provoquent l'apparition de maladies nouvelles ou la recrudescence d'infections connues, que ce soit dans le domaine de la santé végétale, animale ou humaine. Les crises sanitaires récentes imposent de nouveaux modes d'intervention. Il s'agit maintenant de prévoir, de dépister précocement et d'étudier préventivement, c'est-à-dire dans leurs écosystèmes d'origine, les maladies qui risquent de poser des problèmes dans l'avenir.

Les **maladies émergentes** tiennent une place de plus en plus importante en santé humaine, animale, mais aussi végétale. Elles correspondent, en fait, à plusieurs situations : ce sont soit des

maladies nouvelles, dont l'agent pathogène était inconnu, soit des maladies connues, mais dont le mode de transmission, l'expression ou l'adaptation aux hôtes se sont brusquement modifiés

au point de provoquer des affections plus sévères, soit encore des maladies ou ravageurs qui se propagent vers de nouveaux territoires jusqu'alors indemnes. Ces maladies, souvent d'origine

Le Cirad étudie le rôle des oiseaux migrateurs dans la propagation du virus de la grippe aviaire : des sarcelles d'été équipées de petites balises Argos, au Mali. © P. Poilecot/Cirad.

tropicale, peuvent entraîner des crises majeures, en particulier sur les terrains du Sud, où les systèmes de santé et de protection des plantes sont souvent démunis.

Le Cirad occupe une place privilégiée dans la recherche sur les maladies émergentes. L'approche globale qu'il a adoptée dans ce domaine associe la surveillance, l'étude des cycles épidémiologiques, l'analyse des risques et la mise au point d'outils de diagnostic et de contrôle. Sa présence dans les pays du Sud lui confère une connaissance intime des terrains d'où proviennent la plupart de ces maladies et lui permet de s'appuyer sur un réseau de partenaires, en Méditerranée, en Afrique et en Asie du Sud-Est, conforté par de solides collaborations avec les institutions du Nord. Il est ainsi à même de répondre rapidement à l'apparition de nouveaux problèmes en mobilisant ses compétences et celles de ses partenaires et d'anticiper les risques d'émergence de nouveaux bioagresseurs.

Une expérience reconnue en santé animale

Dans le domaine de la santé animale, le Cirad mène, depuis de nombreuses années, des recherches, participe à la surveillance et dispense des enseignements et des formations sur la fièvre de la vallée du Rift, la fièvre West Nile, la peste porcine africaine, la bluetongue et la grippe aviaire. Il est ainsi impliqué, depuis le début de la crise de la grippe aviaire, dans l'étude du rôle des oiseaux migrateurs dans la propagation du virus H5N1 hautement pathogène, pour laquelle il a déjà conduit plusieurs campagnes de prélèvements.

Ses capacités de coordination sont reconnues, avec le rôle qu'il s'est vu confier dans des projets d'envergure internationale comme le programme panafricain de contrôle des épizooties (Pace) et le projet sur les maladies émergentes en Europe (Eden). Son approche environnementale des maladies lui permet d'aborder les relations entre

faune sauvage et animaux domestiques et les questions d'écologie de la santé. Il dispose d'outils de pointe dans ce domaine, telles les plates-formes techniques destinées à l'analyse de l'information spatiale et au diagnostic à haut débit.

Des compétences dans le domaine phytosanitaire

Dans le domaine phytosanitaire, les maladies émergentes ne sont pas moins préoccupantes. Les problèmes liés aux bioagresseurs végétaux peuvent occasionner un usage inconsidéré de pesticides, voire entraîner des risques de pénurie alimentaire. Là aussi, le Cirad intervient pour analyser les dynamiques d'extension des maladies et des bioagresseurs à l'échelle planétaire et les modalités de gestion des risques (voir l'encadré sur le Huanglongbing, page suivante).

Les études qu'il mène sur le diagnostic, l'épidémiologie, la modélisation et la gestion intégrée des bioagresseurs dans des contextes diversifiés doivent permettre d'anticiper ces risques et d'apporter des réponses aux problèmes dès leur émergence. Ainsi, par exemple, le Cirad participe au réseau caribéen de surveillance de la maladie des raies noires du bananier qui se met en place pour prévenir l'arrivée de cette maladie, actuellement aux portes des petites Antilles, et pour intervenir rapidement en cas de détection. Il fait également

partie du réseau d'excellence Endure sur les stratégies durables de protection des cultures. Cette participation permettra d'intégrer les dispositifs de recherche du Sud au sein de ce réseau européen.

Les enjeux sont considérables, pour la santé animale comme pour la protection des cultures. Une réflexion méthodologique commune doit s'engager entre ces deux domaines. Leurs démarches respectives font appel aux mêmes outils — diagnostic, épidémiologie, modélisation, prévision et gestion des risques

— et ne peuvent que s'enrichir l'une l'autre.

■ ■ ● **Renaud Lancelot, Jean-Louis Sarah**
renaud.lancelot@cirad.fr
jean-louis.sarah@cirad.fr

Sites

Eden (Emerging diseases in a changing European environment) :
<http://www.eden-fp6project.net/>

Endure (European network for the durable exploitation of crop protection strategies) :
<http://www.endure-network.eu>

Risques phytosanitaires émergents : le Huanglongbing des agrumes

Cage d'élevage de *Diaphorina citri* en insectarium.
© F. Gatineau/Cirad.

Le Huanglongbing est une maladie qui affecte tous les agrumes. Il est dû à une bactérie du phloème, *Candidatus Liberibacter* sp., transmise par des insectes psyllidés. Cette maladie présente en Asie et en Afrique vient d'être identifiée au Brésil et aux Etats-Unis, où elle menace désormais sérieusement la production d'agrumes, première production fruitière au monde. Pour éradiquer ce fléau, le Cirad explore de nouvelles méthodes de lutte.

Jusqu'à présent, les stratégies de lutte contre le Huanglongbing reposaient sur l'éradication ou la réduction des populations des insectes vecteurs, *Diaphorina citri* et *Trioza erytrea*, par une lutte insecticide ou biologique, et sur la prophylaxie, aucune résistance ou tolérance naturelle à la maladie n'étant connue chez les *Citrus* cultivés ou sauvages. Or la transmission de *Candidatus Liberibacter* sp. par ses vecteurs est une étape capitale dans le schéma épidémiologique de la maladie. Sans cette transmission entomophile hautement spécifique, le contrôle, voire l'éradication, de la maladie pourrait être envisageable.

Compte tenu des récentes avancées dans l'étude des maladies transmises par les insectes et dans les techniques de transforma-

tion génétique, le Cirad oriente ses recherches vers une stratégie de lutte qui reposerait, non plus sur l'élimination ou la réduction des populations d'insectes vecteurs, mais sur la modification de leur capacité à transmettre la bactérie. Une série d'études préalables a déjà été engagée sur les mécanismes cellulaires de la translocation de la bactérie dans les tissus du psylle et sur la transgenèse directe ou indirecte des lignées germinales.

■ ■ ● **Frédéric Gatineau**, UpR Jaunissement mortel du cocotier et greening des agrumes
frederic.gatineau@cirad.fr

Bibliographie

- Gatineau F., 2006. Development of an alternative and sustainable strategy to fight Huanglongbing disease: towards modified vector competence of insect vector populations. In : Huanglongbing workshop international, Ribeirão Preto, São Paulo, Brésil, 16-20 juillet 2006.
- Gatineau F., Bonnot F., Hien N.T.D., Loc H.T., Tuan T.M., Tuyen N.D., Truc N.T.N., 2006. Effects of 2 insecticide practices on population dynamics of *Diaphorina citri* and on Huanglongbing incidence in South Vietnam. In : Huanglongbing workshop international, Ribeirão Preto, São Paulo, Brésil, 16-20 juillet 2006.

Les indicateurs

Les indicateurs

L'année 2006 est une année de transition pour le Cirad, entre la mise en place de ses unités de recherche, qui a eu lieu en 2005, et la réorganisation de ses départements, qui est effective en 2007. Le contrat d'objectifs conclu par le Cirad avec ses ministères de tutelle pour la période 2001-2005 est arrivé à son terme et aucun nouveau contrat n'a été signé en 2006. Les indicateurs, qui sont globalement ceux du précédent contrat, couvrent les aspects les plus significatifs de l'activité du Cirad et présentent, pour certains d'entre eux, l'évolution au cours des six dernières années. Compte tenu de la réorganisation du Cirad et de la mise en place d'un nouveau système d'information pour les ressources humaines, tous les indicateurs n'ont cependant pas pu être rassemblés.

52

Les moyens humains et l'évolution des compétences

Les moyens humains

L'effectif global accuse une légère baisse par rapport à 2005 : il passe de 1 850 à 1 825. Cette évolution, sensible depuis 2002, ne touche pas toutes les catégories de personnel, puisque, de 2001 à 2006, l'effectif des cadres progressait de 57 agents, celui des agents de maîtrise de 31, tandis que le nombre de collaborateurs diminuait de 122 (**figure 1**). Au cours de cette période, le profil des agents du Cirad s'est profondément modifié, sous l'effet d'une politique visant une meilleure qualification des salariés.

L'effectif diminue surtout en France métropolitaine, avec 31 agents de moins, alors que les affectations outre-mer progressent de 6 agents. Cette progression profite essentiellement à l'outre-mer français et à l'Amérique latine ; les affectations en Afrique diminuent de 5 agents (**figures 2 et 3**).

En 2006, les missions ont une évolution positive de 8,7 équivalents temps plein et bénéficient surtout à l'Asie et l'Océanie (+ 6,3) et à l'Afrique (+ 3). Elles diminuent globalement de 14,1 % par rapport à l'année 2002 (**figure 4**).

Par rapport à 2001, les effectifs diminuent en Afrique (- 21) et dans l'outre-mer français (- 12) et progressent dans toutes les autres affectations, ce qui témoigne d'une politique de diversification, en particulier en direction de l'Asie et de l'Océanie (+ 9).

Figure 1. Répartition des effectifs selon les catégories de personnel.

Figure 2. Répartition des effectifs selon la localisation.

Figure 3. Répartition des effectifs en affectation.

Figure 4. Répartition des missions, en équivalent temps plein.

Le Cirad salarie 788 cadres scientifiques et bénéficie de la collaboration de 36 cadres associés, dont 8 sont mis à disposition par l'Inra et 11 par le ministère de l'Agriculture. Le ministère des Affaires étrangères met à la disposition du Cirad 10 cadres assistants techniques au développement. Si le Cirad bénéficie de cadres mis à disposition par des organismes extérieurs, il contribue à l'activité de

11 centres du Gcrai (Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale), où 20 agents sont affectés en 2006.

Le nombre de cadres d'origine européenne diminue légèrement et ce un peu plus vite que l'effectif global des cadres, ce qui entraîne une baisse en pourcentage de 0,2 %. Depuis l'année 2000, le nombre de cadres européens

est passé de 24 à 37, soit de 2,6 % à 3,5 % (**figure 5**).

Malgré la baisse générale de l'effectif, la tendance à la féminisation des cadres s'est accentuée en 2006. Ainsi, le nombre de femmes cadres est passé de 266 en 2005 à 274 en 2006, pour atteindre 26,2 % de l'effectif (**figure 6**). Cette progression, régulière depuis 2001, est de près de 1 % par an.

Figure 5. Evolution de l'effectif des cadres étrangers et objectif à atteindre pour les cadres européens.

Figure 6. Evolution de l'effectif des femmes cadres.

L'évolution des compétences

Le nombre d'habilitations à diriger des recherches augmente pour atteindre 8,9 % de l'effectif des cadres scientifiques. Le nombre de docteurs progresse également et passe la barre des 50 %. En comparant les chiffres de 2006 à ceux de 2001, on observe une quasi-stabilité du pourcentage de docteurs, environ 50 %, et une augmentation de 1,8 % des habilitations (**tableau I**).

Tableau I. Evolution des compétences scientifiques de 2001 à 2006.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Cadres scientifiques	818	842	899	878	878	856
Docteurs						
nombre	408	419	465	439	436	430
pourcentage	49,9	49,8	51,7	50,0	49,7	50,2
Habilités à diriger des recherches						
nombre	58	67	72	68	75	76
pourcentage	7,1	8,0	8,2	7,7	8,5	8,9

La politique scientifique et partenariale

Les partenariats

Les projets fédérateurs

En France, six projets fédérateurs, communs à plusieurs départements, associent des centres de recherche, des établissements d'enseignement supérieur et des centres techniques : Arpège (Architecture racinaire des plantes : facteurs environnementaux et génétiques), Oryzon (Le riz, du gène au champ et du champ au gène), Ecoforbac (Gestion et conservation des écosystèmes forestiers du bassin du Congo), Grenat (Outils d'évaluation et de gestion du risque environnemental lié à l'utilisation de déchets et de produits polluants en agriculture), Labelsud (Qualification et certification des produits), Durabilis (Agriculture durable et innovations sociotechniques). A ces collaborations s'ajoutent de nombreux partenariats européens et internationaux.

Treize actions thématiques programmées (Atp) mobilisent également des chercheurs appartenant à plusieurs départements et unités, sur une durée d'environ trois ans. Ces actions font l'objet d'un appel à propositions, d'une sélection et d'une restitution collectives.

Les unités mixtes de recherche

La situation des unités mixtes de recherche n'a pas évolué en 2006. Le Cirad est associé à 20 unités mixtes, où 200 agents sont affectés, ce qui représente plus du quart des cadres scientifiques du Cirad. En 2001, le Cirad participait à seulement 12 unités mixtes de recherche et y affectait 128 scientifiques, soit 15,6 % de son effectif scientifique (figure 7).

Les projets européens

Le 6^e programme-cadre de recherche et de développement de la Communauté européenne (Pcrd) s'est achevé

Figure 7. Evolution du nombre de scientifiques du Cirad dans les unités mixtes de recherche.

en 2006. Face aux changements apportés à ce programme par rapport aux précédents, le Cirad s'est adapté rapidement, ce qui s'est traduit par une participation accrue et une progression de la contribution des projets européens à ses ressources contractuelles (voir la figure 14 sur l'origine des financements contractuels).

Sur les sept projets financés par la Communauté européenne retenus en 2006, quatre sont coordonnés par le Cirad (tableau II). Le Cirad participe, entre autres, au réseau d'excellence Endure, dont la vocation est de construire une organisation durable autour de la protection des plantes dans une démarche respectueuse de l'environnement. Il a ainsi la possibilité de consolider ses propres thématiques de recherche et d'y associer ses partenaires du Sud.

Tableau II. Les projets européens retenus en 2006.

European network for the durable exploitation of crop protection strategies (Endure)	Contact : J.L. Sarah (Bgpi, Pvbmt, Systèmes de culture bananes, plantains et ananas, Dic) Coordinateur : Inra
Promoting European traceability excellence and research (Peter)	Contact : N. Zakhia (late) Coordinateur : Chambre de commerce et d'industrie du Gers
Quantification, understanding and prediction of carbon cycle and other GHG gases in sub-Saharan Africa (Carbo-Africa)	Contact : J.P. Bouillet (Fonctionnement et pilotage des écosystèmes de plantations) Coordinateur : Cirad
Integrated water resources management by the implementation of improved agro-forestry concepts in arid and semi-arid areas in Latin America (Wafila)	Contact : F. Forest (Systèmes de semis direct sous couverture végétale) Coordinateur : Technologie Transfer Zentrum, Bremerhaven (Ttz, Allemagne)
Unravelling pathogenicity of <i>Xanthomonas albilineans</i> , the pathogen causing leaf scald disease of sugarcane (Xagenomics)	Contact : P. Rott (Bgpi) Coordinateur : Cirad
Agricultural innovation in dryland Africa (Aida)	Contact : D. Clavel (Agrobiodiversité des plantes de savanes) Coordinateur : Cirad
Integrating social science research into cotton reform implementation lined with the international outlook (Isscri)	Contact : M. Fok (Systèmes cotonniers en petit paysannat) Coordinateur : Cirad

Les pôles de compétence et les unités de recherche en partenariat

A l'étranger, six pôles de compétence en partenariat (Pcp) regroupent les chercheurs et les moyens de différentes institutions en un lieu donné, autour d'une thématique commune qui répond à des enjeux de développement (**tableau III**). Ils ont pour objectif d'offrir aux chercheurs un environnement optimal et stable pour mener leurs

recherches et se situer au sein de la communauté scientifique internationale. Ils favorisent la production de résultats scientifiques de qualité, l'élaboration d'outils de développement et la formation de jeunes chercheurs de toutes origines. A cela s'ajoute une déontologie du partenariat dont la priorité est de veiller à l'égalité de décision des partenaires. Les partenaires sont associés dès la conception des projets, qui sont inscrits dans les programmations nationales. Le transfert

des compétences et l'accès aux informations sont prévus, les publications et l'exploitation en commun des résultats sont facilitées.

Trois unités de recherche en partenariat (Urp), à Madagascar et au Sénégal, viennent compléter ce dispositif (**tableau IV**). Elles associent des équipes du Cirad à celles d'autres établissements de recherche et d'enseignement supérieur, avec un statut analogue à celui des unités mixtes de recherche. Ce statut renforce l'inscription des équipes dans les systèmes nationaux d'enseignement supérieur et de recherche, leur visibilité internationale et leur reconnaissance par rapport aux standards académiques.

Les pôles et les centres à vocation régionale

Ces pôles régionaux de coordination scientifique sont des cellules de coordination inter-Etats, qui dépendent des communautés régionales économiques et mobilisent les systèmes nationaux de recherche agricole. Le Prasac, Pôle régional de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique centrale, est ainsi un outil spécialisé de la Cemac, Communauté économique et monétaire d'Afrique centrale. La cellule est basée à N'Djamena, au Tchad, et reçoit une aide budgétaire annuelle de la Cemac. Elle mobilise des financements du ministère des affaires étrangères, de la Banque africaine de développement et coordonne des actions de recherche mises en œuvre par les structures nationales au Cameroun, au Tchad et en République centrafricaine.

Quatre centres régionaux ou à vocation régionale sont partenaires du Cirad en Afrique : le Cirdes, Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, au Burkina Faso ; le Carbap, Centre africain de recherche sur bananiers et plantains, au Cameroun ; le Ceraas, Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse, au Sénégal ; l'Ur2pi, Unité de recherche sur la productivité des plantations industrielles, au Congo.

Tableau III. Les pôles de compétence en partenariat.

Markets and agriculture linkages for cities of Asia (Malica), Vietnam	Partenaires : Asian Institute of Technology (Ait, Thaïlande), Centre d'information pour l'agriculture et le développement rural (Icard, Vietnam), Institut agronomique vietnamien (Vasi, Vietnam), Institut d'économie agricole (Iae, Vietnam), Institut de recherche sur les fruits et légumes (Rifav, Vietnam), Institut de sociologie (Ios, Vietnam)
Pôle de recherche sur l'intensification des systèmes d'élevage (Prise), Vietnam	Partenaires : Institut agronomique vietnamien (Vasi, Vietnam), Institut national de l'élevage (Niah, Vietnam), Institut national de recherche vétérinaire (Nivr, Vietnam), université agronomique de Hanoi (Vietnam)
Gestion intégrée des agricultures familiales dans les écosystèmes agroforestiers humides (Grand Sud Cameroun)	Partenaires : Institut de recherche agricole pour le développement (Irad, Cameroun), universités de Yaoundé I et de Dschang (Cameroun)
Gestion des écosystèmes de savane (Gesed), Mali	Partenaires : Institut d'économie rurale (Ier, Mali), Institut polytechnique rural (Ipr, Mali)
Systèmes agroforestiers à base de cultures pérennes , Costa Rica (avril 2007)	Partenaires : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie, Costa Rica), Centre for Agriculture and Bioscience International (Cabi, Royaume-Uni), Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (Incae, Costa Rica), Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y la Modernización de la Caficultura de Centroamérica (Promecafé, Guatemala, Costa Rica)
Produire et conserver en partenariat , Zimbabwe (avril 2007)	Partenaires : Centre national de recherche scientifique (Cnrs, France), National University of Science and Technology (Nust, Zimbabwe), University of Zimbabwe (Uz, Zimbabwe), ambassade de France

Tableau IV. Les unités de recherche en partenariat.

Systèmes de culture et rizicultures durables (Scrid)	Partenaires : Centre national de la recherche appliquée au développement rural (Fofifa, Madagascar), université d'Antananarivo
Gestion des forêts malgaches et de leur biodiversité (Forêts et biodiversité)	Partenaires : Centre national de la recherche appliquée au développement rural (Fofifa, Madagascar), université d'Antananarivo
Pastoralisme	Partenaires : Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra, Sénégal), Centre de suivi écologique (Cse, Sénégal), Ecole nationale d'économie appliquée (Enea, Sénégal), Université Cheikh Anta Diop (Ucad, Sénégal)

Les publications scientifiques et techniques

Les données concernant les publications scientifiques et techniques sont extraites de la base de données bibliographiques Agritrop, base de référence du Cirad en matière de dépôt institutionnel des publications et rapports. Ces données reflètent l'état de la base au 31 janvier 2007. En raison des délais de parution des documents, seules 50 à 70 % des publications de 2006 sont enregistrées au 31 janvier 2007, d'où une extrapolation des données pour toutes les analyses qui suivent.

Le nombre total de publications (articles de périodiques, ouvrages,

chapitres d'ouvrages, actes de congrès, communications et thèses) diminue légèrement depuis 2001 (**figures 8 et 9**). Cette tendance est principalement due à une diminution du nombre de communications dans les congrès constatée depuis 2003. En revanche, le nombre d'articles de périodiques est en constante augmentation, avec une nette progression des publications dans les revues à facteur d'impact (**figure 10**).

Pour la période 2005-2006 (hors extrapolation), les articles publiés dans les revues à facteur d'impact sont au nombre de 482. Parmi ceux-ci, 415 articles, soit 86 %, sont publiés avec des coauteurs extérieurs au Cirad, principalement issus d'univer-

sités ou d'organismes de recherche européens (94 %) ou africains (30 %) (**figure 11**).

Les organismes de rattachement de ces coauteurs sont particulièrement diversifiés. Cependant, 40 % de ces articles sont publiés avec au moins un universitaire, accueilli en Europe (48 %), en Afrique (18 %), en Amérique du Nord (13 %), en Asie (13 %) ou en Amérique du Sud (10 %). En dehors des universités, les organismes les mieux représentés dans ces copublications sont l'Inra, le Cnrs et l'Ird.

Figure 8. Evolution du nombre total des publications.

Figure 9. Répartition des publications enregistrées pour 2006 selon le type de document.

Figure 10. Evolution du nombre d'articles de périodiques.

Figure 11. Origine géographique des coauteurs des articles de revue à facteurs d'impact.

La valorisation

Le Cirad détient un portefeuille de 35 brevets dont la moitié en copropriété avec au moins un partenaire. A la fin de 2006, le Cirad avait déposé 33 logiciels, 51 variétés végétales protégées par un certificat d'obtention végétale (Cov), 10 marques, un dessin et un dossier technique secret.

Les moyens financiers

La couverture des charges d'exploitation par la subvention pour charge de service public (Scsp) passe de 62,3 % en 2005 à 62,4 % en 2006 (**figures 12 et 13**).

Les ressources contractuelles sont en augmentation : 53,5 millions d'euros en 2006 contre 47,4 en 2005 (**figure 14**). Cette augmentation est, cette année encore, due aux fonds européens, qui passent de 16,1 à 19,3 millions d'euros, soit 19,9 % de plus qu'en 2005. Tous les autres fonds progressent également, mais dans des proportions moindres. A noter, après une période de régression, le redressement des fonds publics français pour la troisième année consécutive, sans toutefois rattraper le niveau de 2002.

Figure 12. Dépenses d'exploitation, en millions d'euros.

Figure 13. Couverture des charges par la subvention pour charge de service public en 2006.

Figure 14. Origine des financements contractuels, en millions d'euros.

La politique de la qualité

La démarche de qualité en recherche vise à maîtriser la traçabilité des actions, à améliorer la fiabilité des résultats et à mettre les activités ou les laboratoires en conformité avec des référentiels. Elle a pour objectif prioritaire l'amélioration collective des processus de production scientifique et concerne tous les acteurs de la recherche, y compris les gestionnaires et les agents de l'appui à la recherche.

En 2006, neuf structures, dont huit laboratoires d'unités de recherche,

soit 360 personnes (20 % de l'effectif total), sont engagées dans une démarche de certification ou d'accréditation de niveau 4, c'est-à-dire avec reconnaissance par une tierce partie selon le référentiel international Iso (International Organisation for Standardization) (**tableau V**).

La démarche de qualité concerne les activités et les laboratoires en métropole et dans l'outre-mer français, mais aussi les structures implantées en partenariat à l'étranger. Des actions spéci-

fiques de sensibilisation, d'information et de formation aux démarches et aux outils de la qualité sont organisées. L'ensemble de ces activités au service de la politique générale du Cirad doit contribuer à renforcer la crédibilité et la notoriété de ses équipes de recherche en améliorant la qualité de leurs travaux.

Tableau V. Structures certifiées ou accréditées.

Structures (unité de recherche concernée)	Type de norme	Effectif
Déjà certifiées en 2004		
• Laboratoire d'analyses agronomiques, Montpellier	Iso 9001	21
• Laboratoire d'analyses agronomiques, Réunion	Iso 9001	8
• Laboratoire d'essai en préservation des bois, Montpellier	Certification Ctba* (Iso 17025)	8
Certifiées en 2005		
• Laboratoire d'essai en préservation des bois (Production et valorisation des bois tropicaux), Montpellier	Iso 17025 (accréditation Cofrac)	8
• Système de management environnemental à Baillarguet (unités de recherche et de services d'élevage et de médecine vétérinaire), Montpellier	Iso 14001	180
Certifiées en 2006		
• Laboratoire de qualité du caoutchouc naturel (Qualité des produits des cultures pérennes), Montpellier	Iso 9001	4
En cours de certification ou d'accréditation		
• Laboratoire de santé animale, Montpellier	Iso 17025	43
• Laboratoire de santé animale, Guadeloupe	Iso 17025	10
• Umr Biologie et génétique des interactions plantes-parasites pour la protection intégrée (Bgpi), Montpellier	Iso 9001	74

* Ctba : Centre technique du bois et de l'ameublement.

L'organisation

L'organisation en avril 2007

Conseil d'administration

Président

Patrice Debré, professeur des universités

Didier Hoffschir, représentant le ministre délégué à l'enseignement supérieur et à la recherche

Antoine Grassin, représentant le ministre délégué à la coopération et au développement

X, représentant le ministre délégué au budget et à la réforme de l'Etat

Jean-Louis Buër, représentant le ministre de l'agriculture et de la pêche

Pierre Brunhes, représentant le ministre des départements et des territoires d'outre-mer

Jean-François Girard, président de l'Institut de recherche pour le développement

Marion Guillou, présidente de l'Institut national de la recherche agronomique

Christiane Lambert, vice-présidente de la Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles, présidente de Vivea

Haïdara Lansry Nana Yaya, commissaire à la Sécurité alimentaire du Mali

Jean-Michel Severino, directeur général de l'Agence française de développement

Laurence Tubiana, directrice de l'Institut du développement durable et des relations internationales

Représentants élus du personnel

Martine Antona

Michel Benoit-Cattin

Patrick d'Aquino

Tristan Durand-Gasselini

Laurent Maggia

Philippe Vaast

Secrétaire

Jean-Louis Muron

Comité d'éthique

En cours de renouvellement

Conseil scientifique

Président

Bernard Chevassus-au-Louis, Inra, France

Bonnie Campbell, université de Québec, Canada

Marie-Christine Cormier-Salem, Ird, France

Bernard Delay, Cnrs, France

Maria Fernanda Espinosa, Uicn, Equateur

Yaye Kene Gassama Dia, ministère de la Recherche, Sénégal

Gnissa Konate, Inera, Burkina Faso

Yves Savidan, Ird, France

Claudine Schmidt-Lainé, Cemagref, France

Serge Svizzero, université de la Réunion, France

Représentants élus du personnel

Marie-Line Caruana

Jacques Lançon

Raphaël Morillon

Laurence Ollivier

Vincent Ribier

Direction générale

Gérard Matheron, directeur général

Michel Griffon, conseiller

Jean-Louis Muron, conseiller

Léandre Mas, délégué à la qualité

Direction de la recherche et de la stratégie

Etienne Hainzelin, directeur

Michel Benoit-Cattin, fonds incitatifs et budget

Claudie Dreuil, fonds incitatifs et budget

Dany Griffon, délégué à l'évaluation

Martin-Eric Loffeier, coordination et stratégie

Hubert Omont, filières

Direction de l'innovation et de la communication

Alain Weil, directeur

Joël Sor, directeur adjoint et délégué aux systèmes d'information

Didier Chabrol, délégué à l'information scientifique et à la communication

Véronique Vissac-Charles, déléguée à la valorisation

Direction des relations européennes et internationales

Gilles Saint-Martin, directeur

Hubert Guérin, délégué pour l'Afrique et l'océan Indien

X, délégué pour l'Asie et le Pacifique

André de Courville, délégué pour l'Amérique latine et la Caraïbe

Catherine Marquié, déléguée pour l'Europe communautaire

Christian Hoste, délégué pour le système européen et international de la recherche agricole pour le développement

Mireille Mourzelas, déléguée aux échanges scientifiques internationaux

Michel Trebel, délégué pour les pays méditerranéens et le Proche-Orient

Secrétariat général

Hervé Deperrois, secrétaire général

Patrick Herbin, secrétaire général adjoint

Marc Gélis, directeur de la comptabilité et des affaires financières

Vincent Fabre-Rousseau, directeur de la gestion des ressources humaines (par intérim)

Didier Servat, directeur technique de l'aménagement et de la maintenance

Gilles Mandret, directeur de l'outre-mer français

Patrick Herbin, délégué juridique

André Nau, délégué au contrôle de gestion

Marie-Gabrielle Bodart, déléguée aux archives

Aleth de Sartiges, ingénieur sécurité

..... Départements et unités de recherche

Département Systèmes biologiques

Jean Christophe Glaszmann, directeur
Dominique Berry, directeur adjoint
Xavier Mourichon, adjoint à la direction
Francis Ercole, chef du service d'appui à la gestion

Unités de recherche*

Agrobiodiversité des plantes de savanes (Upr), **Jacques Chantereau**

Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative (Upr),
Robert Domaingue

Amélioration génétique du palmier à huile (Upr), **Tristan Durand-Gasselin**

Biologie et génétique des interactions plantes-parasites pour la protection intégrée (Umr Bgpi), **Jean-Loup Notteghem**, SupAgro (SupAgro, Inra)

Botanique et bio-informatique de l'architecture des plantes (Umr Amap), **Daniel Barthélémy**, Inra (Cnrs, Inra, Ird, université Montpellier 2)

Centre de biologie et gestion des populations (Umr Cbpg), **Denis Bourguet**, Inra (SupAgro, Inra, Ird, université Montpellier 2)

Commercialisation du matériel végétal (Us), **Christian Picasso**

Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes (Upr), **Dominique Martinez**

Création variétale et peuplements de riz (Upr), **Nourollah Ahmadi**

Développement et amélioration des plantes (Umr Dap), **Françoise Dosba**, SupAgro (SupAgro, Inra, Ird, université Montpellier 2, Cnrs)

Diversité génétique et amélioration des espèces forestières (Upr), **Jean-Marc Bouvet**

Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens (Upr), **Michel Lecoq**

Enseignement et formation en élevage (Us), **Christophe Dalibard**

Epidémiologie et écologie des maladies animales (Upr), **François Roger**

Gestion des ressources génétiques et dynamiques sociales (Upr), **Hélène Joly**

Jaunissement mortel du cocotier et greening des agrumes (Upr), **Michel Dollet**

Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (Umr Lstm), **Bernard Dreyfus**, Ird (SupAgro, Inra, Ird, université Montpellier 2)

Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes (Upr), **Christian Cilas**

Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (Umr Pvbmt), **Bernard Reynaud** (université Réunion)

Plasticité phénotypique et performances des cultures (Upr), **Michael Dingkuhn**

Résistance des plantes aux bioagresseurs (Umr Rpb), **Michel Nicole**, Ird (Ird, université Montpellier 2)

Trypanosomes (Umr), **Gérard Cuny**, Ird (Ird)

Unité de service agricole en Guyane (Us), **Jean-Louis Pradon**

Département Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux

Robert Habib, directeur

Marcel de Raïssac, directeur adjoint

Jacques Nolin, chef du service d'appui à la gestion

Unités de recherche*

Aide à la décision et biostatistique (Upr), **Philippe Letourmy**

Analyses des eaux, sols et végétaux (Us), **Alain Aventurier**

Aquaculture et gestion des ressources aquatiques (Upr), **Jérôme Lazard**

Biomasse-énergie (Upr), **Philippe Girard**

Démarche intégrée pour l'obtention d'aliments de qualité (Umr Qualisud), **Jean-Pierre Pain**, université Montpellier 2 (universités Montpellier 1 et 2, SupAgro)

Elevage des ruminants en régions chaudes (Umr Errc), **François Bocquier**, SupAgro (SupAgro, Inra)

Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens (Umr System), **Jacques Wery**, SupAgro (SupAgro, Inra)

Fonctionnement et pilotage des écosystèmes de plantations (Upr), **Jean-Pierre Bouillet**

Génie des procédés d'élaboration des bioproduits (Umr Gpeb), **Alain Grasmick**, université Montpellier 2 (Ensia, Siarc, universités Montpellier 1 et 2)

Horticulture (Upr), **Philippe Vernier**

Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes (Umr late), **Stéphane Guilbert**, SupAgro (SupAgro, Inra, université Montpellier 2)

Performance des systèmes de culture des plantes pérennes (Upr), **Jean-Luc Battini**

Production et valorisation des bois tropicaux (Upr), **Jean Gérard**

Production fruitière intégrée (Upr), **Hubert De Bon**

Qualité des fruits et légumes tropicaux (Umr Qualitrop), **Louis Fahrasmane**, Inra (Inra, université Antilles-Guyane)

Qualité des productions cotonnières (Upr), **Bernard Hau**

Risque environnemental lié au recyclage (Upr), **Hervé Saint Macary**

Systèmes canniers (Upr), **Pascal Marnotte**

Systèmes cotonniers en petit paysannat (Upr), **Bernard Hau**

Systèmes de culture bananes, plantains et ananas (Upr), **François Côte**

Systèmes de culture et rizicultures durables (Upr Scrid), **Alain Ratnadass** (Fofifa, université d'Antananarivo)

Systèmes de semis direct sous couverture végétale (Upr), **Francis Forest**

Département Environnements et sociétés

Patrick Caron, directeur

Bernard Mallet, directeur adjoint

Brigitte Nésius, chef du service d'appui à la gestion

Unités de recherche*

Actions collectives, politiques et marchés (Upr), **Jacques Marzin**

Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (Umr Cired), **Jean-Charles Hourcade**, Cnrs-Ehess (Cnrs, Ehess, Engref, Enpc)

Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire (Umr Innovation), **Hubert Devautour** (SupAgro, Cnearc, Iamm, Inra)

Dynamique des forêts naturelles (Upr), **Sylvie Gourlet-Fleury**

Ecologie des forêts de Guyane (Umr Ecofog), **Bernard Thibaut**, Cnrs (Cnrs, Engref, Inra, université Antilles-Guyane)

Gestion de l'eau, acteurs et usages (Umr G-eau), **Patrice Garin**, Cemagref (Cemagref, Engref)

Gestion des forêts malgaches et de leur biodiversité (Upr Forêts et biodiversité), **Pascal Danthu** (Fofifa, université d'Antananarivo)

Gestion des ressources renouvelables et environnement (Upr), **Jean-Pierre Müller**

Gestion intégrée de la faune (Upr), **François Monicat**

Marchés, organisations, institutions et stratégies d'acteurs (Umr Moisa), **Jean-Louis Rastoin**, SupAgro (SupAgro, Inra, Ciheam, Ird)

Pastoralisme (Upr), **Amadou Tamsir Diop**, Isra (Isra, Ucad, Cse, Enra)

Ressources forestières et politiques publiques (Upr), **Robert Nasi**

Systèmes d'élevage et produits animaux (Upr), **Didier Richard**

Territoires, environnement, télédétection et information spatiale (Umr Tetis), **Pascal Kosuth**, Cemagref (Cemagref, Engref)

* Umr : Unité mixte de recherche • Upr : Unité propre de recherche • Urp : Unité de recherche en partenariat • Us : Unité de service

France

Corse

Dominique Agostini, directrice
Station de recherche agronomique Inra
20230 San Giuliano
Tél. : +33 4 95 59 59 21
agostini@corse.inra.fr

Guadeloupe

Patrice Guillaume, directeur régional
Station de Neufchâteau, Sainte-Marie
97130 Capesterre-Belle-Eau
Tél. : +590 5 90 86 17 90
patrice.guillaume@cirad.fr

Guyane

Philippe Godon, directeur régional
BP 701, avenue de France
97387 Kourou Cedex
Tél. : +594 5 94 32 73 52
philippe.godon@cirad.fr

Ile-de-France

Patrick Herbin, directeur régional
42, rue Scheffer
75116 Paris
Tél. : +33 1 53 70 20 01
patrick.herbin@cirad.fr

Languedoc-Roussillon

Emmanuel Camus, directeur régional
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
Tél. : +33 4 67 61 58 01
emmanuel.camus@cirad.fr

Martinique

Thierry Goguey-Muethon, directeur régional
BP 214
97285 Le Lamentin Cedex 2
Tél. : +596 5 96 42 30 00
thierry.goguey-muethon@cirad.fr

Mayotte

Bernard Dolacinski, correspondant
BP 1304
97000 Mamoudzou
Tél. : +269 2 69 61 21 21
cirad.mayotte@wanadoo.fr

Nouvelle-Calédonie

Gilles Mandret, directeur régional
42, rue Scheffer
75116 Paris
Tél. : +33 1 53 70 21 79
gilles.mandret@cirad.fr

Réunion

Jean-Pierre Gay, directeur régional
Station de La Bretagne, BP 20
97408 Saint-Denis Messageries Cedex 9
Tél. : +262 2 62 52 80 02
cirad-reunion@cirad.fr

Afrique

Afrique centrale

Sylvie Lewicki-Dhainaut, directrice régionale
BP 2572
Yaoundé
Cameroun
Tél. : +237 22 21 25 41
+237 96 33 75 37
cirad-cm@cirad.fr

Philippe Deleporte

correspondant
BP 1292
Pointe-Noire
Congo
Tél. : +242 94 47 95
+242 524 69 48
philippe.deleporte@cirad.fr

Afrique orientale et australe

Denis Depommier, directeur régional
C/o Icafr, United Nations Avenue
Gigiri, PO Box 30677
00100 Nairobi
Kenya
Tél. : +254 20 722 46 53
+254 723 274 069
cirad-afora@cgiar.org

Stéfano Farolfi, correspondant
Ceepa, University of Pretoria
0002 Pretoria
Afrique du Sud
Tél. : +27 12 420 4659
+27 79 495 2155

Afrique de l'Ouest continentale

Jacques Pages, directeur régional
01 BP 596
Ouagadougou 01
Burkina Faso
Tél. : +226 50 30 70 70
+256 70 20 57 45
draoc.cirad@fasonet.bf

Patrick Prudent, correspondant
08 BP 1077, Centre de tri postal
Cotonou
Bénin
Tél. : +229 21 38 80 86
+229 97 44 57 75
patrick.prudent@cirad.fr

Alain Renou, correspondant
BP 1813
Bamako
Mali
Tél. : +223 221 10 15
+223 675 01 50
alain.renou@cirad.fr

Didier Snoeck

Sccs Regional Project
Ambassade de France au Ghana
Valise diplomatique
128 bis, rue de l'Université
75351 Paris SP7
Tél. : +233 21 51 31 42

Afrique de l'Ouest côtière

Georges Subreville, directeur régional
37, avenue Jean XXIII, BP 6189
Dakar-Etoile
Sénégal
Tél. : +221 822 44 84
+221 637 18 78
dreg.cirad@sentoosn

Patrice de Vernou, correspondant
C/o SCAC, Ambassade de France
BP 570
Conakry
Guinée
Tél. : +224 30 45 50 52
+224 63 35 24 95
patrice.de_vernou@cirad.fr

Madagascar

Michel Partiot, directeur régional
Ampandrianomby, BP 853
Antananarivo
Madagascar
Tél. : +261 20 22 406 23
+261 32 07 114 22
dregion@cirad.mg

Amérique

Amérique centrale

Philippe Vaast, correspondant
Catie, 7170 Apartado 3
Turrialba
Costa Rica
Tél. : +506 558 78 30
philippe.vaast@cirad.fr

Brésil

Philippe Petithuguenin, directeur régional
SHIS-QI 23, Bl. B. Ed. Top 23
71660-120 Brasilia DF
Brésil
Tél. : +55 61 33 66 11 32
+55 61 81 38 98 65
philippe.petithuguenin@cirad.fr

Etats-Unis

Jill Barr, correspondante
auprès de la Banque mondiale
et de la Banque interaméricaine
de développement
Development Research Associates
8313, Woodhaven bvd, Bethesda,
20817 Maryland
Etats-Unis
Tél. : +1 301 365 68 55
jbarr@cirad.fr

Asie

Asie du Sud-Est continentale

Gabriel Taffin de Tilques, directeur régional
Cirad Representative Office,
19 Han Thuyen street, Hai Ba Trung District
Hanoi
Vietnam
Tél. : +84 4 972 06 25
+84 90 32 157 92
ciradvn@hn.vnn.vn

Antoine Leconte, correspondant
Cirad office
Research and Development Building
4th Floor, Kasetsart University
10900 Bangkok
Thaïlande
Tél. : +662 942 76 27
+6689 888 54 15
antoine.leconte@cirad.fr

Asie du Sud-Est insulaire

Jean-Guy Bertault, directeur régional
Plaza Bisnis Kemang, 3rd Floor
Jalan Kemang Raya 2
Jakarta Selatan 12730
Indonésie
Tél. : +62 21 719 90 67
+62 816 19 100 12
jean-guy.bertault@cirad.fr

Chine

Zheng Li, représentant permanent Inra-Cirad
507 Tower A, Fuhua Mansion 8
Chaoyangmen North Avenue
100027 Beijing
Chine
Tél. : +86 10 6554 1871
zhengliinra@sohu.com

Océanie

Pacifique Sud

Gilles Mandret, directeur régional
42, rue Scheffer
75116 Paris
Tél. : +33 1 53 70 21 79
gilles.mandret@cirad.fr

Le Cirad dans le monde

Coopération régulière sous forme de missions

◆ moins de 10 missions ◆ plus de 10 missions

Photographies

Couverture : Rizières des hauts plateaux de Madagascar. © C. Lanaud/Cirad.
Page 7 © Cirad, V. Dollé, T. Durand-Gasselín, B. Pioch, V. Porphyre, G. Trébuil, I. Vagneron.
Pôle images du Cirad.

Réalisation

Direction de l'innovation et de la communication

Coordination

Martine Lemaire

Rédaction

Martine Lemaire, Elsa Bru
avec la collaboration de Cécile Fovet-Rabot, Christine Rawski, Nicole Pons

Correction

Jacques Bodichon, Aniane (34)

Maquette et infographie

Patricia Doucet

Diffusion

Renée Graulière

Impression

Impact Imprimerie, Saint-Gély-du-Fesc (34)
Dépôt légal : juin 2007

**Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement**

42, rue Scheffer
75116 Paris
France
www.cirad.fr