Le Cirad
en 2009

Le Cirad en 2009

Le Cirad est un centre de recherche français qui répond, avec les pays du Sud, aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement.

Il produit et transmet, en partenariat avec ces pays, de nouvelles connaissances, pour accompagner le développement agricole et contribuer au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agriculture, de l'alimentation et des territoires ruraux.

Le Cirad dispose d'un réseau mondial de partenaires et de directions régionales, à partir desquelles il mène des activités de coopération avec plus de 90 pays. Il emploie 1 800 agents, dont 800 ingénieurs chercheurs. Son budget s'élève à 214 millions d'euros dont les deux tiers proviennent de l'Etat français.

Les trois années qui viennent de s'écouler ont vu la recomposition des départements ainsi que la création d'une direction scientifique collégiale. Pour la très grande majorité des unités de recherche, l'année 2009 est marquée par une étape importante : celle de la préparation des évaluations, lesquelles sont désormais du ressort de l'Aeres. Le Conseil scientifique, dont la mandature s'achève, a accompagné durant ces trois années, riches de discussions fécondes, la dynamique scientifique de l'établissement en lui apportant des analyses et des recommandations précises sur la manière de raisonner ses choix stratégiques. Pour la première fois de son histoire, ce Conseil se réunit au Burkina Faso. Installé en janvier, le Comité d'éthique commun du Cirad et de l'Inra rend ses deux premiers avis.

Vingt-cinq dispositifs à vocation régionale ou nationale, qui s'appuient sur des centres de recherche, des universités et sur le dispositif de la recherche internationale, sont identifiés en Afrique, en Asie et en Amérique latine. Naturellement, l'Afrique est le continent privilégié pour mettre en œuvre la mission de l'établissement et appliquer les principes qui guident l'action de ses équipes de chercheurs : recherche en partenariat, renforcement des compétences, développement. Une quinzaine de dispositifs y sont identifiés ; ils s'inscrivent dans la très grande diversité du paysage africain de la recherche agronomique et de ses acteurs institutionnels et scientifiques.

La nécessité d'un rapprochement étroit entre la recherche et l'enseignement supérieur est plus que jamais d'actualité dans le champ de l'agronomie. Le Cirad s'y emploie partout où il déploie sa stratégie avec ses partenaires. En France, une étape importante est franchie avec la création d'Agreenium, établissement public de coopération scientifique (EPCS) pour l'agriculture, l'alimentation, l'environnement et le développement durable, qui associe à notre établissement l'Inra et quatre écoles d'enseignement supérieur agricole. Agreenium a pour mission de porter à l'international l'offre commune de ses composantes. A l'échelle européenne, un mouvement de même nature se dessine : trente-six universités et organismes scientifiques dédiés à la recherche et à l'enseignement agricole pour le développement se regroupent dans l'alliance Agrinatura, née de la réunion de l'association Natura et du groupement Ecart, dont le Cirad assurait jusqu'à présent la direction.

La dynamique nouvelle créée par le projet d'Union pour la Méditerranée conduit le Cirad à y renforcer sa présence, en relation avec la priorité donnée à cette région par le Gip Ifrai et Agreenium. Un accord de coopération scientifique en recherche agronomique est signé en janvier, à Tunis, entre le Cirad et l'Iresa (Institution de la recherche et de l'enseignement supérieur agricoles) ainsi qu'avec l'université de Sfax.

Cette année, qui est celle de la France au Brésil, voit la conclusion entre le Cirad et l'Embrapa d'un important accord sur la formation, le développement des connaissances et la création d'innovations dans quatre domaines : la biologie avancée, en particulier la génomique fonctionnelle des espèces végétales ; le développement durable du biome amazonien, en appui à la mise en œuvre des accords bilatéraux de décembre 2008 ; les politiques publiques et le développement territorial durable pour l'agriculture familiale ; la coopération tripartite, tout particulièrement celle qui met en jeu les pays les moins avancés d'Afrique.

La société PalmElit, dont la création a été décidée par le Conseil d'administration en décembre 2008, lance ses activités en mars. Ce nouvel outil au service de la stratégie de l'établissement donne une meilleure assise à la valorisation des travaux en génétique du palmier à huile. La qualité reconnue des créations variétales représente un réel progrès pour le développement des pays producteurs, d'autant que PalmElit se dote d'une charte de responsabilité sociale et environnementale.

Le présent rapport se veut le reflet le plus fidèle possible des résultats de recherche, de l'évolution des problématiques et des partenariats du Cirad. Au-delà de l'exigence de transparence que tout organisme public de recherche se doit d'avoir, ce rapport est, à l'image de la mobilisation de tous ses agents et de tous ses métiers, au service des valeurs humanistes que porte le Cirad.

Patrice Debré,
Président du conseil d'administration

Gérard Matheron,
Directeur général

SOMMAIRE

Editorial	1
Les faits marquants	
Une nouvelle stratégie géopartenariale pour le Cirad	4
La recherche et l'enseignement s'unissent pour bâtir l'avenir	6
Formation et enseignement supérieur, une rénovation profonde	6
Le Cirad en ligne	8
La veille accompagne la stratégie	8
Un réseau d'information et une plateforme sur les plantes du monde	8
Un référentiel pour la qualité en recherche	9
Étudier et conserver l'agrobiodiversité à Montpellier	9
Les recherches	
<i>Axe 1 . Intensification écologique</i>	10
Le virus de la mosaïque en tirets du bananier : un cas extrême de parasitisme	12
Comprendre la domestication des bananiers : une étape essentielle pour l'amélioration	14
Une plateforme pour la sélection de bananiers dessert aux Antilles	16
Recombinaison et émergence virale : le modèle des bégomovirus	16
De nouveaux porte-greffes d'agrumes pour le Bassin méditerranéen	17
La première puce à ADN du caféier	19
Modéliser l'influence des refuges sur la résistance des ravageurs	20
Un hybride de cocotier pour lutter contre le jaunissement mortel au Ghana	21
La diversité génétique du sorgho chez les Duupa	22
La protection agroécologique des cultures	23
Le semis direct sur couverture végétale pour les Cerrados brésiliens	24
Des recommandations pour lutter contre les mirides du cacaoyer	26
Statistiques collaboratives sur l'élevage en Afrique australe	27
<i>Axe 2 . Biomasse-énergie</i>	28
<i>Jatropha curcas</i> , un carburant d'avenir pour le Sud ?	30
Du carbone végétal à vocation énergétique produit par pyrolyse	32
Gérer durablement la ressource en bois-énergie en Afrique centrale	33
Produire de l'électricité à partir de la biomasse à Madagascar	34
Des biocarburants pour la pêche professionnelle	35

Axe 3 . Alimentation

Le fonio, redécouverte d'une céréale traditionnelle	36
Diffuser de nouveaux aliments de qualité, au Vietnam et au Laos	38
L'arôme des riz parfumés de Camargue	39
Sécurité alimentaire : combiner des outils pour stabiliser les prix	40
Quel est l'impact environnemental des produits alimentaires ?	41
	43

Axe 4 . Santé animale, maladies émergentes

La peste porcine africaine : une menace pour les élevages du Sud	44
Changement climatique et maladies animales émergentes	46
Un réseau de gestion des risques épidémiologiques en Asie du Sud-Est	47
Caribvet, le réseau caribéen de santé animale	48
La surveillance des <i>Culicoides</i> en France	49

Axe 5 . Politiques publiques

Nourrir la planète en 2050 : un objectif réalisable selon la prospective Agrimonde	50
Evaluer la durabilité des systèmes aquacoles	52
Biens privés, services publics : un compromis nécessaire	54
L'élevage, richesse des pauvres	56
Les investissements fonciers à grande échelle	58
Face au changement climatique : renforcer les capacités locales et nationales	58
	59

Axe 6 . Espaces ruraux

Comprendre le rôle des forêts tropicales humides dans le cycle du carbone	60
Suivre la dynamique forestière en Afrique centrale	62
Les forêts du bassin du Congo	64
Assurer la gestion durable des baobabs à Madagascar	64
Les imogolites, des nanoparticules naturelles qui piègent le nickel	65
Maîtriser les risques de pollutions par les nitrates à la Réunion	66
Invasions de criquets à Madagascar : prévoir les risques pour mieux les gérer	68
Economie d'eau en systèmes irrigués au Maghreb	69
	70

Le Cirad en bref

Les indicateurs	72
L'organisation	78

SOMMAIRE

Une nouvelle stratégie géopartenariale pour le Cirad

- Directions régionales
- Plateformes scientifiques dans l'outre-mer français
- Zones couvertes par les directions régionales
- Pays partenaires

Les implantations nationales et régionales

- Partenaires régionaux
- ▲ Implantations nationales

Les réseaux thématiques

- ★ Santé animale et maladies émergentes [Caribvet, Grease, Afrique]
- ★ Biodiversité des sorghos
- ★ Forêts du bassin du Congo
- ★ Gestion de l'eau en Méditerranée
- ★ Forêts, agriculture et développement en Amazonie
- ★ Agriculture de conservation en Asie du Sud-Est

En gris, les dispositifs non encore opérationnels en 2009.

Face à un monde de la recherche en pleine mutation, le Cirad a identifié 25 dispositifs de recherche au Sud, qu'il compte renforcer dans les années à venir. Ces dispositifs se fondent sur des projets scientifiques d'envergure et constituent des plateformes de recherche et d'enseignement, dynamiques et modulables en fonction des thématiques scientifiques que le Cirad définit avec ses partenaires.

Le contexte de la recherche agricole pour le développement, et plus largement de la recherche agricole internationale, a fortement évolué au cours des dernières années. La place de l'agriculture dans le développement économique des pays du Sud est désormais reconnue. Les problématiques globales, comme les maladies émergentes, le changement climatique, la sécurité alimentaire et les bioénergies, sont plus que jamais d'actualité. Les mêmes questions de recherche se posent au Nord et au Sud. La recherche agricole pour le développement et la recherche agricole pour les pays développés, notamment européens, convergent.

Une réelle opportunité mais aussi une responsabilité plus lourde

À l'échelon international, la recherche agricole a désormais toute sa place et les demandes qui lui sont adressées témoignent du rôle déterminant qu'elle joue dans le développement économique des pays du Sud et dans la réponse aux défis globaux. La crise des prix alimentaires de juin 2008 et la gestion de ses conséquences, qui a vu l'initiative française reprise par la FAO dans le Global Partnership for Agriculture and Food Security (GPAFS), sont venues renforcer sa position. L'engagement en faveur du développement rural et de la recherche agricole qui le soutient est inscrit

Contact >
Jean-Luc Khalfaoui,
Direction
des relations
européennes
et internationales

En savoir +
Cirad, 2009.
25 dispositifs
de recherche
en partenariat
dans le monde :
démarche
et propositions.
Paris, Cirad, 40 p.

dans les politiques françaises, européennes et internationales. Il s'est manifesté lors de la déclaration du sommet du G8 à L'Aquila, en juillet 2009, qui a affirmé que la recherche agricole internationale constituait une priorité. Cette évolution s'accompagne d'une montée en puissance des approches multilatérales. Elle crée une réelle opportunité pour les organismes de recherche agronomique mais leur confère aussi une responsabilité plus lourde.

S'adapter au nouveau contexte de la recherche

Organisme de recherche finalisée pour le développement, portail entre les pays du Sud et l'Espace européen de la recherche, le Cirad voit son mandat s'ancrer de plus en plus dans les questionnements mondiaux. Son savoir-faire et son réseau international de partenaires sont autant d'atouts qui lui permettent d'œuvrer en tant qu'acteur majeur de la recherche agronomique mondiale. Pour s'adapter à ce nouveau contexte, le Cirad a décidé de rénover sa stratégie géopartenariale. Son objectif est de renforcer l'efficacité de ses actions en focalisant ses efforts sur les enjeux de développement majeurs et sur ses thématiques scientifiques prioritaires, mais aussi en concentrant ses moyens au Sud sur des dispositifs de recherche et d'enseignement, en partenariat avec tous les acteurs de la recherche.

Ce redéploiement de sa stratégie partenariale s'est traduit concrètement par un nouveau positionnement géographique. Vingt-cinq dispositifs de recherche et d'enseignement en partenariat, dans l'outremer français et à l'étranger, ont ainsi été identifiés comme prioritaires. Dans certains cas, leur champ de recherche est intercontinental, dans d'autres, il est régional ou national. Dans tous les cas, les dispositifs associent instituts de recherche, universités, associations de la société civile (groupements de produc-

teurs, organisations non gouvernementales) et entreprises privées. Ils collaborent également avec des institutions françaises, européennes et internationales.

Ces dispositifs devraient participer à l'émergence d'un système mondial, où les activités des centres du GCRAI, des institutions de recherche et d'enseignement supérieur du Sud et de celles du Nord seront mieux coordonnées. C'est d'ailleurs l'enjeu de la réflexion engagée sous l'impulsion du GFAR, qui devrait aboutir à un agenda de recherche à l'échelle mondiale et régionale.

Mettre en cohérence priorités scientifiques, partenariats et moyens

Ces vingt-cinq dispositifs vont être renforcés en concertation avec les partenaires du Sud. Ils sont construits sur la base d'un projet scientifique établi entre les partenaires et les unités de recherche du Cirad. Ils permettront de cibler les moyens, humains, techniques et financiers, nécessaires et bénéficient d'un animateur sur place et d'un correspondant. Ces dispositifs supposent également le respect d'un cahier des charges spécifique, concernant l'évaluation, la démarche qualité en recherche et la transparence de la gestion, et d'une feuille de route établie avec les partenaires impliqués. Ils devraient constituer un ensemble dynamique dans le temps, avec la clôture des dispositifs ayant atteint leurs objectifs et l'émergence de nouveaux dispositifs issus de nouvelles dynamiques géopartenariales concertées. Le Cirad met ainsi en cohérence ses priorités scientifiques, ses partenariats et ses moyens. ■

GCRAI Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale

GFAR The Global Forum on Agricultural Research, Forum mondial de la recherche agricole

La recherche et
l'enseignement
s'unissent pour
bâtir l'avenir

L'Inra, le Cirad, AgroParisTech, Agrocampus Ouest, Montpellier SupAgro et l'ENV Toulouse viennent de créer Agreenium, le consortium national pour l'agriculture, l'alimentation, la santé animale et l'environnement. Cet établissement public de coopération scientifique, qui réunit des organismes de recherche et des établissements d'enseignement supérieur, a été instauré en mai 2009 par les ministres de l'Agriculture, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et des Affaires étrangères, qui marquent ainsi leur volonté de donner une nouvelle impulsion au dispositif national de recherche et de formation dans un secteur déterminant pour l'avenir.

En fondant ce consortium, ses membres souhaitent renforcer la visibilité de leurs activités et mieux valoriser leurs compétences et leur expertise sur le plan international. Ils souhaitent concevoir et promouvoir de nouveaux modèles d'agriculture, d'alimentation et de gestion des ressources et des territoires, tant dans les pays du Nord que du Sud, en attirant l'attention sur les défis qu'une telle ambition représente en termes de production scientifique et de transmission des savoirs.

Le consortium s'appuie sur un conseil d'orientation stratégique largement ouvert à des personnalités françaises et étrangères ; ses actions et ses programmes associeront recherche, formation et développement. ■

Contact > Jean-Luc Khalfaoui,
Direction des relations
européennes et internationales

Formation et enseignement supérieur, une rénovation profonde

Renforcement de la formation doctorale, contribution à l'enseignement supérieur, implication dans plusieurs masters..., le Cirad a vu se déployer, en 2009, ses activités de formation d'étudiants et de jeunes chercheurs, en France comme à l'étranger.

La formation, qu'elle soit technique ou scientifique, universitaire ou professionnelle, est l'une des missions du Cirad. Pour mener à bien cette mission et la renforcer, le Cirad a noué de nombreux partenariats avec des universités, en particulier au sein des dispositifs prioritaires qui fondent sa stratégie partenariale. Dès 2008, il s'était engagé auprès de l'Etat à opérer un rapprochement entre recherche et enseignement supérieur et à dynamiser ses partenariats dans ce domaine. En 2009, cette politique volontariste a pris une dimension supplémentaire avec la création d'Agreenium, dont le Cirad est membre fondateur.

Formation doctorale, soutenir la qualité de l'encadrement

Donner aux doctorants toutes les chances de mener à bien leur thèse

Contact >
Mireille
Mourzelas,
Délégation
à l'enseignement
supérieur et
à la formation

dans les délais, mieux valoriser leurs résultats, favoriser leur insertion professionnelle..., grâce au dispositif d'encadrement et de soutien mis en place, le Cirad accueille dans de meilleures conditions les étudiants, en partenariat avec les écoles doctorales auxquelles sont rattachées ses unités de recherche. En 2009, ce sont plus de 350 doctorants, dont 50 % originaires d'un pays du Sud, qui ont ainsi été encadrés par les chercheurs du Cirad.

Accompagner les doctorants

Le Cirad vient de créer un module de formation permettant d'accompagner les binômes doctorant-encadrant dans leur parcours de thèse. Dix-huit binômes volontaires pour tenter l'expérience en ont déjà bénéficié. Il s'agit à la fois de faciliter la relation d'encadrement pour mieux développer les compétences du doctorant et d'élaborer un plan d'action propre à chaque binôme. A terme, au moins la moitié des nouveaux doctorants devraient bénéficier de cet accompagnement. L'établissement a connu, par ailleurs, une forte progression de ses habilitations à diriger des recherches. ●

Un soutien financier pour les doctorants et leurs équipes d'accueil

En 2009, le Cirad a soutenu le travail de 295 doctorants, pour un montant total de 700 000 €. Ces aides s'inscrivent dans le cadre des actions incitatives visant les axes prioritaires de la stratégie scientifique de l'établissement.

Origine des doctorants bénéficiaires des actions incitatives.

Le Cirad propose également, sur ses moyens propres, des bourses d'allocation de recherche, elles aussi orientées sur les thématiques stratégiques pour l'établissement. Trente-neuf nouveaux doctorants en ont bénéficié en 2009, certains en cofinancement avec les conseils régionaux, de la Guadeloupe, du Languedoc-Roussillon et de la Réunion, et des établissements partenaires tels que Montpellier SupAgro et l'Inra. Plus de cent doctorants bénéficient aujourd'hui d'une allocation doctorale. ●

Deux masters pour une horticulture tropicale en plein essor

Les masters Hortimet et Gedah, dans lesquels le Cirad est largement impliqué, forment les cadres des filières horticoles des pays du Sud. Des filières en plein essor, dont les besoins en professionnels qualifiés sont encore loin d'être couverts.

Hortimet (Horticulture méditerranéenne et tropicale) est une spécialité du master Agronomie et agroalimentaire délivré par Montpellier SupAgro et AgroCampus Ouest. Elle permet de développer un projet personnel sur l'amélioration d'une filière horticole (amélioration variétale, production de semences et de plants,

La première promotion du master Gedah, avec ses 13 étudiants de diverses nationalités.
© D. Bordat/Cirad

innovation dans les systèmes de culture, stockage et transformation, distribution), qui s'appuie sur la connaissance du fonctionnement des systèmes horticoles, de la production à la mise en marché, et sur une démarche systémique, s'agissant des systèmes de culture, de la coordination des acteurs et de la construction de la qualité, par exemple.

Le master **Gedah** (Gestion durable des agroécosystèmes horticoles), quant à lui, assure à chaque étudiant, quelle que soit sa filière d'origine, une formation au fonctionnement des agroécosystèmes horticoles, plus particulièrement axée sur la biodiversité, l'écologie, la lutte contre les arthropodes, l'impact toxicologique des intrants chimiques, les relations entre plante hôte, ravageur et auxiliaire, la gestion des eaux, l'analyse des résidus de pesticides et la gestion des risques environnementaux. La formation, dont la finalité est à la fois la recherche et la professionnalisation, est dispensée par l'université Cheikh Anta Diop de Dakar. ●

L'enseignement, une activité essentielle pour les chercheurs

De nombreux chercheurs dispensent des cours dans les universités en France et à l'étranger. Ils peuvent, dans certains cas, bénéficier du statut de chercheur-enseignant — professeur consultant ou *visiting professor*. C'est le cas pour les 50 chercheurs du Cirad en poste dans des universités à l'étranger, mais aussi pour ceux plus directement concernés par

Formation Racin'situ. © Cirad

l'enseignement supérieur français. Ils sont ainsi largement impliqués dans l'organisation de masters et dans la définition de leur contenu.

Les dispositifs de recherche en partenariat, en Amérique latine, en Asie du Sud-Est et en Afrique, jouent un rôle déterminant dans les collaborations universitaires. Des liens se nouent au sein de ces dispositifs avec les établissements d'enseignement supérieur français partenaires du Cirad — il a signé des accords-cadres bilatéraux avec neuf universités françaises. Double diplôme, codiplômation, échanges d'étudiants, reconnaissance de modules de master, les partenariats entre universités du Nord et du Sud dans lesquels le Cirad est impliqué sont multiples.

Les nouvelles technologies de formation à distance sont souvent prépondérantes dans ces projets d'enseignement. Le Cirad a investi ce domaine depuis plusieurs années et propose des modules de formation destinés à différents publics, comme c'est le cas pour la formation sur la gestion des matières organiques dans les pays du Sud. ■

Formation à distance sur la gestion agroenvironnementale des matières organiques

Ce module de formation numérique sur l'impact agronomique et environnemental de la gestion des matières organiques dans les pays du Sud fait appel à des outils dynamiques de production de contenus à distance, qui permettent d'associer dans une même formation des chercheurs et enseignants du Cirad, de l'université de Dakar, de l'Institut d'économie rurale du Mali et de l'Inra. Le module est utilisé aussi bien dans des cursus de master que dans des formations professionnelles spécialisées. Il est proposé dans le cadre de l'université virtuelle Environnement et développement durable (Uved) dont le Cirad est membre fondateur.

<http://uved-matorg.cirad.fr> ●

Le Cirad en ligne

En 2009, le Cirad a lancé son nouveau site web. Remanié, plus ergonomique, plus animé, il traduit un changement dans l'image de l'établissement, qui a récemment renouvelé sa stratégie scientifique et ses modalités de partenariat.

Le site met en lumière ce nouveau positionnement sur les grands enjeux internationaux de l'agriculture et du développement : sécurité alimentaire, santé animale, changement climatique, lutte contre la pauvreté... La recherche, l'enseignement et la formation, tout comme l'innovation et l'expertise, forces motrices du Cirad, y sont aussi plus visibles. Un espace propose un accès à toute une gamme de ressources documentaires : publications, plateforme nationale d'archive ouverte, base de données scientifiques, images.

Les couleurs du site, aux tonalités tropicales, font écho à celles du nouveau logo du Cirad, qui marquent l'originalité de sa démarche scientifique et l'engagement de tous ses agents pour le développement agricole au Sud. ■

Contact > Anne Hébert, Délégation à la communication

www.cirad.fr

© M. Fiquié / Cirad

La veille accompagnée la stratégie

La veille stratégique est un outil d'aide à la décision incontournable pour accompagner la stratégie scientifique de l'établissement. Elle a pour fonction de rechercher, de localiser et d'analyser l'information stratégique dans un cadre décisionnel et compétitif. Face aux besoins exprimés par les décideurs, la cellule qui lui est consacrée au Cirad a rassemblé des informations sur les axes stratégiques prioritaires de l'établissement, sur le crédit impôt recherche, sur le virus H1N1 et sur les appels d'offres. ■

Contact > Bernard Dupuy, Direction de la recherche et de la stratégie

En savoir +

Gaussen A., Samier H., Dupuy B., 2009. La veille sur les risques émergents. In : Colloque sur l'innovation et la recherche de l'Ecole centrale Paris.

Un réseau d'information et une plateforme sur les plantes du monde

L'identité, la distribution géographique, les usages et la production des plantes sont des connaissances indispensables au développement de l'agriculture et à la gestion de la biodiversité. Mais ces informations sont le plus souvent difficiles d'accès, voire incomplètes pour les écosystèmes qui présentent la plus grande diversité végétale, ceux des régions tropicales et méditerranéennes. Le projet Pl@ntnet a pour principal objectif l'agrégation et l'échange d'informations sur les plantes du monde, autour de communautés diverses aussi bien scientifiques que non scientifiques. Ce projet ambitieux, porté par le Cirad, l'Inra, l'Inria et l'IRD, d'une durée de quatre ans, a reçu le soutien financier d'Agropolis Fondation. ■

Contact > Daniel Barthélémy, Botanique et bio-informatique de l'architecture des plantes (Amap), contact@plantnet-project.org

En savoir +

www.plantnet-project.org

Barthélémy D. et al., 2009. The Pl@ntnet project: plant computational identification & collaborative information system. In : International conference on biodiversity informatics, Londres, Royaume-Uni, 1-3 juin 2009.

PARTENAIRES

Africa Rice Center, Institut de recherche pour le développement (IRD), Institut français de la vigne et du vin (IFV), Institut français de Pondichéry, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Cuu Long Rice Research Institute (CLMRI, Vietnam), Institut national de la recherche agronomique (Inra), International Rice Research Institute (IRRI), Parc national du Kruger (Afrique du Sud), Tela Botanica, Institut national de recherche en informatique et automatique (Inria), Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), Université centrale du Venezuela, Université de Californie Davis (Etats-Unis), Université de Montpellier 2, Agropolis Fondation.

Formation à l'utilisation des technologies de l'information pour l'identification des adventices du riz.
© Xiang Khouang/
RPD Laos

Un référentiel pour la qualité en recherche

Dans le cadre de sa stratégie scientifique et conformément à son contrat d'objectifs avec l'Etat, le Cirad vient de mettre en place son troisième plan triennal 2009-2011 de promotion de la qualité en recherche. Il s'engage ainsi dans une démarche globale de progrès, fondée sur une approche processus, avec pour ambition d'impliquer progressivement et de façon pragmatique tous les agents et toutes les activités de l'établissement.

Le plan 2009-2011 vise à confirmer l'amélioration de la qualité au sein de l'établissement, consolider l'organisation du dispositif qualité, coordonner les actions, évaluer les résultats pour accroître les performances de la démarche. La politique de qualité et l'organisation qu'elle implique doivent renforcer la fiabilité de l'établissement et sa légitimité vis-à-vis des tutelles, des bailleurs de fonds, des clients et des partenaires ; elles contribuent, d'une manière générale, à améliorer ses échanges, tant internes qu'externes. Le Cirad s'est ainsi fixé trois objectifs prioritaires : améliorer la traçabilité des processus de recherche et de gestion, garantir la fiabilité des résultats et des informations, renforcer la mise à disposition de ses résultats et de ses produits.

La démarche qualité est clairement affichée comme une priorité de l'établissement, avec des objectifs clairs, soutenus humainement, financièrement et techniquement. Elle implique l'encadrement au plus haut niveau et sera assortie d'une communication adaptée et de formations d'accompagnement pour les équipes. Elle privilégie l'organisation par projet et s'appuie sur les recommandations de l'Afnor relatives à la qualité en recherche et aux activités en mode projet dans le cadre d'un réseau. Des actions sont lancées à l'échelle de l'établissement dans son ensemble, mais aussi à l'échelle de

ses composantes. Dans tous les cas, elles impliquent des compétences et des financements.

La Délégation à la qualité met en place une démarche globale et garantit la cohérence des initiatives. Elle facilite les actions en rendant les démarches, les outils et les documents accessibles à tous. Elle vient d'établir une cartographie synthétique des principaux processus communs à l'entreprise et un nouveau référentiel, inspiré de la norme Iso 9001, qui est proposé aux composantes qui s'engagent dans cette démarche. A l'issue du plan triennal, la moitié des composantes du Cirad devraient avoir atteint le niveau 3 sur l'échelle d'évaluation de la qualité au Cirad, qui en comporte 5 (le niveau 5 correspondant à une certification ou une accréditation par tierce partie). ■

Contact >
Léandre Mas,
Délégation
à la qualité

En savoir +
Granier C.
et al., 2009.
La démarche
qualité dans la
recherche publique
et l'enseignement
supérieur. Paris,
Quæ, 376 p.

Laboratoire vétérinaire.
© M. Adell/Cirad

Étudier et conserver l'agrobiodiversité à Montpellier

Le Cirad, l'Inra, l'IRD et Montpellier SupAgro ont lancé, en octobre 2009, un projet fédérateur d'envergure pour l'étude et la conservation de l'agrobiodiversité : Arcad. Ce projet a pour objectif d'analyser l'histoire évolutive, la domestication et l'adaptation des plantes cultivées méditerranéennes et tropicales afin de mieux exploiter et conserver leur diversité génétique. Il comprend des études sur la phylogénomique comparative entre les espèces cultivées et leurs ancêtres sauvages, sur l'adaptation des plantes au changement climatique, sur la diversité et les dynamiques d'évolution des céréales en Afrique. Il inclut des recherches d'appui pour le traitement informatique des données, la génétique d'association, la cryoconservation des ressources génétiques et la gestion d'une banque d'ADN, mais aussi l'organisation de formations. Plusieurs équipes et plateaux techniques du Cirad y participent, en génomique, génétique des populations, bio-informatique et anthropologie. A moyen terme, il est prévu de construire un bâtiment pour la conservation des ressources génétiques et la formation ainsi qu'une plateforme de génotypage et de séquençage. Ce projet d'Agropolis Fondation associera d'autres partenaires français et étrangers, comme le CNRS, les universités, les services nationaux de recherche agricole et les centres du GCRAI. ■

Arcad Agropolis resource center for crop conservation, adaptation, and diversity

www.arcad-project.org

Contact > Jean-Pierre Labouisse,
Développement et amélioration
des plantes (Dap)

PARTENAIRES

Institut national de la recherche agronomique (Inra), Institut de recherche pour le développement (IRD), Montpellier SupAgro, Région Languedoc-Roussillon

Banane

pages 12 à 16

Agriculture durable

Concevoir des systèmes agricoles durables, plus économes en intrants, moins nocifs pour l'environnement, et surtout plus productifs : tel est le défi majeur que souhaite relever le Cirad, le fondement de ses partenariats dans presque tous ses dispositifs prioritaires de l'outre-mer français comme de l'étranger.

Changement climatique

L'établissement est fortement impliqué dans les problématiques relevant du changement climatique. Un dossier en ligne sur le site web, « Changement climatique et agriculture : l'environnement et la sécurité alimentaire en jeu », décrit les approches et les projets dans lesquels il est engagé. A l'occasion du sommet de Copenhague, il a organisé une conférence internationale à Bruxelles avec ses partenaires européens pour réfléchir à une coordination des programmes entre pays européens et partenaires des régions du Sud : « Dialogue entre l'Europe et ses partenaires du Sud sur la recherche agricole et le changement climatique ».

Préserver l'environnement

Contre les ravageurs, les approches systémiques, l'évaluation des impacts des pratiques et la prévention prennent une importance croissante. Le réseau Endure (*Diversifying crop protection*) vise à appuyer les politiques publiques européennes en matière de réduction des usages des pesticides. Le Cirad a coordonné à ce titre l'étude de cas sur la banane, qui a donné lieu à la diffusion de recommandations aux producteurs pour réduire l'usage des pesticides en bananeraie. Cette étude a également resserré les liens entre les scientifiques des régions ultrapériphériques d'Europe et le Carabap, au Cameroun, et plus largement entre les réseaux de protection des plantes des différents continents.

L'amélioration des plantes doit intégrer les questions envi-

ronnementales et prendre en compte les savoirs locaux pour gérer et valoriser la biodiversité au service d'une production durable, plus adaptée aux aléas climatiques. Une très grande unité de recherche, qui rassemblera les équipes de tous les organismes présents à Montpellier, est en construction. La génomique associée à l'étude des capacités d'adaptation des plantes, les centres de ressources biologiques font l'objet de programmes ambitieux partagés avec de nombreux partenaires. En 2009, le Cirad a accueilli l'atelier sur le génome et le transcriptome de l'hévéa.

Imagerie cellulaire

Depuis 2002, la plateforme en imagerie cellulaire du Cirad (site de Lavalette à Montpellier) ouvre ses portes à tous les chercheurs en sciences du vivant. Spécialisée dans l'histocytologie et l'imagerie cellulaire et rattachée à Montpellier

de recherche (OCR), équipements de haute technologie partagés avec d'autres organismes français et les pays du Sud.

Formation

Enfin, dans ce domaine, le partenariat avec l'enseignement supérieur se renforce d'année en année, sous diverses formes. Le Cirad s'implique ainsi dans des cursus de master, comme Hortimet (Horticulture méditerranéenne et tropicale), avec Montpellier SupAgro et Agrocampus Ouest, ou encore Gedah (Gestion durable des agrosystèmes), avec l'université Cheikh Anta Diop, au Sénégal. Il participe à des initiatives collectives pour le renforcement des compétences scientifiques comme le projet SudBiotech avec l'université de Paris 11 et le CNRS, qui vise à constituer un réseau pérenne de formation Nord-Sud sur les biotechnologies. Dans le cadre de l'université virtuelle Environnement et développement (Uved), il développe des modules de formation à distance. Ainsi, le module « Impact agronomique et environnemental de la gestion des matières organiques en milieu tropical » a été suivi plusieurs fois en 2009 par des agents du développement agricole en Martinique, des enseignants-chercheurs et des doctorants au Sénégal.

Paysannes dans un champ de sorgho, Burkina Faso. © J. Chantereau/Cirad

Le virus de la mosaïque en tirets du bananier :

un cas extrême de parasitisme

Ces dernières années, l'analyse d'un grand nombre de génomes de plantes a révélé une invasion massive par une multitude de séquences virales. Les virus concernés sont des virus à ADN et appartiennent à cinq des six genres composant la famille des Caulimoviridae. Ces intégrations virales sont « illégitimes », l'intégration ne faisant pas partie du cycle de multiplication du virus. Leur présence peut être sans effet pour la plante, servir la plante en lui conférant une résistance aux virus apparentés, ou provoquer une infection lorsque le génome complet du virus est présent. Dans ce dernier cas, l'insertion, sous l'action de stress, peut produire des virions à l'origine de l'infection.

Des intégrations capables de restituer un génome viral fonctionnel

Le génome du bananier présente un grand nombre d'intégrations de ce type, qui correspondent à plusieurs espèces du virus de la mosaïque en tirets, ou *Banana streak virus* (BSV).

Insertions du *Banana streak virus* chez *Musa balbisiana* PKW. © S. Galzi/Cirad

Ces intégrations, dénommées eBSV, sont variables en termes de séquence, de nombre de copies et de structure. Elles concernent essentiellement la section *Eumusa*, qui comprend la majorité des bananiers cultivés pour leurs fruits, et apparaissent comme fréquentes et récentes. Au moins 27 événements d'intégration indépendants ont été recensés dans trois espèces de bananiers : *Musa acuminata*, *M. schizocarpa* et *M. balbisiana*. Mais seules les intégrations

Le génome de nombreuses plantes est envahi par des fragments d'ADN de virus, traces d'infections anciennes. Dans le cas du bananier, le virus incriminé est celui de la mosaïque en tirets et le rôle infectieux de ces insertions est un problème majeur. Pour comprendre les mécanismes d'intégration et d'activation de ces séquences virales, une équipe du Cirad a déterminé leur structure pour les espèces du virus les plus souvent rencontrées lors d'épidémies. Des résultats qui devraient permettre de relancer les schémas d'amélioration du bananier.

PARTENAIRES

Génoscope, Julius Kühn-Institut (JKI, Allemagne), National Institute of Agrobiological Sciences (Japon), Région Languedoc-Roussillon, Union européenne, Université de Bâle (Suisse), Université de Francfort (Allemagne), Université du Minnesota (Etats-Unis)

dans le génome de *M. balbisiana* (génome B) sont infectieuses : elles sont en effet capables de restituer un génome viral fonctionnel, qui contribue, au même titre que le virus libre, à la propagation de la maladie.

Le génome B est étroitement lié aux bananes à cuire, comme les plantains (AAB), qui sont à la base de l'alimentation de millions de personnes en Afrique, en Amérique latine et dans la Caraïbe. Il est aussi large-

ment utilisé dans les schémas d'amélioration. Pour toutes ces raisons, ce virus est devenu une contrainte majeure de la filière bananière.

Analyser les mécanismes d'intégration et d'activation des insertions virales

Pour comprendre les mécanismes d'intégration et d'activation des séquences eBSV, une équipe du Cirad a étudié leur structure pour les quatre espèces du virus de la mosaïque en tirets les plus souvent rencontrées lors d'épidémies : Goldfinger-BSGFV, Imové-BSImV, Mysore-BSMysV et Obino l'Ewai-BSOLV. Cette étude a été réalisée

sur le bananier *M. balbisiana* PKW, qui a la particularité d'être porteur sain et de résister à toute multiplication du virus, qu'il soit libre ou intégré dans son génome. Ce bananier, utilisé comme parent femelle au cours de croisements interspécifiques, est seul responsable de la transmission, dans la descendance F1, de séquences virales eBSV. Trois d'entre elles provoquent des infections.

L'organisation des eBSV a été analysée à l'aide des banques de grands fragments d'ADN génomique contenant les divers profils d'intégration. L'intégration eBSGFV a été caractérisée en totalité. Elle présente deux structures complexes : eBSGFV-7 et eBSGFV-9. Selon les analyses de génotypage et de

ségrégation, eBSGFV résulte d'un seul événement d'intégration et forme deux allèles à un même locus du génome de *M. balbisiana* PKW, seul l'allèle eBSGFV-7 étant infectieux. Les intégrations eBSImV et eBSOLV présentent également une insertion à un seul locus, qui serait monoallélique pour la première et diallélique pour la seconde. L'eBSMysV est en cours d'analyse ; elle présente deux insertions différentes issues de deux événements indépendants.

Des marqueurs de génotypage et une signature moléculaire ont été développés pour chacun de ces allèles. Ils serviront aux généticiens, qui disposent ainsi de marqueurs spécifiques d'eBSV infectieux pour leur schéma d'amélioration du bananier.

ENSAVOIRPLUS

Cote F.X. et al., 2010. Micropropagation by tissue culture triggers differential expression of endogenous *Banana streak virus* (eBSV) in the B genome of natural and synthetic interspecific banana plantain. *Molecular Plant Pathology*, 11 : 137-144.

Gayral P., Iskra-Caruana M.L., 2009. Phylogeny of *Banana streak virus* reveals recent and repetitive endogenization in the genome of its banana host (*Musa* sp.). *Journal of Molecular Evolution*, 69 : 65-80.

Staginnus C. et al., 2009. Suggestions for a nomenclature of endogenous pararetroviral sequences in plants. *Archives of Virology*, 154 : 1189-1193.

Structure du BSV et des insertions eBSV chez *M. balbisiana* PKW.

Contacts >
Marie-Line Iskra-Caruana,
Matthieu Chabannes,
Biologie et génétique
des interactions
plantes-parasites
(BGPI),
Franck-Christophe
Baurens,
Développement
et amélioration
des plantes (Dap)

Comprendre la domestication des bananiers : une étape essentielle pour l'amélioration

Généticiens et géographes, archéologues et linguistes ont collaboré pour retracer l'histoire des bananiers. Ils ont révélé comment, grâce aux migrations humaines, les formes primitives fertiles isolées en Asie du Sud-Est ont évolué vers les formes triploïdes stériles qui assurent aujourd'hui l'essentiel de la production de bananes dessert et de bananes à cuire. De ces résultats découlent de nouvelles pistes d'amélioration variétale.

Le syndrome majeur de domestication chez le bananier est la parthénocarpie, c'est-à-dire le développement de la pulpe du fruit en l'absence de graines, la stérilité étant compensée par une propagation végétative. Apparue dans des formes diploïdes du Sud-Est asiatique, elle s'est généralisée dans les cultivars triploïdes qui assurent l'essentiel de la production. Les sous-groupes cultivés associent des génomes de *Musa acuminata* (notés A) et de *M. balbisiana* (B) : bananes dessert (AAA), Mutika d'Afrique de l'Est (AAA), plantains d'Afrique et du Pacifique (AAB), Pome et autres sous-groupes d'Inde (AAB et ABB). Dans toutes ces régions, le développement des maladies, les restrictions dans l'usage des pesticides et la dégradation de l'environnement rendent nécessaire la diffusion de variétés améliorées. Celles-ci doivent être adaptées aux situations locales et respecter strictement les propriétés gustatives,

culinaires ou technologiques des différents cultivars.

Mais la stérilité constitue une contrainte majeure pour l'amélioration, qui se fonde nécessairement sur l'hybridation entre formes fertiles, dans des schémas toujours très courts. Pour retrouver les caractéristiques des triploïdes cultivés, il importe de choisir des géniteurs proches de leurs diploïdes parentaux. D'où l'intérêt de bien connaître l'organisation phylogénétique de la diversité.

Migrations, échanges et processus évolutif

Le Cirad maintient à la Guadeloupe une collection de plus de 500 génotypes, dont la caractérisation (morphologie, biologie, génétique...) a été récemment complétée par des marqueurs moléculaires SSR et DArT. L'ensemble des résultats a mis en évidence les événements clés du processus évolutif, des formes

Zones de formation des principaux sous-groupes triploïdes. En noir : aires de répartition de *M. balbisiana* et des principales sous-espèces sauvages de *M. acuminata*.

Variété Curare Enano, de type Plantain - faux-corne. © C. Jenny/Cirad

Variété Moto Ebanga, de type Plantain - faux-corne. © C. Jenny/Cirad

sauvages aux triploïdes en passant par les diploïdes cultivés.

La base de la diversité est la différenciation préalable de *M. acuminata* en sous-espèces par isolement géographique dans le Sud-Est asiatique : *banksii* en Papouasie, *zebrina* à Java, *errans* aux Philippines, *malaccensis* en Indonésie. Une prédomestication de ces formes sauvages, sans doute pour d'autres usages que le fruit, est attestée en Papouasie il y a 7 000 ans. Mais l'événement principal a été la mise en contact, nécessairement à l'occasion d'échanges entre groupes humains, de ces différentes sous-espèces naturellement isolées. Les hybrides formés, qui associent des génomes différenciés, présentent des perturbations de la méiose, d'où leur stérilité et la formation de gamètes diploïdes, qui sont à l'origine des formes triploïdes.

Trois régions d'Asie du Sud-Est à l'origine des bananes actuelles

Trois zones de contact ont été identifiées. Les mouvements humains impliqués ont été confirmés par la linguistique, qui les date de plus 4 000 ans.

La zone sud, où s'est opéré le contact entre *banksii* de Papouasie et *zebrina*

de Java, est à l'origine des triploïdes AAA Mutika, qui ont été transférés vers l'Afrique lors de grandes migrations. Le sous-groupe Mlali (AA), à l'origine de triploïdes importants, provient aussi de cette zone mais ne s'est maintenu que dans les îles de l'Est africain.

La zone est met en contact *banksii* de Papouasie et *errans* des Philippines. On y trouve aussi *M. balbisiana* qui, combiné à *banksii*, a produit des AAB, qui se sont dispersés dans les îles du Pacifique et, indépendamment, les AAB plantains, dont des rejets ont atteint l'Afrique il y a au moins 2 500 ans, comme le montrent les preuves archéologiques trouvées au Cameroun. La propagation végétative, en accumulant les mutations somatiques, a engendré la vaste diversité phénotypique observée aujourd'hui.

Dans la zone nord de contact entre *malaccensis* et *microcarpa* de Bornéo ou *errans* des Philippines, sont apparus des diploïdes sucrés encore assez largement cultivés. Leur hybridation avec les AA Mlali, apportés par l'homme depuis la zone sud, a donné divers AAA, dont les bananes dessert de type Cavendish. Cette extension vers le nord des Mlali s'est poursuivie jusqu'en Inde, comme le confirme la linguistique. La combi-

naison avec *M. balbisiana*, qui y est endémique, est à l'origine des AAB Pome et des groupes proches.

Vers de nouvelles stratégies d'amélioration des bananiers

En combinant génétique, géographie, linguistique et archéologie, il est possible de retracer l'histoire de la domestication des bananiers. Les mouvements humains y ont joué un rôle majeur en suscitant ces associations génétiques particulières qui confèrent aux formes domestiquées leur valeur. En se fondant sur ces résultats, il est possible d'explorer de nouvelles combinaisons de géniteurs pour la création variétale et d'identifier les zones à privilégier pour des prospections ciblées.

Contact > Xavier Perrier, Amélioration génétique d'espèces à multiplication végétative

PARTENAIRES
Agricultural Research for Development in Africa (IITA, Nigeria), Bioversity International, Centre africain de recherche sur bananiers et plantains (Carbap, Cameroun), Generation Challenge Programme

ENSAVOIRPLUS

De Langhe E. et al., 2009. Why bananas matter: An introduction to the history of banana domestication. *Ethnobotany Research and Applications*, 7 : 165-177.

Perrier X. et al., 2009. Combining biological approaches to shed light on the evolution of edible bananas. *Ethnobotany Research and Applications*, 7 : 199-216.

Risterucci A.M. et al., 2009. Development and assessment of diversity arrays technology for high-throughput DNA analyses in *Musa*. *Theoretical and Applied Genetics*, 119 : 1093-1103.

Femmes préparant le repas pour la maoullida, Mayotte. © C. Maillet/Cirad

Une plateforme pour la *sélection* des *bananes dessert* aux *Antilles*

Pour intensifier son programme d'amélioration variétale du bananier dessert à la Guadeloupe, le Cirad a mis en place une plateforme de sélection. Elle vise à créer 1 500 hybrides tous les ans et à proposer une à deux nouvelles variétés au terme du processus, qui seront validées par les producteurs. Ces variétés hybrides devront répondre aux exigences de la production antillaise et à celles de la commercialisation en Europe (résistance aux cercosporioses, qualité du fruit...) et viseront un objectif de diversification. Le dispositif associe étroitement la profession antillaise, notamment pour la sélection et la validation des variétés hybrides. Au-delà des Antilles françaises, les hybrides créés s'intégreront dans un programme de coopération régionale dans la zone caraïbe. Ils trouveront également leur place dans des zones de production non concurrentielles pour les producteurs de l'outre-mer français. Cette plateforme de production d'hybrides de bananiers est sans équivalent sur le plan international. Elle s'inscrit dans l'initiative « Plan banane durable de Guadeloupe et Martinique », dont l'objectif est de promouvoir les innovations pour le développement de systèmes de culture durables.

Contact >
Jean-Pierre Horry,
Amélioration génétique
d'espèces à multiplication
végétative

PARTENAIRES
Fonds européen
agricole pour
le développement
rural (Feader),
Institut technique
de la banane
(Itban), Office
de développement
de l'économie
agricole
d'outre-mer
(Odeadom),
Union des
producteurs
de banane
de Guadeloupe
et de Martinique
(Ugpban)

Flhorban 925,
une variété hybride
de bananier.
© F. Salmon/Cirad

Recombinaison et émergence virale : le modèle des bégomovirus

Les bégomovirus sont responsables de plusieurs maladies émergentes d'importance économique sur les cultures. En Afrique et dans les îles de l'océan Indien, leur diversité génétique est particulièrement importante. En étudiant les facteurs évolutifs associés à cette diversité, une équipe du Cirad vient de montrer que la capacité adaptative de ces virus est liée à leur aptitude à la recombinaison et à leurs forts taux de mutation.

Parmi les phytovirus, ceux du genre bégomovirus, qui se caractérisent par un ADN circulaire simple brin et sont transmis par l'aleurode *Bemisia tabaci*, sont responsables de plusieurs maladies émergentes graves des cultures. En Afrique et dans les îles du sud-ouest de l'océan Indien, leur diversité génétique est particulièrement importante. Les virus de ces îles font partie du groupe « africain-méditerranéen » des bégomovirus monopartites (une seule molécule d'ADN) et bipartites (deux molécules d'ADN), comme le prouve la reconstruction phylogénétique, et présentent une origine polyphylétique, c'est-à-dire sans ancêtre commun direct.

L'étude des facteurs évolutifs associés à la genèse de cette diversité montre que la recombinaison a une part prépondérante dans l'évolution de ces virus. Elle révèle aussi qu'il existe des sites favorables (*hot spots*) et défavorables (*cold spots*) à la recombinaison sur leur génome. Une analyse globale, basée sur les séquences de bégomovirus disponibles dans les bases de données, suggère que des facteurs mécanistiques et sélectifs sont intervenus dans le façonnage des profils de recombinaison. Des

hypothèses mécanistiques associées à des conflits entre les complexes de réplication et de transcription permettraient d'expliquer la création des recombinants. L'étude du niveau de perturbation des protéines après recombinaison démontre qu'une fois créés les recombinants sont soumis à une forte sélection purificatrice, qui agit sur les réarrangements délétères. À terme, il ne devrait subsister que les virus recombinants pour lesquels la recombinaison n'a pas perturbé les fonctions biologiques.

Cette analyse, étendue à l'ensemble des virus à ADN circulaire simple

Plant de manioc nanifié atteint par la mosaïque du manioc (CMD), Madagascar.
© J.M. Lett/Cirad

Symptômes de la maladie des feuilles en cuillère du gombo, Burkina Faso.

© F. Tiendrébéogo

brin, souligne encore une fois, malgré des gammes d'hôtes très variées (animaux, végétaux et bactéries), l'importance de la sélection purificatrice sur le façonnage des profils de recombinaison.

L'aptitude des bégomovirus à échanger du matériel génétique par recombinaison et leurs forts taux de mutation semblent être de solides atouts qui leur permettent de s'adapter aux nouvelles niches écologiques offertes par la dissémination mondiale des espèces cultivées et des biotypes invasifs de leur insecte vecteur. L'ensemble de ces paramètres épidémiologiques fait de ces virus des candidats sérieux à l'émergence.

Contacts > Jean-Michel Lett, Bernard Reynaud, Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (PVBMT)

PARTENAIRES

Fonds européen de développement régional (Feder), Ministères des Affaires étrangères, de la Recherche et de l'Outre-mer, Région Réunion, Université d'Abidjan (Côte d'Ivoire), Université d'Antananarivo (Madagascar), Université de Bangui (République centrafricaine), Université de Canterbury (Nouvelle-Zélande), Université de Cape Town (Afrique du Sud), Université de Ouagadougou (Burkina Faso)

ENSAVOIRPLUS

Lefeuve P. et al., 2009. Widely conserved recombination amongst single stranded DNA viruses. *Journal of Virology*, 83 : 2697-2707.

Lett J.M. et al., 2009. Complete genomic sequences of *Tomato yellow leaf curl Mali virus* isolates infecting tomato and pepper from the north Province of Cameroun. *Archives of Virology*, 154 : 535-540.

Varsani A. et al., 2008. Recombination, decreased host specificity and increased mobility may have driven the emergence of *Maize streak virus* as an agricultural pathogen. *Journal of General Virology*, 89 : 2063-74.

De nouveaux porte-greffes d'agrumes pour le Bassin méditerranéen

Le Bassin méditerranéen représente environ 20 % de la production mondiale d'agrumes. La culture y est pratiquée sous irrigation, mais les déficits hydriques sont fréquents et les eaux d'irrigation souvent salées. En partenariat avec l'Ivia en Espagne, le Cirad a entrepris d'évaluer la tolérance de nouveaux porte-greffes à l'égard de ces contraintes. Un programme qui devrait déboucher sur des cultivars mieux à même de faire face au changement climatique qui s'annonce dans la région.

Dans la région méditerranéenne, les agrumes sont cultivés sous irrigation. Mais cette région est soumise à des déficits hydriques et les eaux d'irrigation y sont fréquemment salines. La création de porte-greffes plus tolérants à ces contraintes constitue donc un enjeu majeur pour l'agrumiculture. En partenariat avec l'Ivia en Espagne, le Cirad a entrepris d'évaluer la tolérance de nouveaux porte-greffes d'agrumes tétraploïdes.

Les porte-greffes d'agrumes ont en effet la particularité de produire spontanément des génotypes tétraploïdes par doublement du nombre de chromosomes, dans les semis diploïdes. La fréquence de ces doublements chromosomiques est très élevée pour certains porte-greffes. Ainsi, dans les vergers d'agrumes

PARTENAIRES
Domaine Kabbage (Maroc), Institut national agronomique de Tunis (Tunisie), Institut national de la recherche agronomique (Inra), Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (Ivia, Espagne), Ministerio de Ciencia e Innovación (Espagne)

espagnols greffés sur le citrange Carrizo, 5 à 10 % des porte-greffes seraient tétraploïdes. Bien que ces tétraploïdes soient connus depuis longtemps, peu de travaux se sont intéressés à leur potentialité agronomique.

Des différences physiologiques marquées entre diploïdes et tétraploïdes

Les génotypes tétraploïdes présentent une physiologie, une morphologie et une anatomie très différentes de celles des diploïdes parentaux. Leur croissance est moindre — une régulation plus importante des échanges respiratoires à travers les stomates des feuilles en serait responsable. Leurs graines sont plus

grandes, leurs feuilles plus épaisses et vert foncé, les entre-nœuds de leurs tiges plus courts et leurs racines secondaires plus trapues. La taille de leurs cellules est toujours plus grande que celle des diploïdes.

Ces plants présentent une tolérance à la sécheresse beaucoup plus forte que les diploïdes, tout comme les variétés diploïdes, tel l'oranger Valencia, greffées sur des porte-greffes tétraploïdes. Toutefois, dans les deux cas, il semble que la perception du stress ait lieu au même moment et conduise à une fermeture concomitante des stomates.

En situation de contrainte saline, la régulation des échanges respiratoires constatée chez les génotypes tétraploïdes serait également à l'origine d'une limitation de l'absorption des ions chlorures et sodium au niveau des racines. Le transfert jusqu'aux feuilles de ces ions toxiques dans le flux de transpiration serait réduit et rendrait ainsi les génotypes tétraploïdes plus tolérants au stress salin.

L'acide abscissique, un rôle clé dans la tolérance aux stress

En situation de contrainte hydrique, la régulation de l'ouverture des stomates est principalement contrôlée par la synthèse d'acide abscissique (ABA) dans les racines. Cette hormone est alors véhiculée dans le flux de sève jusqu'aux stomates, dont elle induit la fermeture. En l'absence de stress, les porte-greffes tétraploïdes synthétisent dans leurs racines plus d'ABA que les diploïdes. Les études d'expression des génomes diploïdes et tétraploïdes au niveau des racines confirment ces résultats.

La production accrue d'ABA chez les tétraploïdes serait à l'origine de la diminution des échanges gazeux (eau transpirée et CO₂ absorbé) et pourrait expliquer la plus grande tolérance de ces plants à l'égard d'un stress hydrique. Cette capacité

constitutive des porte-greffes tétraploïdes apporterait à l'association porte-greffe et greffon une meilleure résistance au manque d'eau. Elle serait aussi à l'origine de la moindre croissance de ces plantes et de leur plus forte tolérance au stress salin.

Des porte-greffes pour préserver les ressources en eau

En Afrique du Nord, près de 60 % des ressources en eau sont utilisées pour l'agriculture. Les porte-greffes tétraploïdes, en limitant les besoins en eau des variétés, permettraient de préserver ces ressources. Un essai vient d'être planté à Elche, en Espagne, dans des conditions pédoclimatiques contraignantes, où se combinent sécheresse, salinité et sols calcaires. Outre la tolérance à ces stress abiotiques, il permettra de suivre les rendements de ces arbres dont la croissance est limitée. Cette caractéristique n'est d'ailleurs pas forcément un inconvénient : des arbres plus petits, plantés de façon

plus dense et moins consommateurs d'eau pourraient être un atout dans la gestion des vergers. Une étude réalisée avec l'Inra en Corse montre, par ailleurs, que la qualité de clémentines produites sur des porte-greffes tétraploïdes se maintenait. Pour optimiser ces résultats, le Cirad cherche à développer de nouveaux hybrides tétraploïdes associant tolérance aux stress abiotiques et résistance aux maladies.

Contact > Raphaël Morillon,
Amélioration génétique d'espèces
à multiplication végétative

ENSAVOIRPLUS

Allario T, 2009. Identification de déterminants physiologiques et moléculaires de la tolérance à la contrainte saline et au déficit hydrique de porte-greffes autotétraploïdes d'agrumes. Thèse, 335 p.

Allario T. et al., 2009. Autotetraploid *Citrus limonia* rootstocks are more tolerant to water deficit than parental diploids. In : International conference on polyploidy, hybridization and biodiversity, 17-20 mai 2009, Saint-Malo, France.

Morillon R. et al., 2009. Tetraploidy and tolerance to environmental stresses in citrus. In : International conference on plant abiotic stress tolerance, 8-11 février 2009, Vienne, Autriche.

Porte-greffes de lime Rangpur diploïdes (2X), à gauche, et tétraploïdes (4X), à droite, greffés avec l'oranger Valencia. Les plants n'ont pas été arrosés depuis 11 jours. © R. Morillon/Cirad

La première puce à ADN du caféier

Avec une consommation mondiale de plus de 2,2 milliards de tasses par jour, le café est un produit de consommation de masse et l'amélioration du caféier, un enjeu majeur. L'objectif est d'adapter cette espèce d'origine africaine à une culture intertropicale mondiale. Pour mieux maîtriser ses capacités adaptatives et optimiser la sélection de variétés, le Cirad et ses partenaires viennent de créer la première puce à ADN du caféier, PuceCafé. Elle permet d'étudier l'expression de ses gènes dans toute une gamme de conditions.

Une puce à ADN est un ensemble de molécules d'ADN fixées sur une lame de verre, qui permet d'analyser l'expression des gènes dans un tissu, dans des conditions variées. Elle donne une signature globale du tissu et peut caractériser un état (tissu malade), un moment (développement du fruit) ou un environnement (température). La puce qui vient d'être créée pour le caféier, PuceCafé, porte plus de 15 000 brins d'ADN, chacun spécifique d'un gène. La première série a été produite sur la plateforme GenomiX de Montpellier et validée.

Cette puce a permis d'étudier la capacité d'adaptation du caféier Arabica (*Coffea arabica*) aux changements climatiques, en utilisant des enceintes régulées pour contrôler les conditions de culture. L'analyse comparait le comportement de cette espèce cultivée dans les régions tropicales d'altitude à celui de deux espèces apparentées, *C. canephora* (Robusta), adaptée au climat chaud des forêts tropicales, et l'espèce sauvage *C. eugenioides*, adaptée aux conditions d'altitude plus fraîches en Afrique. Le comportement d'Arabica dans les conditions les plus chaudes est proche de celui du caféier Robusta et, dans les conditions les plus froides, à mi-chemin des deux espèces. Les gènes impliqués dans ce comportement ont été répertoriés. La plasticité fonctionnelle d'Arabica sera étudiée, grâce à ces puces, dans les conditions de

température proches de celles que prévoient les climatologues pour les années à venir.

Les gènes impliqués dans la dessiccation et la germination de la graine ont aussi été identifiés. Les résultats, couplés avec les données hormonales, donnent une image originale de la graine du caféier au sein des autres types de graine. De même, l'étude du développement du fruit a révélé l'implication de gènes connus et d'autres aux fonctions inconnues. Les gènes de la tolérance à la sécheresse sont en cours d'analyse.

La PuceCafé est un outil performant, qui donne une image globale et massive de l'expression du génome. On estime qu'avec plus de 15 000 gènes la moitié du transcriptome du caféier peut être étudiée. Cet outil, dont les résultats sont publiés sur une base de données publique, sera mis à profit par la communauté des chercheurs travaillant sur cette plante.

ENSAVOIRPLUS

Bardil A. et al., 2009. Gene expression divergences between the allopolyploid *Coffea arabica* and its diploid relatives appears to be environment dependent. In : PAG XVII International conference, San Diego, 9-13 janvier 2009. <http://www.intl-pag.org>

Joët T. et al., 2009. Metabolic pathways in tropical dicotyledonous albuminous seeds: *Coffea arabica* as a case study. New Phytologist, 182 : 146-162.

Privat B., Bertrand B., Lashermes P., 2008. The coffee microarray project: A new tool to discover candidate genes correlated to quality traits. In : PAG XVI International conference, San Diego, 12-16 janvier 2008. <http://www.intl-pag.org>

Contact >
Benoît Bertrand,
Résistance
des plantes aux
bioagresseurs
(RPB)

PARTENAIRES
Nestlé, Institut
de recherche pour
le développement
(IRD), Génoplante

Branche de caféier à la fois en fleurs et en fruits. © C. Lanaud/Cirad

Principe des puces à ADN.

Modéliser l'influence des refuges sur la résistance des ravageurs

*Les modèles mathématiques sont utilisés depuis de nombreuses années pour étudier les systèmes biologiques. Ils permettent de mettre en évidence certains paramètres clés et apportent un éclairage nouveau sur les phénomènes observés sur le terrain. Une équipe du Cirad utilise ce genre d'outils pour étudier le couple *Helicoverpa armigera* et cotonnier Bt afin de mieux comprendre la dynamique de cet insecte ravageur dans différents systèmes de culture.*

La lutte intégrée permet de contrôler les insectes ravageurs en utilisant des méthodes de lutte plus respectueuses de l'environnement. L'une de ces méthodes consiste à cultiver des plantes transgéniques émettant des toxines létales pour certains insectes ravageurs. Mais quel est le risque de voir apparaître des insectes résistants à ces toxines et quelles techniques mettre en place pour limiter cette apparition ? L'installation de zones refuges, zones de plantes non transgéniques plantées dans la parcelle, est l'une des stratégies conseillées par les différentes instances internationales. Elle permet de maintenir des insectes sensibles dans la parcelle qui, en rencontrant les rares insectes résistants apparus, donne-

ront une descendance sensible. Cette stratégie, nommée HDR (*high dose refuge*), repose sur trois principes : la faible fréquence initiale des gènes de résistance dans la population naturelle, la forte expression de la toxine, la récessivité de la résistance. Suivant le type de culture considérée, les recommandations sur ces zones peuvent aller de 5 % de refuges sur toute la parcelle à 20 %, pour le coton Bt par exemple.

Concernant le couple *Helicoverpa armigera* et cotonnier Bt, en Afrique de l'Ouest notamment, les cultures transgéniques alternent avec des plantes non transgéniques, maraîchères ou sauvages, créant ainsi des refuges temporels, qui favorisent également l'apparition d'insectes sensibles. Un modèle mathématique

Helicoverpa armigera sur une jeune capsule de cotonnier. © J.C. Streito/Cirad

générique, basé sur des équations différentielles ordinaires impulsionnelles, a été construit ; il décrit la démographie des insectes résistants et sensibles (croissance/mortalité) soumis à ce système de culture particulier. L'utilisation d'outils mathématiques assez simples limite le nombre de paramètres nécessaires et facilite ainsi leur identification pour le couple *Helicoverpa armigera* et cotonnier Bt.

L'analyse mathématique a conduit à deux résultats importants : les refuges temporels retardent l'apparition d'insectes résistants et il existe une proportion optimale entre plantes transgéniques et non transgéniques qui minimise la fréquence d'insectes résistants dans la population naturelle. Ce dernier résultat est assez surprenant mais il offre une autre vision du problème et ouvre de nouvelles pistes de recherche. Il importe désormais de mettre en évidence les processus biologiques à l'origine de ce phénomène.

Contact > Valérie Lemesle, Systèmes de culture annuels

ENSAVOIRPLUS

Maillet L., Lemesle V., 2009. A note on semi-discrete models in life sciences. Philosophical Transactions of the Royal Society, A 367 : 4779-4799.

Champ de cotonniers avec leurs capsules ouvertes prêtes à être récoltées. © H. Saint Macary/Cirad

Un hybride de cocotier pour lutter contre le jaunissement mortel au Ghana

Le jaunissement mortel du cocotier est l'une des plus sérieuses menaces pour le secteur cocotier en Afrique et dans la Caraïbe. Il est provoqué par des phytoplasmes, petites bactéries intraphloémiques transmises par des insectes. Le Cirad et ses partenaires ghanéens ont créé un hybride résistant pour remplacer la variété locale particulièrement sensible à la maladie.

Depuis 1981, l'institut de recherche ghanéen et le Cirad ont planté en champ 38 variétés et hybrides de cocotier pour évaluer leur résistance au jaunissement mortel. Ce matériel a fait l'objet d'observations périodiques pendant une quinzaine d'années. Des différences considérables de comportement entre variétés ont été mises en évidence. Alors que la variété locale

est particulièrement sensible au jaunissement, le Nain vert du Sri Lanka (NVS) présente une bonne résistance ainsi que le Grand du Vanuatu (GVT). La forte diversité génétique de ce dernier devrait rendre difficile le contournement de sa résistance.

Un nouvel hybride entre ces deux variétés résistantes s'avère très prometteur face au jaunissement mortel. Un champ semencier vient d'ailleurs

Un hybride
NVS x GVT
prometteur
testé au Ghana.
© M. Dollet/Cirad

PARTENAIRES
Coconut Sector Development Project (CSDP, Ghana), Oil Palm Research Institute (OPRI, Ghana), Ministère des Affaires étrangères, Agence française de développement (AFD)

d'être installé dans la Western Region pour le diffuser. Outre la résistance au jaunissement mortel, cet hybride allie la précocité du NVS et les qualités agronomiques du GVT.

L'amélioration génétique du cocotier est une composante importante de la lutte contre le jaunissement mortel. Cependant, elle doit s'intégrer dans une stratégie globale, qui repose sur un choix judicieux du lieu de plantation hors des zones les plus atteintes par la maladie, sur une diversification des sources de résistance, sur de bonnes pratiques de culture et sur l'élimination précoce des arbres malades. Enfin, une meilleure connaissance de l'insecte vecteur permettrait de cribler plus rapidement les variétés et de développer de nouvelles stratégies de lutte. Des recherches entomologiques sont en cours.

Contact > Michel Dollet,
Jaunissements mortels du cocotier
et greening des agrumes

ENSAVOIRPLUS

Cocotier et jaunissement mortel. OCL, oléagineux, corps gras, lipides, 2009, 16. http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/ocl/e-docs/00/04/4D/E4/article.phtml

Une plantation de cocotiers ravagée par le jaunissement mortel, au Ghana. © M. Dollet/Cirad

La diversité génétique du sorgho chez les Duupa

La culture du sorgho et sa consommation sont au cœur de la société duupa. Les Duupa ne cultivent pas le sorgho pour vivre mais vivent pour le cultiver. Cette place culturelle particulière est déterminante pour la dynamique de la diversité génétique du sorgho. Les agriculteurs duupa maintiennent plus d'une quarantaine de variétés, et chaque agriculteur possède un ensemble variétal unique. Ces variétés sont cultivées en mélange de 4 à 12 par champ, ce qui favorise les flux de pollen. Quels sont les facteurs biologiques et les pratiques paysannes à l'origine de cette diversité ? Comment une telle diversité variétale peut-elle être maintenue ? Pour répondre à ces questions, les chercheurs ont développé une démarche pluridisciplinaire, qui allie génétique, anthropologie et agronomie. L'étude s'est déroulée à l'échelle locale, dans le village de Wanté, pour permettre une approche fine des processus anthropiques qui influent sur la dynamique de la diversité génétique.

La diversité des plantes cultivées est le fruit d'interactions entre les facteurs anthropiques et biologiques. Une équipe du Cirad vient de démontrer que chez les Duupa, une société agraire du nord du Cameroun, les pratiques paysannes sont la clé du maintien local de la diversité du sorgho.

PARTENAIRES
Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Mission d'études pour l'aménagement de la province du Nord (Meaden, Cameroun), Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (Prodig), Sodécoton (Cameroun), Université de Montpellier II, Université de Nanterre.

Facteurs biologiques et pratiques paysannes

L'un des objectifs était de caractériser les liens entre diversité nommée, diversité phénotypique et diversité génétique. En effet, dans les agro-écosystèmes traditionnels, le concept de variété peut recouvrir des réalités biologiques et des niveaux d'homogénéité génétique très différents. Vingt et une variétés ont été caractérisées à l'aide de marqueurs génétiques et morphologiques. Les variétés nommées peuvent être classées en deux catégories. La première regroupe des variétés qui forment une vaste population recombinante et ne se distinguent que par quelques caractères comme la couleur du grain et la forme de la panicule. La seconde catégorie comprend quelques variétés dont tous les individus sont plus similaires entre eux qu'avec ceux des autres variétés.

Ces résultats montrent que les agriculteurs maintiennent non seulement une structuration phénotypique, mais aussi une structuration génétique avec certaines variétés génétiquement différenciées. Ils suggèrent également qu'il existe des barrières biologiques qui minimisent les flux de gènes entre certaines variétés. Les taux d'allofécondation varient considérablement entre variétés, de 5 % à 40 %. Il sera donc beaucoup

plus facile pour les agriculteurs de maintenir une variété comme le *See Gooriya* au faible taux d'allofécondation (5 %) qu'une variété dotée d'un fort taux d'allofécondation comme le *Za'toota* (40 %). Le *Yatta*, malgré son taux d'allofécondation de 20 %, est bien différencié d'un point de vue génétique et phénotypique. Chaque année, les agriculteurs sélectionnent leur semence et 13 % de la descendance de la variété *Yatta* sont systématiquement rejetés, les 87 % restants, identifiés comme la plante mère, sont conservés. Les agriculteurs ont donc la possibilité de contre-sélectionner les descendants de croisements intervariétaux. Les effets conjugués de la sélection anthropique et du mode de reproduction permettent d'expliquer le maintien de variétés différenciées.

Grenier à grains, Nord-Cameroun. © A. Barnaud/Cirad

Lot de semences de sorgho, Nord-Cameroun. © A. Barnaud/Cirad

Battage du sorgho chez les Duupa. © A. Barnaud/Cirad

Dynamique sociale et échange de semences

La distribution de la diversité génétique des plantes cultivées et son évolution résultent directement de l'accès des agriculteurs aux variétés traditionnelles, qui dépend, en retour, des échanges de semences entre agriculteurs et entre communautés. Les liens sociaux qu'entretiennent les Duupa influencent l'organisation spatiale du terroir et la dynamique de ces échanges. Le battage y joue un rôle prépondérant : les hommes peuvent y prendre explicitement de la semence, tandis que les femmes y prélèvent de la nourriture (même si elles peuvent l'utiliser comme semence). La position sociale de l'agriculteur tient une place centrale dans la dynamique des échanges et la diffusion des semences. Les *big men* ont une plus grande capacité à organiser des travaux collectifs ; leurs battages attirent plus de monde et peuvent être l'occasion d'échanges plus intenses. L'échange de semences

n'est pas limité au contexte agronomique, il fait partie intégrante de la dynamique de la société.

La diversité variétale maintenue par les agriculteurs duupa n'est pas qu'une collection de variétés, c'est le fruit de l'introduction, de la sélection et de la diffusion des semences. C'est sur ces processus que le sélectionneur peut aujourd'hui s'appuyer pour produire des variétés adaptées aux besoins des agriculteurs et favoriser une diffusion portée par les dynamiques sociales.

Contact > Hélène Joly, Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (Cefe)

ENSAVOIRPLUS

Barnaud A. et al., 2008. Gestion des ressources génétiques du sorgho (*Sorghum bicolor*) chez les Duupa (Nord-Cameroun). Cahiers agricultures, 17 : 178-182.

Barnaud A. et al., 2008. High outcrossing rates in fields with mixed sorghum landraces: how are landraces maintained? Heredity, 101 : 445-452.

Barnaud A. et al., 2009. A weed-crop complex in sorghum: the dynamics of genetic diversity in a traditional farming system. American Journal of Botany, 96 : 1869-1879.

La *protection* agroécologique des *cultures*

Préserver les écosystèmes, conserver la biodiversité, limiter les engrais et pesticides, tels sont désormais les impératifs d'une agriculture à la fois intensive et écologique. Pour lutter contre les bioagresseurs et les maladies, il est indispensable d'innover. Trois experts, du Cirad, de l'Inra et du NRI, retracent, dans un ouvrage publié en français et en anglais, l'évolution des pratiques de protection des cultures, en s'appuyant sur l'exemple de la culture cotonnière, souvent pionnière en matière d'innovations techniques. Ils analysent la situation phytosanitaire actuelle et les limites de la protection agrochimique et prônent une gestion des peuplements à l'échelle de l'agroécosystème, en introduisant le concept d'agroécologie. Ce mode de protection tend à établir des équilibres bioécologiques entre communautés animales et végétales au sein d'un agroécosystème, tout en s'efforçant de maintenir et d'améliorer la « santé » des sols et la biodiversité végétale. La protection agroécologique des cultures repose sur une démarche préventive, à des échelles de temps et d'espace élargies. Elle associe la gestion des peuplements végétaux à celle des peuplements animaux et contribue ainsi à la lutte biologique de conservation.

Contact > Jean-Philippe Deguine, Peuplements végétaux et bioagresseurs en milieu tropical (PVBMT)

PARTENAIRES

Institut national de la recherche agronomique (Inra), Natural Research Institute (NRI, Royaume-Uni), Université de Greenwich (Royaume-Uni), Université de Melbourne (Australie)

ENSAVOIR+

Deguine J.P., Ferron P., Russell D., 2008. Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie. Versailles, Quæ, 187 p.

Deguine J.P., Ferron P., Russell D., 2009. Crop protection: from agrochemistry to agroecology. Enfield, États-Unis, Science Publishers, 190 p.

Le semis direct sur couverture végétale pour les Cerrados brésiliens

Dans les zones tropicales humides, la capacité des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale à assurer une production vivrière durable est fortement liée à l'utilisation de plantes de couverture multifonctionnelles. L'intérêt agroenvironnemental et la pertinence socio-économique de tels systèmes sont étudiés selon une démarche multicritère dans les conditions de l'agriculture familiale des Cerrados brésiliens.

Dans les régions tropicales humides, l'agressivité du climat et la fragilité des sols entraînent une dégradation de la fertilité et une baisse de la productivité des cultures. Pour les agriculteurs familiaux, qui ont un accès limité aux intrants, la stabilisation voire l'augmentation de la productivité passe souvent par des systèmes innovants qui valorisent pleinement les facteurs de production et les ressources naturelles disponibles, tout en limitant les impacts environnementaux. Les systèmes de culture sous couverture végétale sont intéressants de ce point de vue, mais leur efficacité en conditions chaudes et humides dépend en bonne partie des plantes de couverture choisies. Ces plantes doivent assurer des fonctions agronomiques ou écologiques : protection du sol, valorisation des ressources, augmentation de la production de biomasse, introduction d'éléments minéraux, lutte contre les adventices, amélioration des services écosystémiques. Elles doivent aussi trouver leur place dans les systèmes de production existants.

Semis direct sur couverture fourragère pour petites exploitations laitières

Dans la région des Cerrados, le semis direct avec couverture végétale s'est surtout développé dans les grandes exploitations mécanisées. Il est, en revanche, absent des petites exploitations familiales alors qu'elles se situent souvent dans les environnements les plus fragiles. Dans la région d'Unai, ces petites exploitations se spécialisent dans la production laitière. Pour répondre à leurs besoins, le Cirad et l'Embrapa ont conçu de nouveaux systèmes de culture de maïs en semis direct avec des plantes de couverture fourragères, comme *Brachiria ruziensis* et *Cajanus cajan*, semées en relais dans la culture de maïs.

D'un point de vue agronomique, il faut gérer ces plantes de couverture de telle manière que la production de maïs ne soit pas affectée et que la production de biomasse soit maxi-

male. Des expérimentations ont donc été conduites, tant en conditions contrôlées que directement chez les agriculteurs. Si l'on sème la plante de couverture très tôt entre les rangs de maïs, la production de maïs n'est pas pénalisée et la biomasse totale peut être multipliée par deux, surtout avec le système maïs-légumineuse, plus efficace de ce point de vue que le système maïs-graminée. En revanche, si l'on sème la plante de couverture plus tard,

PARTENAIRES
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, Brésil), Université fédérale de Pelotas (Brésil), Institut national de la recherche agronomique (Inra), Montpellier SupAgro

Processus d'évaluation multicritère des systèmes de culture avec les producteurs. © E. Scopel/Cirad

Association maïs-*Cajanus*, en milieu de cycle (en haut) et en fin de cycle du maïs (en bas), dans les systèmes d'agriculture familiale des Cerrados brésiliens. Le semis précoce de la légumineuse entre les rangs de maïs permet de doubler la production de biomasse sans réduire celle du maïs. Le maïs domine la plante de couverture durant l'essentiel de son cycle, et ce n'est qu'en fin de cycle, quand le maïs commence à se dessécher, que la plante de couverture prend le dessus.

© A. Bocar Baldé/Cirad

elle subit une trop forte compétition de la part du maïs et la biomasse totale du système est considérablement réduite par rapport à un semis précoce.

Une évaluation multicritère pour mieux appréhender ces systèmes

Pour mesurer l'impact de ces nouveaux systèmes, qui modifient profondément l'organisation des

activités sur l'exploitation, les chercheurs ont réalisé une évaluation multicritère en privilégiant, selon les cas, soit la logique économique, soit les critères sociaux et environnementaux. Dans le premier cas, leur démarche reposait sur l'optimisation multiobjectif en programmation linéaire, avec des modèles d'exploitation dans lesquels le semis direct était proposé comme alternative. Ils ont ainsi montré que ces systèmes ne se justifiaient du point de vue économique que dans

la mesure où le travail additionnel qu'ils demandaient était contrebalancé par la quantité et la qualité du fourrage supplémentaire produit. Dans le second cas, à partir d'une méthode de hiérarchisation multicritère dérivée du modèle Masc, ils ont également démontré que, dans tous les cas de figure, ces systèmes présentaient un avantage certain et une meilleure valorisation des ressources naturelles. Dans la réalité, on constate cependant une certaine réticence de la part des agriculteurs. D'où la nécessité d'adapter cette évaluation aux agricultures familiales du Sud et aux préoccupations des producteurs. Les recherches se poursuivent afin de construire un modèle de hiérarchisation multicritère de façon participative.

Ces travaux prouvent qu'il est nécessaire de combiner plusieurs outils et différents points de vue dans la conception de systèmes innovants, en associant étroitement chercheurs et utilisateurs aux différents stades du processus de proposition, d'évaluation et d'adaptation des options techniques. Dans les prochaines années, les recherches s'intéresseront plus particulièrement à la mise en place de nouvelles stratégies fourragères compatibles avec la production laitière intensive et la place qu'y occuperont la production de maïs et les semis directs avec couverture végétale.

Contact > Eric Scopel, Systèmes de culture annuels

ENSAVOIRPLUS

agroecologie.cirad.fr

Affholder F. et al., 2010. Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems: A farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam. *Agricultural Systems*, 103 : 51-62.

Maltas A. et al., 2009. Cover crop and nitrogen effects on maize productivity in no-tillage systems of the Brazilian Cerrados. *Agronomy Journal*, 101 : 1036-1046.

Oliveira M.N. et al., 2009. Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unaí, MG (Cerrado Brasileiro). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39 : 51-60.

Des recommandations pour lutter contre les mirides du cacaoyer

De tous les insectes qui s'alimentent au détriment du cacaoyer, les mirides sont les plus dangereux à l'échelle mondiale.

Au Cameroun, où les cacaoyers sont cultivés dans des systèmes agroforestiers complexes, les chercheurs du Cirad ont étudié la dynamique de leurs populations et les facteurs écologiques qui la conditionnent, pour proposer aux planteurs des pratiques capables d'endiguer ce fléau.

Adulte et larve de *Sahlbergella singularis* sur une cabosse de cacaoyer.

© R. Babin/Cirad

Avec plus de 70 % de la production mondiale, l'Afrique est le premier producteur de cacao. En Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale, cette culture subit les attaques de deux mirides, *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobroma*. Ces deux punaises s'alimentent aux dépens des cabosses et des rameaux, en provoquant la nécrose des tissus, et rapidement, les cacaoyers deviennent improductifs. Elles occasionnent des pertes de production de 25 à 40 % en Côte d'Ivoire et au Ghana, les plus gros producteurs de la région.

Au Cameroun, où l'espèce *S. singularis* prédomine, les mirides sont considérés comme un fléau national. Or, depuis les années 1990, les campagnes nationales de protection du verger ne sont plus assurées, d'où une recrudescence des mirides qui fragilise les plantations. Les fluctuations des cours mondiaux du cacao et le coût élevé des intrants n'autorisent pas les petits planteurs à investir efficacement et durablement dans la lutte. Les systèmes agroforestiers complexes dans lesquels le cacaoyer

PARTENAIRES
Cocoa Research Institute of Nigeria (Crin), Ecole d'ingénieur d'agrodéveloppement international (Istom), Institut de recherche agricole pour le développement (Irad, Cameroun), Organisations de planteurs de cacao (Cameroun), Université de Dschang (Cameroun), Université de Yaoundé I (Cameroun), Université de Montpellier III, Ministère des Affaires étrangères

est traditionnellement cultivé ont été peu étudiés et l'écologie de *S. singularis* y est mal connue. Pour améliorer les recommandations de lutte, les chercheurs se sont intéressés aux populations de ce miride et au rôle des facteurs écologiques dans leur dynamique.

La dynamique des populations de *S. singularis*

Les paramètres démographiques (fécondité, survie, longévité) du miride ont tout d'abord été étudiés sur une population d'élevage. La

Cartes de répartition spatiale des populations de *S. singularis* dans une plantation de la région de Yaoundé en 2006 (C) et 2007 (D) en rapport avec les cartes de position et recouvrement des arbres d'ombrage (A) et du pourcentage de lumière à travers la canopée des arbres d'ombrage (B). Cn : *Cola nitida*, Csp : *Citrus* sp., De : *Dacryodes edulis*, Eg : *Elaeis guineensis*, Fe : *Ficus exasperata*, Fm : *Ficus mucosa*, Gk : *Garcinia kola*, Mi : *Mangifera indica*, Me : *Milicia excelsa*, Pa : *Persea americana*, Sd : *Spondias dulcis*.

croissance lente de l'insecte explique ses effectifs souvent faibles dans les plantations même s'ils connaissent des variations saisonnières marquées, avec un pic de pullulation par an. La fécondité des femelles est le paramètre clé de ces variations : la croissance des populations est liée à une fécondité maximale des femelles, et leur décroissance, à une baisse importante de cette fécondité. Le stade de développement des fruits du cacaoyer est également un facteur déterminant, les jeunes cabosses fournissant aux femelles une ressource alimentaire optimale pour la reproduction.

Les résultats d'une étude menée dans les systèmes agroforestiers traditionnels de la région Centre du Cameroun suggèrent que la nature du paysage environnant les plantations a peu d'impact sur les effectifs du miride. En revanche, les conditions parcellaires de culture, en particulier les pratiques culturales, sont déterminantes. Les traitements insecticides ont, sans surprise, un effet dépressif sur les populations, de même qu'un ombrage forestier abondant. Il apparaît aussi que les variétés hybrides sont plus favorables au développement des mirides que les variétés traditionnelles.

L'ombrage, un facteur déterminant

Les mirides ne se répartissent pas uniformément dans les plantations. Leurs populations sont agrégées sur des groupes de 20 à 30 cacaoyers adjacents, entourés de cacaoyers sains. La formation de ces « poches à mirides » dépend de l'ensoleillement, comme le démontrent de manière indiscutable les travaux récents. En effet, ces poches se situent le plus souvent dans des zones bénéficiant d'un ensoleillement maximal du fait de l'interruption de la canopée d'ombrage. Les arbres forestiers fournissent généralement un ombrage plus homogène que les arbres fruitiers et sont donc moins propices à la formation de ces poches.

Les recommandations des chercheurs sont peu appliquées par les planteurs et doivent être discutées et adaptées aux systèmes agroforestiers du Cameroun. En l'absence d'alternative, l'élément central d'un programme de protection intégrée reste la lutte chimique raisonnée. Un calendrier des traitements leur a été proposé et, grâce aux nouvelles molécules, ces traitements sont plus efficaces, moins chers et moins néfastes pour l'environnement. Mais les bonnes pratiques de gestion de l'ombrage et d'entretien des plantations, en limitant la croissance végétative du cacaoyer, jouent aussi un rôle déterminant dans le contrôle de ce ravageur.

Contact > Régis Babin, Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes

ENSAVOIRPLUS

Babin R. et al., 2008. Rearing method and life-table data for the cocoa mirid bug *Sahlbergella singularis* Haglund (Hemiptera: Miridae). *Journal of Applied Entomology*, 132 : 366-374.

Babin R., 2009. Contribution à l'amélioration de la lutte contre le miride du cacaoyer *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera : Miridae) : influence des facteurs agroécologiques sur la dynamique des populations du ravageur. Thèse de doctorat, Université de Montpellier III, 201 p.

Babin R. et al., 2010. Impact of shade on the spatial distribution of *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: Miridae) in traditional cocoa agroforests. *Agricultural and Forest Entomology*, 12 : 69-79.

Plantation agroforestière de cacaoyers dans la région de Yaoundé, Cameroun.

© R. Babin/Cirad

Statistiques collaboratives sur l'élevage en Afrique australe

Le système de statistiques collaboratives Lims (*Livestock information management system*), développé pour la SADC en Afrique australe, a pour objectif le partage de données entre les différents détenteurs d'information thématique ou statistique du secteur de l'élevage (populations, infrastructures, commerce régional, santé...). Conçu et mis en place grâce à l'assistance technique du Cirad, il constitue un observatoire de l'état et des performances du secteur. Il comprend plusieurs composantes qui répondent chacune à des besoins et fonctionnalités spécifiques, comme la communication entre acteurs et la représentation de données en vue de planifications. Un logiciel de statistiques collaboratives permet d'agréger des données issues de sources variées dans les 15 pays de la sous-région, et ce en respectant les échelles spatiales et temporelles originales. Un portail a été développé, il inclut divers outils tels que les manuels du logiciel, des forums de discussion et des outils web de cartographie.

Contact > Pascal Bonnet, Systèmes d'élevage et produits animaux

<http://aims.sadc.int/livestock/print-lims/>

PARTENAIRES
Food Agriculture
Natural Resources
(FANR, Botswana),
Southern African
Development
Community
(SADC, Botswana),
Commission
européenne

ENSAVOIR+

Bonnet P. et al., 2009. Collaborative statistics for livestock development, animal production and health, an example in the SADC region with the LIMS livestock information and management system, a regional system based on Web 2.0 principles. In : ISVEE XII, 10-14 août 2009, Durban, Afrique du Sud.

La vente aux enchères de bétail (bovins et petits ruminants) est le mode de commercialisation le plus fréquent au Botswana pour les animaux reproducteurs et les animaux sevrés destinés à l'engraissement, Lobatse, Botswana.
© P. Bonnet/Cirad

Haie de *Jatropha curcas*
en bordure de champ,
Bhoutan.
© G. Trébuil/Cirad

page 30

page 32

page 35

Quelles énergies pour le Sud ?

Pour le Cirad, l'enjeu principal lié à la biomasse est de répondre aux difficultés d'approvisionnement énergétique des pays du Sud. C'est l'un des six axes prioritaires de sa stratégie, mis en œuvre principalement dans trois de ses dispositifs en partenariat : l'URP Forêt et biodiversité, à Madagascar, le PCP *Agroforestry systems with perennial crops*, au Costa Rica, et l'Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE), plateforme de recherche et d'enseignement supérieur dont l'objectif est de fournir à ses 14 États membres d'Afrique des ingénieurs capables de répondre aux besoins de développement du monde rural. L'action thématique programmée Energie pour les Suds traduit ces enjeux en questions de recherche : comment définir et évaluer le potentiel des biomasses énergies pour l'amélioration des conditions de vie des populations rurales du Sud ? En quoi la biomasse énergie est-elle mieux adaptée que d'autres sources d'énergie ? Ces questions sont abordées sur plusieurs sites d'étude au Brésil, au Burkina, au Mali et à Madagascar.

La nouvelle Alliance nationale pour l'énergie

En tant que membre associé de la nouvelle Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie, le Cirad s'implique dans le groupe thématique consacré aux biomasses en s'interrogeant sur les conditions de développement des bioénergies qui seraient favorables aux populations : valoriser la biomasse, et donc adapter et optimiser les systèmes de production existants, créer des systèmes de production dévolus aux bioénergies, intégrer la production bioénergétique en tant qu'objectif de sélection et d'amélioration variétale. Les chercheurs du Cirad s'em-

ploient également à analyser les impacts écologiques et économiques de la production de biomasse.

Ecole chercheurs, formation doctorale

La Commission européenne, l'Agence nationale de la recherche et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie incitent les organismes à construire des programmes structurants, souvent interdisciplinaires, sur les bioénergies, suscitant l'émergence de nouvelles communautés. Afin d'aider les porteurs de projet à construire leurs partenariats et de susciter des réflexions pour les comités de pilotage, le Cirad et l'Inra ont organisé

une école chercheurs en janvier 2009 avec trois objectifs principaux : acquérir de nouvelles connaissances (méthodes, concepts, données) ; innover, en termes de systèmes, de procédés et de produits finis ou intermédiaires ; mettre au point des méthodes d'évaluation ex ante de ces innovations dans différentes directions dont les équilibres écologiques des milieux, les filières agricoles et industrielles et les marchés internationaux.

Le Cirad s'implique aussi dans la formation doctorale à l'étranger. Il appuie l'Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE) dans la mise en place d'un programme doctoral international et interuniversitaire.

Chargement de rondins d'eucalyptus, Pointe-Noire, Congo. © D. Louppe / Cirad

Visite d'un champ
de pourghère,
à gauche ; fruits
du *Jatropha curcas*,
à droite.
© R. Pirot/Cirad

Jatropha curcas, un carburant d'avenir pour le Sud ?

Le pourghère, *Jatropha curcas*, un arbuste sauvage originaire d'Amérique centrale acclimaté en Afrique et en Asie, est traditionnellement utilisé comme haie vive autour des jardins potagers, ses propriétés toxiques éloignant naturellement les animaux. C'est aussi une plante médicinale et son huile entre dans la fabrication artisanale du savon. La flambée des cours du pétrole en 2008 a créé un engouement nouveau pour l'utilisation de cette huile comme combustible.

Dans les années 1980, l'huile de pourghère a connu un premier regain d'intérêt et le Cirad, depuis cette époque, étudie les conditions de son utilisation dans les moteurs diesels. Cependant, si les premiers

projets se contentaient de la récolte des fruits des haies vives, les projets actuels se situent à une autre échelle, avec des quantités d'huile plus importantes et donc des plantations en plein champ. Cette nouvelle culture de rente arrive d'ailleurs à point nommé en Afrique de l'Ouest, où la désaffection pour la culture du cotonnier, devenue moins lucrative, libère des surfaces agricoles.

**Une forte résistance
à la sécheresse mais
une faible productivité**

En effet, contrairement à ce qui a été largement médiatisé, le pourghère ne donne aucune production économiquement acceptable dans des sols

Les graines du pourghère contiennent une huile qui peut être utilisée, moyennant quelques précautions, comme carburant dans les moteurs diesels. Le dernier choc pétrolier a relancé l'intérêt pour cette huile. Mais dans quelles conditions la production peut-elle réellement être profitable ? Le Cirad a choisi d'inscrire ses travaux dans une optique de développement local et d'intervenir dans le cadre d'un projet d'autonomie énergétique au Mali, où l'huile et ses coproduits sont utilisés dans leur zone de production.

marginaux ou dans des conditions d'environnement difficiles. Il est, certes, très résistant à la sécheresse mais demande pour fructifier un minimum d'eau et d'éléments nutritifs, comme le cotonnier qui partage avec lui la même zone de culture en conditions soudano-sahéliennes.

Le principal problème est la faible productivité de la culture. Encore une fois, certains chiffres annoncés sont du domaine de la fiction. Quelques projets de longue durée ont permis de se faire une idée réaliste des rendements que l'on peut attendre actuellement : ils varient de 1 200 à 1 500 kilos de graines sèches à l'hectare, soit 400 à 500 kilos d'huile. Des travaux ont été engagés récemment sur la culture, mais les premiers résultats ne seront pas disponibles avant plusieurs années. Quant aux génotypes améliorés, il ne faut pas les attendre avant une dizaine d'années.

Au Mali, un projet d'autonomie énergétique

Les actions du Cirad dans ce domaine s'inscrivent dans une optique de développement local, l'objectif étant d'améliorer les conditions de vie des populations rurales en leur assurant l'autonomie énergé-

tique. Ainsi, le Cirad a décidé d'accompagner un projet d'écotourisme au Mali, géré par l'Association d'entraide pour le développement rural, qui prévoit de remplacer le gazole qu'elle utilise dans ses groupes électrogènes par de l'huile de pourghère.

Les premiers travaux visaient à apporter des réponses rapides sur la conduite de la plante, qui permettent aux paysans d'installer rapidement la culture. A cette occasion, une synthèse bibliographique a été réalisée et des expérimentations agronomiques ont été implantées. Des suivis sont réalisés auprès des agriculteurs sur la progression de la culture et l'appropriation des techniques qui leur sont proposées. Récemment, un programme de sélection variétale a été mis en place, dans lequel le Cirad assure l'évaluation technico-économique des filières de production des futurs cultivars. Enfin, des recherches sont conduites pour répondre aux préoccupations environnementales soulevées par cette culture, principalement l'utilisation des tourteaux, résidus toxiques de l'extraction. Ces tourteaux pourraient être valorisés comme engrais organique mais on ignore tout du devenir de ces produits toxiques après enfouissement dans le sol.

PARTENAIRES
Association d'entraide pour le développement rural (Mali), Fondation Tuck, Union européenne, Université de Berne (Suisse), Université de Wageningen (Pays-Bas)

ENSAVOIR+

Domergue M., Pirot R., 2008. Rapport de synthèse bibliographique sur *Jatropha curcas* L. Montpellier, Cirad, 118 p.

Ndong R. et al., 2009. Life cycle assessment of biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: A field study. GCB Bioenergy, 1 : 197-210.

Parcelles expérimentales de pourghère, Mali.
© R. Pirot/Cirad

Une culture délicate

Les résultats actuels concernent la phase d'implantation de la culture dans la zone soudano-sahélienne : la culture doit faire l'objet d'une attention particulière, en utilisant des plants vigoureux, issus de pépinière, mis en place dès les premières pluies dans un sol travaillé avec un peu de matière organique. Les soins apportés à ce moment facilitent l'installation de la plante et la placent dans de bonnes conditions pour affronter la longue saison sèche. Un développement rapide pendant la seconde saison des pluies est propice à une première floraison et à une fructification même modeste. La pleine fructification n'intervient que lorsque l'arbre atteint sa maturité biologique, 4 ou 5 ans après l'implantation.

A ce jour, ce sont environ 500 paysans qui s'intéressent au pourghère dans la région. L'association leur apporte un appui technique et garantit l'achat des graines produites. Si les revenus de la culture sont actuellement modestes, l'espoir est bien réel de disposer demain de variétés à haut potentiel, qui assureront l'autonomie énergétique et le développement de l'économie locale.

Contact > Roland Pirot,
Systèmes de culture annuels

Du carbone végétal à vocation énergétique produit par pyrolyse

Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, l'une des possibilités consiste à utiliser le carbone issu de la biomasse lignocellulosique. Ce carbone est en effet neutre du point de vue de ces émissions. Encore faut-il qu'il soit produit dans des conditions qui n'entraînent pas une dégradation de l'environnement ou des conditions de vie des populations. Les plantations forestières tropicales peuvent répondre à ces exigences. Au Brésil, le Cirad et ses partenaires mènent des travaux sur la biomasse des plantations forestières d'eucalyptus et sa production de carbone par pyrolyse.

Le carbone fossile constitue la principale source d'émissions de gaz à effet de serre. Pour réduire ces émissions, il pourrait être intéressant d'utiliser le carbone « végétal » présent dans la biomasse lignocellulosique, dont il représente 50 % de la masse, en moyenne. Néanmoins, cette biomasse doit respecter certaines exigences. Elle doit être produite de façon durable pour ne pas entraîner de déforestation, atteindre de fortes productivités sans appauvrir les sols et éviter la compétition entre usages alimentaire et non alimentaire dans l'utilisation des terres.

Seuls les plantations forestières tropicales et les résidus agricoles peuvent répondre à ces exigences à court et à moyen termes. Mais ces ressources présentent des contraintes liées à leur forte hétérogénéité et à leur faible densité énergétique, et leur transformation par pyrolyse s'avère nécessaire. Cette transformation, qui correspond à un traitement thermique en l'absence d'oxygène à

partir de 350 °C, permet d'obtenir un carbone végétal dont les propriétés physico-chimiques et mécaniques sont adaptées aux applications industrielles. C'est dans ce contexte que le Cirad et ses partenaires brésiliens mènent des travaux sur les plantations forestières d'eucalyptus, en laboratoire mais aussi à l'échelle industrielle.

Des plantations d'eucalyptus pour produire de l'énergie

Les recherches portent sur les relations entre les caractéristiques des eucalyptus, les paramètres de la pyrolyse, le rendement en carbone végétal et sa qualité. Il s'agit de produire de façon industrielle un carbone végétal

PARTENAIRES
AgroParisTech,
H&R Ingénierie,
Université fédérale
de Lavras (Ufla,
Brésil), Vallourec
& Mannesmann
Florestal (Brésil)

Plantation forestière
d'eucalyptus
de V&M Florestal,
Minas Gerais, Brésil.
© A. Napoli/Cirad

Analyse du taux d'holocellulose d'eucalyptus.
© R. Quinhones/Ufla

qui réponde aux spécifications de ses utilisateurs finaux. Cela passe par une meilleure maîtrise des conditions de pyrolyse, par la prise en compte des caractéristiques initiales des matières premières employées et par une valorisation optimisée des coproduits. L'enjeu est aussi de démontrer la faisabilité d'une bioraffinerie à l'échelle industrielle. Le Brésil, premier producteur de carbone végétal au monde pour son secteur sidérurgique, constitue un modèle d'étude grandeur nature de première importance.

Un pilote industriel continu, nommé Carboval, a été construit en 2008 par la société V&M Florestal, sur la base du procédé qui fonctionne chez H&R Ingénierie, en France. Il intègre toutes les étapes de mise en forme des billons de bois et de séchage jusqu'à la production d'électricité et de chaleur. Les conditions de pyrolyse qui permettent d'atteindre les spécifications requises du carbone végétal pour les hauts fourneaux (granulométrie, carbone fixe) ont été définies, et la phase d'optimisation du procédé est en cours.

De l'échantillon de laboratoire au pilote industriel

Parallèlement, les chercheurs ont analysé, en laboratoire, l'influence de la composition chimique et des propriétés mécaniques des eucalyptus sur le carbone végétal. Les résultats

montrent une variation modérée des taux d'holocellulose, de lignine et d'extractifs, à l'échelle d'un arbre et entre espèces. Les propriétés mécaniques des eucalyptus présentent, en revanche, une variation importante, notamment pour la résistance à la compression longitudinale. Après pyrolyse, ces variations se retrouvent dans le carbone végétal produit. Il est à noter que la résistance à la compression diminue dans un premier temps avec la température et augmente continuellement par la suite aux hautes températures, ce qui laisse supposer un effet de restructuration du réseau carboné au-delà de cette température seuil.

L'intérêt de ces résultats réside dans leur application directe tant pour sélectionner les matières premières que pour contrôler les propriétés du produit. A titre d'exemple, les propriétés granulométriques, chimiques et mécaniques du carbone végétal ont un impact direct sur le fonctionnement et le rendement des hauts fourneaux et sur les émissions de gaz à effet de serre. L'originalité de ces études provient des multiples échelles auxquelles elles sont menées, de l'échantillon de laboratoire au pilote industriel, et cela afin de comprendre les relations entre matière première et produits finaux et de mieux maîtriser les effets d'échelle lors de la pyrolyse.

Contact > Alfredo Napoli, Production et valorisation des bois tropicaux

ENSAVOIRPLUS

Da Silva R., 2009. Propriedade mecanicas da madeira de clones de *Eucalyptus* e do carvão produzido entre 350 °C e 900 °C. Thèse, Université fédérale de Lavras.

Quinhones R. et al., 2009. Assessment of the *Eucalyptus* wood basic density using strength to the perforation of the stem as predictor. In : World forest congress, 18-23 octobre 2009, Buenos Aires, Argentine.

Vieira R.S. et al., 2009. Effect of the mechanical properties of *Eucalyptus maculata* and *Eucalyptus microcorys* on charcoal production. In : World forest congress, 18-23 octobre 2009, Buenos Aires, Argentine.

Gérer durablement la ressource en bois-énergie en Afrique centrale

En Afrique centrale, le bois-énergie représente 80 % de l'ensemble des prélèvements forestiers et assure l'essentiel des besoins en énergie domestique. Ces prélèvements constituent aujourd'hui une cause majeure de dégradation des forêts, en particulier dans les zones périurbaines et les bassins d'approvisionnement des villes. Comment approvisionner durablement les populations urbaines en bois tout en limitant l'impact environnemental de ces prélèvements ? C'est la question à laquelle tente de répondre le projet européen Makala, qui vient de débuter en République démocratique du Congo et durera quatre ans.

La première étape consiste à analyser les flux de bois-énergie et de charbon de bois transportés afin de déterminer l'origine du bois et d'en évaluer les volumes. Ensuite, il s'agira de replanter pour compenser ces prélèvements. Dans les zones de savane, on privilégiera les acacias, une essence appréciée par les populations. Dans les forêts très dégradées, on réinstallera des espèces forestières traditionnelles.

Sur le terrain, toutes les activités passeront par les associations locales, ce qui permettra de travailler sur la sécurisation du foncier, un enjeu crucial pour le développement rural, et de garantir aux paysans un juste bénéfice de leur investissement à long terme. Enfin, de nouvelles méthodes seront testées pour améliorer la transformation du bois en charbon et augmenter le rendement énergétique.

Meule d'acacias destinés à la carbonisation. © R. Peltier/Cirad

PARTENAIRES

Centre for International Forest Research (Cifor), Ecole régionale d'aménagement intégré des forêts tropicales (Eraift, République démocratique du Congo), Faculté des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique), Fondation Hanns Seidel (Allemagne), Ministère de l'Economie forestière (Congo), Ministère de l'Environnement, de la Conservation de la nature et du Tourisme (République démocratique du Congo), Musée royal d'Afrique centrale (Belgique), Université de Kisangani (République démocratique du Congo), Union européenne

Contact > Jean-Noël Marien, Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux

ENSAVOIR+

Bisiaux F., Peltier R., Mulié J.C., 2009. Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux Batéké, Mampou, en République démocratique du Congo. Bois et forêts des tropiques, 301 : 21-32.

Marien J.N., 2009. Forêts périurbaines et bois énergie : quels enjeux pour l'Afrique centrale ? In : Etat des forêts 2008. Comifac, Ofac, p. 213-230.

Produire de l'électricité à partir de la biomasse à Madagascar

La majeure partie de la population rurale malgache ne peut être raccordée au réseau national d'électricité. En revanche, elle dispose de ressources en biomasse qu'il serait possible d'utiliser comme combustible dans des unités décentralisées de production d'électricité. Le projet Bioénergélec, que le Cirad vient de lancer avec ses partenaires malgaches et le soutien de l'Union européenne, a pour ambition d'équiper six communes avec de telles unités.

Balle de riz dans la commune d'Ambohijanahory. © Projet Bioénergélec

Plus de 70 % de la population rurale malgache vit dans l'isolement et son raccordement au réseau électrique national n'est pas envisageable avant longtemps. En revanche, Madagascar dispose d'importantes ressources en biomasse qu'il serait possible d'utiliser comme combustible pour produire de l'électricité en installant des réseaux d'électrification décentralisée. Cette production d'électricité, dix fois moins chère que celle des groupes fonctionnant au gasoil, permettrait de développer des activités économiques en aval, comme le décorticage et le petit artisanat, mais aussi en amont, pour assurer la

gestion de la biomasse, son exploitation et son acheminement jusqu'au site de production.

Cette production requiert cependant un investissement lourd, de l'ordre de 75 000 euros, pour installer les unités de cogénération — centrale à vapeur, chaudière et génératrice — dont la durée de vie est d'environ vingt ans. Elle nécessite aussi un point d'eau proche et une alimentation régulière en biomasse.

Six communes, qui totalisent un peu moins de 30 000 habitants, devraient être équipées avec ce type d'unité dans le cadre du projet Bio-

PARTENAIRES
Agence pour le développement de l'électrification rurale (Ader, Madagascar), Centre national de la recherche appliquée au développement rural (Fofifa, Madagascar), Centre wallon de recherches agronomiques (Cra-W, Belgique), Participation à la gestion de l'environnement (Partage, Madagascar), Union européenne (Facilité énergie-EuropAid)

énergélec. Elles ont été sélectionnées, après une évaluation de leurs disponibilités en biomasse et en eau et une estimation de leurs besoins énergétiques, dans quatre régions : Boeny dans l'ouest, Alaotra-Mangoro dans l'est, la Haute-Matsiaka dans le centre et Anosy dans le sud-est. Le choix a été entériné en septembre 2009 à Antananarivo en présence des autorités régionales et communales concernées. Un appel d'offres international doit permettre de choisir un consortium qui fournira et installera les six unités de cogénération, les cinq réseaux de moyenne et basse tension de distribution d'électricité, les infrastructures et les bâtiments, et qui assurera la formation et le suivi.

Le Cirad est chargé des travaux préliminaires à la mise en place des unités de cogénération, notamment de la conception de leur cadre juridique. Il conduit également une enquête pour déterminer l'impact des actions sur la réduction de la pauvreté et le développement économique local, qui va concerner près de 5 000 ménages.

Contact > Pierre Montagne,
Biens et services des écosystèmes
forestiers tropicaux

www.bioenergelec.eu

Commune de Befeta, Haute-Matsiaka.
© Projet Bioénergélec

Des biocarburants

pour la pêche professionnelle

Depuis les années 1990, les pays du Sud cherchent à s'affranchir des carburants pétroliers dont les prix ne cessent de croître. Le Cirad, qui a déjà acquis un savoir-faire dans l'utilisation des biocarburants dans les moteurs agro-industriels pour l'agriculture et les transports, s'intéresse actuellement à leur usage pour la propulsion des moteurs diesels des navires de pêche. Il vient de lancer une étude sur les possibilités d'adjonction d'huiles végétales pures de qualité semi-artisanale comme combustible dans ces moteurs.

Dans les pays du Sud, il est souvent question de substituer au gazole un carburant élaboré en circuit court. Il s'agit de produire localement des biocarburants d'origine végétale d'une qualité suffisante pour alimenter des moteurs situés à quelques kilomètres du site de production : ce sont les huiles végétales pures. Pour la pêche professionnelle, ces carburants doivent satisfaire aux exigences liées à la sécurité des opérateurs : un navire ne peut souffrir le moindre risque de panne sur l'unité propulsive.

Avant de généraliser dans les pays du Sud l'avitaillement des navires avec des biocarburants de ce type, les études doivent déterminer si les

moteurs alimentés avec des huiles de qualité semi-artisanale peuvent concilier fiabilité et durabilité. C'est l'objet de deux programmes de recherche menés par le Cirad : l'opération Itsasoia, lancée sur la côte ouest de la France avec deux navires de pêche en exercice, et l'étude des possibilités d'alimentation partielle des moteurs modernes de propulsion avec différents types de biocarburants, les huiles d'algues par exemple. Ces travaux concernent des moteurs d'une puissance inférieure à 300 kW, les plus courants dans les pays du Sud, mais aussi les plus faciles à avitailler avec des biocarburants purs tels que les huiles végétales.

Chalutier polyvalent utilisant de l'huile pure de tournesol.
© A. Liennard/Cirad

Si la fiabilité de ce nouveau mode de propulsion est démontrée, il fera l'objet d'une évaluation économique, en tenant compte des quantités de CO₂ évitées. L'étude découple le prix de l'huile carburant des cours mondiaux de l'huile ou des graines ainsi que du prix imprévisible du gazole. Le scénario de l'opération est basé sur une utilisation de 10 à 15 % des récoltes en oléagineux pour fournir de l'énergie aux outils de production et aux navires, l'objectif restant l'autonomie locale ou régionale mais aussi l'emploi.

Ces recherches reposent, pour l'instant, sur les huiles de colza et de tournesol, mais les futures expérimentations au Sud concerneront les huiles de coprah, de coton et de pourghère, et les biocarburants d'origine animale, en particulier les rejets de captures de la pêche. Les travaux passés du Cirad sur la combustion de ces produits constituent un réel atout.

Contact > Alain Liennard,
Biomasse-énergie

Filayer fonctionnant à l'huile de colza. © A. Liennard/Cirad

PARTENAIRES
Affaires maritimes,
Comité national
des pêches maritimes
et des élevages
marins (CNPMM),
Fonds européen pour
la pêche, Institut
français des huiles
végétales pures
(IFHVP), Institut
français de recherche
pour l'exploitation
de la mer (Ifremer),
Ministère
de l'Alimentation,
de l'Agriculture
et de la Pêche

Moustiquaires utilisées
pour protéger les choux,
Bénin.

© T. Martin/Cirad

Dispositifs régionaux

Les crises alimentaires qu'ont connues les populations des pays du Sud, les « émeutes de la faim », ne sont pas strictement liées à des pénuries, mais bien au problème de l'accès des populations aux ressources alimentaires. Le Cirad accompagne les mutations profondes de ce secteur. Il appuie notamment quatre dispositifs régionaux : deux au Cameroun (PCP Grand Sud Cameroun en zone agroforestière, Carbap autour des systèmes à base de banane et de plantain), un en Asie (Malica), plus spécifique des marchés et de l'approvisionnement des villes, et un au Maghreb (RCP Sirma) sur la gestion durable de l'eau. A la Réunion, un pôle régional se consacre à la qualité des productions agricoles et alimentaires.

Comité d'éthique et prospective

Aujourd'hui, les problèmes liés à l'insécurité alimentaire et à la pauvreté touchent tous les pays. C'est sur ce sujet, et sur celui des modèles alimentaires, que s'est penché, pour son premier avis, le Comité consultatif commun d'éthique pour la recherche agronomique Inra-Cirad. Le comité appelle les chercheurs à la vigilance, notamment sur la diversité des

modèles alimentaires et sur les besoins nutritionnels des groupes les plus défavorisés. Il insiste sur la nécessité d'impliquer les acteurs dans les différents stades de déroulement des processus de recherche. Il recommande d'accompagner les projets d'une réflexion sur leurs incidences économiques, écologiques et sur les moyens de réduire les gaspillages. Il appelle, enfin, à une réflexion sur les politiques publiques en matière alimentaire dans tous les projets.

Nourrir la planète dans le cadre d'un développement durable n'est pas impossible. Ce défi nécessite de comprendre et d'anticiper : il requiert un engagement fort de la recherche. A l'occasion de la journée mondiale de l'alimentation, au mois d'octobre 2009, Marion Guillou, présidente de l'Inra, et Gérard Matheron, directeur général du Cirad, ont

présenté et mis en débat lors d'un colloque les résultats de la prospective Agrimonde, outil de réflexion collective sur les enjeux alimentaires et agricoles mondiaux à l'horizon 2050.

Indications géographiques

Les Indications géographiques sont devenues un enjeu mondial. Stratégiques dans le cadre des négociations commerciales, elles prennent un nouveau relief dans le contexte de crise alimentaire. Elles peuvent en effet contribuer à développer l'agriculture vivrière commerciale, à fixer les savoir-faire agricoles et alimentaires, à sécuriser l'alimentation des ruraux, à lutter contre la pauvreté. Développer les Indications géographiques des produits tropicaux et méditerranéens, telle est l'ambition partagée par le Cirad et l'Inao depuis 2003. Afin de dévelop-

per cette collaboration, les deux partenaires ont signé une nouvelle convention en 2009 qui vise notamment à mieux évaluer l'intérêt de la notion d'indication géographique. Eviter le détournement des noms liés à l'histoire et au patrimoine des pays, qu'ils soient développés ou en développement, est désormais l'un des enjeux des négociations internationales. Identifier ces noms et valoriser les atouts de ce patrimoine est devenu un objectif majeur de la coopération avec les pays en développement ou émergents.

Formation

En matière de formation, le Cirad est impliqué dans de nombreux masters en France et à l'étranger concernant l'alimentation, la transformation et la nutrition. Il est particulièrement actif dans les formations d'Ingénieur en industries agroalimentaires des régions chaudes (IAARC) et partenaire de plusieurs masters comme les masters 3A Sciences et technologies et le master Acteurs du développement rural en régions chaudes avec Montpellier SupAgro. Le Cirad est aussi porteur de masters délivrés par l'université de Montpellier 2, comme le parcours « Elevage des pays du Sud : environnement et développement » du master Biologie, géosciences, agroressources, environnement.

Vendeuse de produits laitiers traditionnels, Kazakhstan. © B. Faye/Cirad

Le fonio, redécouverte d'une céréale traditionnelle

Le fonio est la plus ancienne céréale d'Afrique occidentale. Il est cultivé du Sénégal au lac Tchad. Encore récemment, sa transformation artisanale, longue et fastidieuse, condamnait sa culture à brève échéance. Mais aujourd'hui, grâce aux travaux du Cirad et de ses partenaires sur la mécanisation du décortiquage et la modernisation du séchage, le fonio connaît un regain d'intérêt et de nouvelles filières d'exportation se développent autour de produits innovants.

Le fonio (*Digitaria exilis*) est une minuscule céréale d'Afrique de l'Ouest. Sa production totale avoisine les 360 000 tonnes pour 450 000 hectares de surfaces emblavées. Son rendement moyen est de 800 kilos par hectare mais peut atteindre une tonne en Guinée, pays qui assure à lui seul plus de 60 % de la production, et ne dépasse pas les 500 kilos dans certaines zones septentrionales du Burkina Faso et du Mali.

Cette petite plante herbacée, de 30 à 80 centimètres de hauteur, est cultivée sur des terres légères, sableuses ou caillouteuses, et s'accommode de sols pauvres ou de mauvais terrains. Très rustique, elle résiste à la sécheresse et aux fortes pluies. Selon les variétés, le cycle culturel varie de 70 à 150 jours et les variétés à cycle très court permettent des récoltes précoces qui assurent la soudure.

PARTENAIRES
Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (Cirdes, Burkina Faso), Centre wallon de recherches agronomiques (Cra-W, Belgique), Groupe recherches actions formations (Enda-Graf, Sénégal), Institut d'économie rurale (IER, Mali), Institut de recherche agronomique de Guinée (Irag, Guinée), Union européenne, Université de Wageningen (Pays-Bas)

Le fonio, qui a longtemps été considéré comme la céréale du pauvre, connaît un regain d'intérêt en zone urbaine en raison des qualités gustatives et nutritionnelles que lui reconnaissent les consommateurs. Sa composition est comparable à celle du riz blanc. Il est globalement plus pauvre en protéines que les autres céréales mais il est réputé pour ses fortes teneurs en acides aminés soufrés. En Afrique, il est traditionnellement consommé en couscous ou en bouillies et souvent recommandé aux malades, aux personnes souffrant de surpoids et aux femmes enceintes.

Une transformation artisanale longue et fastidieuse

A l'instar du riz, le fonio doit être décortiqué pour enlever les balles puis blanchi pour éliminer le son. Ces opérations, traditionnellement réalisées par les femmes au mortier et au pilon, sont particulièrement fastidieuses du fait de la très petite taille des grains. Pour obtenir un produit de qualité, il faut de plus laver plusieurs fois les grains pour éliminer les matières étrangères, comme le sable et les poussières.

Producteur de fonio au Fouta-Djalon, Guinée.
© J.F. Cruz/Cirad

Champ de fonio, Guinée. © J.F. Cruz/Cirad

Épis de fonio à maturité.
© J.F. Cruz/Cirad

Les nombreuses étapes nécessaires à sa préparation se traduisent par un prix de vente supérieur à celui des autres céréales et ont entraîné une désaffection pour cette culture.

Pour rendre le fonio plus compétitif sur le marché, il est apparu indispensable d'améliorer les techniques de transformation en mécanisant les opérations de post-récolte, notamment le décorticage, et en améliorant la qualité des produits transformés destinés aux marchés urbains et à l'exportation. C'est pour répondre à ces préoccupations que des projets financés par des bailleurs de fonds internationaux ont été réalisés par le Cirad en collaboration avec ses partenaires africains et européens.

Nouvelles techniques de transformation, nouveaux produits

Les premières études techniques ont abouti à la mise au point du décortiqueur-blanchisseur GMBF (Guinée-Mali-Burkina-France), d'une capacité supérieure à 100 kilos par

heure, à l'adaptation d'une batteuse et à la conception de plusieurs équipements de nettoyage. Plus récemment, le projet européen Fonio a permis d'étudier les systèmes de culture et de production, de dresser une typologie des petites entreprises de transformation et d'analyser la demande des consommateurs en nouveaux produits pour les marchés urbains africains et français. Dans le domaine de la technologie, de nouveaux produits, comme le fonio étuvé, ont été élaborés et des séchoirs de conception nouvelle ont été mis au point. A Bamako, ces séchoirs, installés chez des transformatrices, leur permettent de produire du fonio de qualité tout au long de l'année.

Aujourd'hui, beaucoup de ces équipements sont fabriqués localement et leur diffusion devrait permettre d'accroître l'offre en fonio de qualité. Grâce à la mécanisation du décorticage et à la modernisation du séchage, de nouvelles filières d'exportation ont pu se développer. Elles s'appuient sur des entreprises locales de transformation ou sur des ONG. Ces nouvelles filières d'exportation s'adressent à une clientèle soucieuse de diversifier son alimentation et attirée par les labels biologique ou équitable. C'est assurément sur ce créneau que le fonio doit se placer s'il veut conquérir le consommateur européen.

Contact > Jean-François Cruz,
Démarche intégrée pour l'obtention
d'aliments de qualité [Qualisud]

ENSAVOIRPLUS

Cruz J.F. (éd.), 2008. La filière fonio en Afrique de l'Ouest. Conférence, 28 avril 2008, Bamako. Montpellier, Cirad (DVD).

Gigou J. et al., 2009. Fonio millet (*Digitaria exilis*) response to N, P and K fertilizers under varying climatic conditions in West Africa. *Experimental Agriculture*, 45 : 401-415.

Marouzi C. et al., 2008. Designing a fonio mill: screening an operating principle and its validation. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 39 : 9-15.

<http://fonio.cirad.fr/>

<http://inco-fonio.cirad.fr/>

Diffuser de *nouveaux aliments de qualité*, au Vietnam et au Laos

Au Laos et au Vietnam, les citadins plébiscitent de plus en plus les aliments de qualité. Le projet Superchain, qui vient de s'achever, a contribué à satisfaire leur demande en valorisant l'origine, les variétés ou la qualité des productions tout en assurant aux agriculteurs des revenus plus stables voire supérieurs.

Dans la province de Hanoi, les travaux se sont concentrés sur les légumes « sains », le riz gluant Hoa vang de la province de Hai Duong et le bœuf Mong des montagnes de Cao Bang. Au Laos, ils ont porté sur les légumes de la province de Xiengkhuang, produits sans insecticides. Les résultats des études sur la demande des consommateurs et des détaillants, et plus particulièrement sur leurs critères de qualité, ont été diffusés lors de réunions de concertation au sein de chaque filière. Des groupes de producteurs se sont mis en place dont les membres s'engagent à respecter des cahiers des charges relatifs à l'utilisation des produits chimiques, au type de semences ou de races, au mode de fertilisation ou d'alimentation, au traitement des maladies. L'étiquetage et la communication sur la qualité des produits ont été organisés. De nombreux contacts ont été développés entre les producteurs de légumes et les distributeurs de Hanoi. Le projet a montré l'importance de l'information et de la coopération dans les filières pour la mise en œuvre de démarches qualité.

PARTENAIRES

Consortium Malica (Vietnam), Université nationale du Laos, Fonds international de développement agricole (Fida)

Contact >

Paule Moustier, Marchés, organisations, institutions et stratégies d'acteurs [Moisa]

ENSAVOIR+

Moustier P., et al., 2009. The role of farmer organizations in supplying supermarkets with quality food in Vietnam. *Food Policy*, Doi : 10.1016/j.foodpol.2009.08.003.

Moustier P., Dao The Anh, Sacklokham S. (éd.), 2009. Linking small-scale farmers to supermarkets and other quality chains. Final Superchain report, <http://www.malica-asia.org/en/projects/publications/>.

Sac de riz gluant Hoa vang.
© P. Moustier/Cirad

Riz paddy ,
à gauche
et au centre,
et riz blanchi,
à droite.

© C. Poisson/Cirad

L'arôme des riz parfumés de Camargue

Le riz parfumé représente actuellement près de 30 % du marché français du riz. Deux variétés, Basmati et Thaï, importées d'Asie accaparent ce marché et les quelques variétés parfumées sélectionnées pour la région camarguaise peinent à les concurrencer. Mais qu'est-ce qui différencie un riz parfumé des autres riz ? Et quels sont les déterminants de son arôme ?

Plusieurs composés peuvent contribuer à l'arôme des riz. Certains sont formés pendant le stockage, d'autres au cours de la cuisson, notamment à partir de l'oxydation des lipides. Mais un composant particulier, la 2-acétyl-1-pyrroline (2AP), se distingue : il est synthétisé par la plante lors de son développement et confère au riz cuit son arôme typique de popcorn.

L'expression des gènes de biosynthèse de ce composé est fortement influencée par les conditions agro-environnementales sous lesquelles sont cultivés les riz. Les chercheurs du Cirad se sont donc intéressés à la caractérisation fine de la composition aromatique du riz cuit en comparant les variétés parfumées camarguaises aux standards internationaux et à l'effet du stress salin sur la biosynthèse de la 2AP

dans les grains de riz et dans les organes verts.

L'arôme du riz cuit

Globalement, l'arôme d'un riz cuit, évalué par chromatographie en phase gazeuse-olfactométrie ou par calcul des unités d'odeur, se caractérise par la présence de 2AP, d'une part, et d'une soixantaine d'autres composés d'arôme, d'autre part. La plupart de ceux-ci sont issus de la dégradation des lipides, mais certains proviennent de la dégradation des acides cinnamiques. Un riz non parfumé se distingue essentiellement par sa faible teneur en 2AP, toutefois suffisante pour être perçue de manière intense en chromatographie.

La cuisson modifie drastiquement la composition aromatique du riz : elle engendre une augmentation de 25 % du nombre de composés aro-

matiques, mais entraîne des pertes significatives en 2AP, de l'ordre de 70 %, et en aldéhydes, contributeurs essentiels de l'arôme du riz.

Les variétés de Camargue apparaissent plus riches en acide *p*-coumarique et en acide linoléique, précurseurs du 4-vinylphénol et du (*E,E*) et (*E,Z*)-déca-2,4-diène. Ces deux composés volatils ont été détectés en particulier dans les riz cuits de Camargue et semblent contribuer de manière significative à l'arôme de ces riz. Par ailleurs, la variété aromatique camarguaise, Aychade, est équivalente aux standards mondiaux avec une légère spécificité : une forte teneur en 2AP, une composition en composés d'oxydation des lipides assez différente et des notes spécifiques « floral/herbe » et « fruité/fraise » provenant de la γ -heptalactone et d'un composé inconnu.

PARTENAIRES
Centre français du riz, Ecole nationale supérieure de chimie de Montpellier, Institut national de la recherche agronomique (Inra), Office national interprofessionnel des grandes cultures (ONIGC), Région Languedoc-Roussillon, Société Biosens, Université de Montpellier II

Arôme et stress salin

Une nouvelle méthode de dosage de la 2AP, par dilution isotopique stable, a été mise au point. Elle utilise la 2AP deutérée comme étalon interne et la spectrométrie de masse en mode ionisation chimique et tandem comme méthode de quantification. Cela lui confère spécificité, reproductibilité et sensibilité. Cette méthode a ainsi permis de mettre en évidence la présence de la 2AP dans des grains d'une variété non aromatique et de montrer que les feuilles sont les organes les plus riches en 2AP. Elle peut être utilisée en routine pour les études sur la biosynthèse de la 2AP et la comparaison variétale des riz.

Ces études ont mis en évidence que le stress salin provoque une augmentation de la teneur en 2AP des grains et des feuilles, en particulier aux stades de l'initiation paniculaire et de la floraison, de même qu'une augmentation de la concentration en proline, l'un des précurseurs de la 2AP, dans les feuilles. La quantité de 2AP dans les grains augmente lorsque la salinité est élevée avant la floraison. Ce phénomène pourrait résulter du transport de la 2AP produite dans les feuilles des plantes stressées ou de la synthèse de la 2AP dans les grains à partir de la proline accumulée dans les feuilles et transportée vers les grains.

Contacts > Isabelle Maraval, Renaud Boulanger, Christian Mestres, Démarche intégrée pour l'obtention d'aliments de qualité [Qualisud]

ENSAVOIRPLUS

Gay F. et al., 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Camargue (France). Field crops research, 117 (1) : 154-160.

Maraval I. et al., 2008. Odor-active compounds in cooked rice cultivars from Camargue (France) analyzed by GC-O and GC-MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56 : 5291-5298.

Maraval I. et al., 2008. The odor of cooked rice: Identification and origin of odor active compounds. In : 2008 AACCI International annual meeting, Honolulu, 21-24 septembre 2008

Sécurité alimentaire : combiner des outils pour stabiliser les prix

La crise alimentaire de 2007-2008 a remis l'instabilité des prix au cœur des débats. Mais gérer le risque issu de cette instabilité en faisant appel aux marchés à terme et à l'aide alimentaire ne suffit pas.

Une certaine stabilisation des prix est nécessaire et, pour cela, l'intervention de l'Etat est indispensable.

C'est le résultat d'une étude coordonnée par le Cirad, qui va à l'encontre des principes défendus encore récemment par certains économistes.

Grenier africain.
© F. Galtier/Cirad

Depuis la libéralisation des agricultures dans les années 1980 et jusqu'à la crise de 2008, la plupart des économistes pensaient que l'instabilité des prix n'était pas un problème. Il suffisait de permettre aux producteurs, aux commerçants et aux consommateurs de se prémunir contre le risque issu de cette instabilité. Les experts préconisaient des instruments privés de gestion des risques, comme les marchés à terme ou les assurances-récoltes, ou publics, comme l'aide alimentaire ou les mesures de protection destinées aux ménages les plus vulnérables. L'échec a été double. Dans les pays en développement, les instruments privés ne se sont pas développés, tout au moins pour les céréales et les aliments de base. Quant aux instruments publics, fondés sur la gestion des crises alimentaires, ils ne sont pas parvenus à enrayer la dégrada-

tion de la situation nutritionnelle des ménages pauvres.

Des instruments pour contrer l'instabilité

Une étude coordonnée par le Cirad révèle que, non seulement il est nécessaire de stabiliser les prix, mais que cette stabilisation ne peut se faire sans l'intervention des Etats. Elle propose de classer les instruments en quatre catégories, selon leur objectif — stabiliser les prix ou réduire les conséquences de l'instabilité des prix — et selon le type de gouvernance utilisée — par les marchés ou publique. Au cours des 25 dernières années, seuls les instruments visant à réduire les conséquences de l'instabilité étaient considérés comme légitimes. Les chercheurs montrent aujourd'hui qu'il est nécessaire de mobiliser les deux autres catégories

PARTENAIRES
Agence française de développement (AFD), Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement (Iram), Ministère des Affaires étrangères, Natural Resources Institute (NRI, Royaume-Uni), Université de Wageningen (Pays-Bas)

d'outils, qui permettent de stabiliser les prix, soit par une amélioration de la performance des marchés, soit par une intervention publique. Ils assurent, en outre, que ces quatre catégories d'outils ne s'excluent pas et doivent être utilisées de façon complémentaire, en fonction des causes de l'instabilité.

Car c'est là une autre nouveauté : les chercheurs proposent une typologie des causes de l'instabilité. L'instabilité peut être d'origine « naturelle », lorsqu'elle est due, par exemple, aux aléas climatiques ou à l'action de ravageurs. Mais elle peut aussi, dans les pays en développement, être « importée » des marchés internationaux ou bien être « endogène », c'est-à-dire générée par le fonctionnement des marchés eux-mêmes. La crise de 2007-2008 a notamment révélé l'importance des instabilités importée et endogène, qui jusqu'ici étaient peu prises en compte. Ainsi, les experts s'accordent à présent sur le fait que l'instabilité importée devrait augmenter très fortement dans les années à venir, en raison notamment de niveaux de stocks plus faibles qu'au cours des dernières décennies.

il s'agit de contrôler les frontières de manière à compenser l'effet des variations des prix internationaux. Lorsque l'instabilité est d'origine endogène, une intervention publique peut s'avérer nécessaire pour calmer la fièvre spéculative des marchés. Cette intervention peut passer par la réglementation des marchés, le recours au marché international ou encore l'utilisation d'un stock public. Enfin, lorsque l'instabilité des prix a une origine naturelle, la solution consiste à prendre le problème à la racine en modernisant les structures de production et d'échange de biens alimentaires. Cependant, cette modernisation ne peut se produire qu'à long terme. Elle requiert en outre une certaine stabilisation préalable des prix car la modernisation des exploitations agricoles et des marchés repose sur les investissements des producteurs et des commerçants. Or, ceux-ci sont réticents à investir lorsque les prix sont très instables. Cette stabilisation préalable des prix fera donc appel aux instruments à effets rapides comme les stocks publics ou le contrôle des frontières.

Pour être efficaces, les politiques publiques de stabilisation des prix doivent faire preuve à la fois de réalisme, de transparence et de crédibilité. Il s'agit de définir une fourchette de prix suffisamment large et flexible, qui corresponde aux seuils d'intervention de l'Etat. Ces « prix d'intervention » doivent être annoncés, crédibles et respectés faute de quoi l'intervention publique risque d'accroître l'incertitude des opérateurs du marché au lieu de la réduire.

Contact > Franck Galtier, Marchés, organisations, institutions et stratégies d'acteurs (Moisa)

ENSAVOIRPLUS

Bricas N., Daviron B., Galtier F., 2009. Marchés alimentaires : à quelles échelles gérer l'instabilité accrue des prix ? Demeter, 2010 : 11-53.

Galtier F., 2009. La nécessaire intervention publique pour stabiliser les prix. Cirad, Perspectives, n° 2, 4 p. www.cirad.fr/content/download/3827/30905/version/3/file/Perspective2_Galtier_fr.pdf

Galtier F., 2009. Comment gérer l'instabilité des prix alimentaires dans les pays en développement ? Working Paper Moisa n° 4, 28 p. www1.montpellier.inra.fr/bartoli/moisa/bartoli/download/moisa2009.pdf/WP_4_2009.pdf

Sacs de grains. © F. Galtier/Cirad

Des solutions concrètes

Comment est-il alors possible de stabiliser les prix afin de sécuriser les revenus des producteurs et commerçants et de susciter ainsi les investissements nécessaires à la modernisation de la production et des marchés ? Pour les chercheurs, la réponse dépend du type d'instabilité. Si celle-ci est importée des marchés internationaux, l'intervention de l'Etat est indispensable. A l'échelle globale, la stabilisation des prix passe par la régulation des marchés internationaux. A l'échelle nationale ou régionale,

Quel est l'impact environnemental des produits alimentaires ?

La production alimentaire est, de toutes les activités humaines, celle qui a le plus fort impact sur l'environnement. Or elle devra augmenter de 57 % à 100 % d'ici 2050. Le Cirad a décidé de s'investir dans l'étude de l'impact des produits d'origine tropicale selon une procédure internationale : l'analyse de cycle de vie.

Racines de manioc.
© G. Trébuil/Cirad

Comprendre, et si possible quantifier, les effets de nos modes de production et de consommation alimentaires sur l'environnement est devenu indispensable. La France s'est récemment engagée dans un programme d'affichage environnemental de l'ensemble des produits vendus en grandes surfaces. Dans ce cadre, l'évaluation environnementale des aliments, qu'ils soient produits sur le sol français ou importés, doit être réalisée de la façon la plus harmonisée possible.

La méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) est devenue une référence internationale dans ce domaine. Elle fait l'objet d'une norme Iso, qui permet d'évaluer globalement les fonctions nécessaires à l'homme. Ce

cadre conceptuel puissant fait intervenir les notions de fonction, de cycle de vie d'une fonction, d'évaluation multicritère, et permet de rendre visibles d'éventuels transferts de pollution entre deux étapes du cycle de vie d'un produit ou bien entre deux impacts environnementaux. Cependant, sa mise en œuvre pour les systèmes de production agricole et alimentaire est particulièrement complexe, et sa transposition au contexte tropical est encore plus délicate du fait du manque de données sur ces systèmes et des lacunes dans les connaissances fondamentales sur leurs interactions avec l'environnement.

Dans un contexte de pénurie de données et d'extrême variabilité des systèmes, comment définir, concevoir, décrire des systèmes agricoles et alimentaires types, représentatifs à une échelle donnée ? Comment réaliser des inventaires environnementaux fiables ? Comment adapter des modèles de caractérisation des impacts environnementaux aux conditions tropicales ? Quels indicateurs choisir pour des catégories d'impact prépondérantes mais le plus souvent non prises en compte comme la biodiversité, l'usage de l'eau, la qualité des sols, les paysages ? Comment prendre en compte et quantifier l'incertitude

attachée aux résultats d'ACV, en situation de pénurie de données et de mesures ?

Les activités du Cirad sur l'évaluation environnementale globale des aliments, avec le développement de modèles d'analyse de cycle de vie, commencent par les grands produits comme la tomate, les agrumes, le palmier à huile, le riz, les produits animaux, le manioc. Elles concernent l'identification des questions méthodologiques propres aux champs d'application et le montage de projets en partenariat. Tous ces projets ont une dimension pluridisciplinaire ; l'un d'entre eux vise à acquérir des références ACV sur les grandes filières et à développer une base de données pour les produits tropicaux.

Contact >
Claudine
Basset-Mens,
Fonctionnement
agroécologique
et performances
des systèmes
de culture
horticoles

A gauche, légumes
sur un marché.
© F. Le Bellec/Cirad

A droite, drupes
de palmier à huile.
© A. Labeyrie/Cirad

axe 4 **santé animale, maladies émergentes**

Réseaux

pages 47 à 49

Réseaux régionaux

Dans le cadre de sa stratégie géopartenariale, le Cirad consolide ou construit plusieurs réseaux régionaux de compétences associant recherche, formation, appui aux services vétérinaires et aux producteurs.

Expertise internationale

Sur les maladies à vecteurs, les maladies transfrontalières et les maladies à l'interface faune-bétail-homme, le Cirad a acquis une double reconnaissance, sur le plan scientifique et sur sa capacité à gérer de grands projets, en coordonnant le projet Eden (*Emerging diseases in a changing European environment*). Cette reconnaissance lui est précieuse pour convaincre la Commission et les agences de financement d'investir en santé animale et humaine dans les pays du Sud, véritable enjeu pour le contrôle des maladies émergentes. Il s'appuie sur un réseau de recherche reconnu, sollicité pour des expertises par les agences de santé publique européennes et internationales ou pour donner son avis sur les priorités de recherche.

Grippe aviaire

Concernant la grippe aviaire, le projet Gripavi (Écologie et épidémiologie de la grippe aviaire

et de la maladie de Newcastle dans les pays du Sud), financé par le ministère des Affaires étrangères et européennes, intègre et coordonne six observatoires en Afrique et en Asie pour des recherches épidémiologiques, virologiques et écologiques sur les oiseaux sauvages et les volailles domestiques.

Enseignement supérieur

Le Cirad est très impliqué dans l'enseignement supérieur

en épidémiologie et sur les productions animales tropicales. Avec l'université de Montpellier 2 et celle de Kasetsart à Bangkok, le Cirad participe à un master binational en deux années (Maladies infectieuses, vectorielles et alimentaires : évolution, émergence, diffusion et contrôle, Miva), en partenariat avec l'Institut Pasteur ; avec l'école vétérinaire d'Alfort, les universités de Paris 11 et de Paris 12, dans le master Surveillance épidémiologique des maladies humaines et animales, en santé publique ; avec

l'école nationale vétérinaire de Toulouse et l'université de Montpellier 2, dans le master Santé animale et épidémiologie dans les pays du Sud. Avec l'école vétérinaire d'Alfort, il organise le certificat d'études supérieures (Ces) Epidémiologie animale, qui conduit à un diplôme de l'école nationale vétérinaire d'Alfort. A Montpellier, il est impliqué dans deux masters concernant les productions animales en régions chaudes (Montpellier SupAgro, université de Montpellier 2).

Envol de dendrocygnes veufs sur le fleuve Niger. © D. Cornelis

Famille
de phacochères
se désaltérant
dans une mare,
Afrique du Sud.
© F. Jori/Cirad

La peste porcine africaine : une menace pour les élevages du Sud

La peste porcine africaine est une maladie complexe, dont le pouvoir de diffusion est très élevé. Le Cirad, qui étudie depuis plusieurs années son histoire naturelle, a défini des méthodes de surveillance et de contrôle, qui devraient permettre d'anticiper l'introduction du virus en Asie et d'éviter, ou du moins de mieux gérer, une crise sanitaire.

La peste porcine africaine est une maladie majeure des suidés dont les conséquences socio-économiques peuvent être dévastatrices, en particulier pour les économies rurales des pays du Sud. C'est une maladie dont l'histoire naturelle est complexe. Il s'agit en effet de la seule arbovirose à virus à ADN et dont les cycles épidémiologiques sont domestiques et selvatiques. Il n'existe pour le moment ni vaccin ni traitement antiviral qui permettrait de contrôler par des mesures médicales cette maladie, dont le pouvoir de diffusion est très élevé.

La peste porcine africaine est sortie à plusieurs reprises de son berceau d'origine, l'Afrique. A partir des années 1950, plusieurs pays ont été contaminés, en Europe, en Amérique latine et dans la Caraïbe, avec, pour chaque émergence, un contrôle basé sur des méthodes sanitaires, en gé-

ral efficaces. Plus récemment, à partir des années 1990, elle a touché les îles de l'océan Indien (Madagascar et l'île Maurice) puis la région du Caucase et, à partir de 2007, plusieurs territoires russes, se rapprochant ainsi du continent européen mais surtout asiatique, qui héberge une importante population porcine et dont les capacités de gestion des crises sanitaires restent limitées.

La propagation par les produits carnés

La propagation sur de longues distances se fait en général par l'intermédiaire de produits carnés porcins qui hébergent le virus de la peste porcine africaine : eaux grasses, résidus distribués comme aliments aux élevages de porcs, transports illégaux de produits d'origine porcine. La diffusion à l'échelle d'un pays ou

d'une région suit les mouvements et marchés des porcs domestiques. L'endémisation peut avoir lieu dans les populations porcines domestiques et au sein d'un cycle sauvage faisant intervenir des suidés sauvages (phacochères, potamochères, sangliers) et des tiques molles.

Méthodes de surveillance et risques de diffusion

Depuis plusieurs années, le Cirad, en partenariat avec le Collège vétérinaire royal (RCV), au Royaume-Uni, étudie l'histoire naturelle de cette maladie, ses cycles, ses modes de transmission et ses facteurs de risque, entre autres au Sénégal, à Madagascar et en Afrique australe. Les résultats obtenus — identification de déterminants écologiques, épidémiologiques et socio-écono-

PARTENAIRES
Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa), Agronomes et vétérinaires sans frontières (AVSF), Laboratoire de diagnostic vétérinaire de Hanoi (NCVD, Vietnam), Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Organisation mondiale de la santé animale (OIE), Royal Veterinary College (Royaume-Uni), Services nationaux de recherche agricole (Sénégal, Madagascar, Vietnam), Université Eduardo Mondlane (Mozambique), Université de Pretoria (Afrique du Sud)

Changement climatique et maladies animales émergentes

Les maladies transmises par des vecteurs — insectes, tiques, mollusques, rongeurs — sont très sensibles aux changements environnementaux, de même que celles pour lesquelles la faune sauvage est un réservoir, comme les pestes aviaires et la fièvre aphteuse. Le Cirad tente de comprendre les dynamiques épidémiologiques en jeu afin de proposer des moyens de les prévenir, de les surveiller et de les combattre.

C'est dans ce cadre qu'il a coordonné le projet européen Eden, qui va s'achever avec une conférence internationale prévue à Montpellier en mai 2010. Les questions abordées concernaient les conséquences des changements climatiques et environnementaux sur l'émergence des maladies à transmission vectorielle. Les équipes y ont apporté des réponses étayées par des résultats obtenus sur le terrain et en laboratoire. Mais au-delà des résultats spécifiques à chaque maladie étudiée, les scientifiques ont identifié les écosystèmes les plus exposés aux risques d'émergence et étudié les facteurs qui expliquent les phénomènes d'émergence en faisant la part des effets environnementaux, sociaux et économiques. La finalité du projet était bien de proposer aux agences de santé publique, humaine ou vétérinaire, une expertise européenne en la matière, mais aussi des méthodes et des outils qui leur permettent d'améliorer la prévention, la surveillance et le contrôle des épidémies.

C'est aussi dans ce contexte que le Cirad a mis en place ou contribue à plusieurs réseaux de surveillance des maladies émergentes et de leurs vecteurs, tant en France pour les *Culicoides* qu'en Asie du Sud-Est (Grease), dans la Caraïbe (Caribvet), dans le Bassin méditerranéen (réseau euro-méditerranéen de santé animale) et dans l'océan Indien (CRVOI).

Contacts > Dominique Martinez, Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes, Marie-Noël de Visscher, Animal et gestion intégrée des risques

ENSAVOIRPLUS

Eden (Emerging Diseases in a changing European Environment) : www.eden-fp6project.net

CRVOI (Centre de recherche et de veille sur les maladies émergentes dans l'océan Indien) : www.crvoi.org

miques de la maladie, évaluation des risques d'introduction et de diffusion, perception de la maladie par les éleveurs — permettent de mieux définir les stratégies de surveillance et de contrôle en ciblant les populations et écosystèmes à risque. Ils ont aussi, compte tenu de l'évolution de la distribution de la maladie, incité les chercheurs à s'interroger sur les risques de diffusion de la maladie sur une plus grande échelle. C'est ainsi que le risque d'introduction et de diffusion du virus en Chine et en Asie du Sud-Est est désormais considéré comme une menace sérieuse par les agences internationales. Une évaluation du risque par des méthodes probabilistes va donc débiter : il s'agit de préciser les voies possibles d'introduction du virus en Asie à partir d'animaux domestiques et sauvages, comme le sanglier, et d'identifier les modalités de sa diffusion dans les élevages. En dernière instance, ces travaux devraient inciter à renforcer la vigilance à l'égard de cette maladie et fournir, aux pouvoirs publics, des outils d'aide à la décision pour éviter une crise sanitaire ou la gérer.

Le rôle des animaux sauvages

Les suidés sauvages, en particulier les sangliers et les potamochères, ont un rôle écologique et épidémiologique qui peut être déterminant mais qui doit être précisé et intégré dans des

modèles d'émergence et de transmission à diverses échelles, du local à l'international. Leurs distributions, déplacements et comportements feront dans ce cadre l'objet d'études écologiques pour évaluer les risques épidémiologiques liés aux contacts directs ou indirects entre animaux domestiques et sauvages.

L'importance économique et culturelle des suidés et le développement considérable de leur élevage dans certaines régions du monde ne doivent pas faire oublier que de nombreuses maladies strictement animales, comme la peste porcine africaine, ou transmissibles à l'homme, comme la grippe et de nombreuses autres zoonoses, constituent des contraintes majeures pour le développement des pays du Sud. Une concertation régionale et internationale est nécessaire afin de promouvoir des méthodes de surveillance et de contrôle coordonnées par l'intermédiaire de plateformes de recherche. Le Cirad développe ainsi en Asie du Sud-Est le réseau Grease dont l'un des volets s'attache à renforcer les liens et synergies entre des équipes qui abordent les maladies porcines transfrontalières et émergentes. En Afrique australe, il dispose d'une plateforme de recherche, Production et conservation en partenariat (RP-PCP), qui pourra servir à promouvoir de nouvelles études sur le rôle écologique des suidés sauvages.

Contact > François Roger, Animal et gestion intégrée des risques

ENSAVOIRPLUS

Costard S. et al., 2009. African swine fever: how can global spread be prevented? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences*, 364 : 2683-2696.

Etter E., Jori F., 2009. Evaluation of the current epidemiological status of African swine fever in Mauritius: Assessment of risk of endemicity and reintroduction of the disease. *FAO TCP/MAR/3101*.

Jori F., Bastos A.D., 2009. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. *Ecohealth*, 14.

Potamochère mâle, Gabon.
© F. Jori/Cirad

Un réseau de *gestion des risques épidémiologiques* en Asie du Sud-Est

En Asie du Sud-Est, la conjugaison de multiples facteurs écologiques et socio-économiques a favorisé l'extension d'agroécosystèmes propices à l'émergence et à la diffusion des maladies, en particulier la grippe aviaire. Afin de promouvoir une meilleure gestion de ces risques, le Cirad a créé en 2009 un réseau de coopération régionale en partenariat (RCP). Baptisé Grease (Gestion des risques épidémiologiques en Asie du Sud-Est), ce réseau a pour objectif de comprendre les émergences dans cette région en favorisant les échanges universitaires et en catalysant des synergies scientifiques. Il s'agit en effet, pour le Cirad et pour ses partenaires, d'organiser et d'animer la recherche et la formation à l'échelon régional afin de proposer des politiques sanitaires adaptées. En concertation avec les représentations régionales des agences de l'OIE et de la FAO et des autres réseaux existants, plusieurs thématiques seront développées : écologie de la santé,

Buffle, Vietnam. © V. Porphyre/Cirad

méthodes d'évaluation des systèmes de surveillance incluant les aspects socio-économiques, les gripes animales, les maladies émergentes des suidés, le développement d'outils de modélisation issus de la théorie des

graphes et de la sociologie. Ateliers et formations, missions et réunions permettent d'animer ce réseau qui devrait à terme s'étendre des provinces méridionales de la Chine à l'Asie du Sud-Est insulaire.

Contact > François Roger,
Animal et gestion intégrée des risques

ENSAVOIRPLUS

Desquesnes M. et al., 2009. Antibody-Elisa for *Trypanosoma evansi*: application in a serological survey of dairy cattle, Thailand, and validation of a locally produced antigen. *Preventive Veterinary Medicine*, 90 : 233-241.

Paul M. et al., 2009. Anthropogenic factors and the risk of highly pathogenic avian influenza H5N1: prospects from a spatial-based model. *Veterinary Research*, 41 : 28.

Tran A. et al., 2010. Remote sensing and avian influenza: A review of image processing methods for extracting key variables affecting avian influenza virus survival in water from earth observation satellites. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12 : 1-8, Doi : 10.1016/j.jag.2009.09.014.

grease-network.com

Réunion Grease, décembre 2009, Bangkok.

© J. Thanarotewatana

PARTENAIRES

Agence française de développement (AFD), Direction générale de l'alimentation (DGA), Institut national de la recherche agronomique (Inra), Institut Pasteur (Cambodge), Institut de recherche pour le développement (IRD), Laboratoires de diagnostics et de recherches vétérinaires de Hanoi (NCVD, NIVR, Vietnam), Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Organisation mondiale de la santé animale (OIE), Services nationaux de recherche agricole d'Asie du Sud-Est, Université de Hanoi (Vietnam), Université de Hong Kong (Chine), Université de Kasetsart (Thaïlande), Université de Murdoch (Australie), Université du Laos

Caribvet, le réseau caribéen de santé animale

Caribvet, le réseau caribéen de santé animale et santé publique vétérinaire, a été créé à l'initiative du Cirad. Il regroupe les services vétérinaires de 25 pays ou territoires de la Caraïbe, les laboratoires de diagnostic, les instituts de recherche et les organisations régionales et internationales. Ce réseau est reconnu par les ministères de chaque pays membre ainsi que par la communauté du bassin des Caraïbes, la Caricom. Caribvet contribue au renforcement des systèmes de surveillance, en définissant les mala-

dies prioritaires pour la zone et en menant les analyses de risque et les évaluations des systèmes de surveillance nationaux. Il assure la surveillance et le contrôle, notamment de l'influenza aviaire, des tiques et des maladies qu'ils transmettent, de la peste porcine classique, de la fièvre du Nil occidental. Son site Internet permet à ses membres de communiquer et d'échanger des informations et des données. Unique en son genre tant pour la surveillance que pour la recherche, ce dispositif joue un rôle régional

moteur dans le développement scientifique et la coopération dans le domaine sensible des maladies émergentes et zoonotiques, en particulier à l'interface homme-animal.

Contact > Thierry Lefrançois, Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes

ENSAVOIRPLUS

www.caribvet.net

Lefrançois T. et al., 2009. Surveillance of avian influenza in the Caribbean through the Caribbean Animal Health Network, Caribvet. *Avian Disease*, Doi : 10.1637/8787-040109-ResNote.1.

PARTENAIRES

Caribbean Community (Caricom), Fonds de coopération régionale de Guadeloupe, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Ministère des Affaires étrangères, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Organisation mondiale de la santé animale (OIE), Pan American Health Organization (Paho), Région Guadeloupe, Union européenne, United States Department of Agriculture (USDA)

Une « moto-volaille » dans la région de Hanoi, Vietnam. © S. Devaux/Cirad

La *surveillance* des *Culicoides* en France

La surveillance des *Culicoides*, mouches vecteurs du virus de la fièvre catarrhale ovine, répond à une exigence réglementaire européenne. Elle permet de mieux connaître les mécanismes de transmission du virus de la maladie. Dès 2001, le ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche a mandaté le Cirad pour coordonner la surveillance des *Culicoides* en France. Depuis 2009, l'ensemble du territoire est couvert par un réseau de 160 pièges, soit un ou deux pièges par département. Le rythme de piégeage est hebdomadaire ou mensuel selon la période de l'année. Les captures permettent de dresser un inventaire faunistique, de suivre la dynamique des populations et de déterminer les dates de début et de fin d'activité des vecteurs. En 2009, 3 726 captures ont été réali-

Piège lumineux utilisé pour capturer les *Culicoides*. © DDSV36

sées et analysées, ce qui représente 1 036 626 *Culicoides* appartenant à au moins 69 espèces. La reprise d'activité des populations a été obser-

vée très tôt sur la façade atlantique (fin février) et s'est étalée en vagues d'ouest en est jusqu'à la mi-avril pour les départements de l'est. Grâce à la modélisation, les données collectées permettront d'étudier les déterminants environnementaux qui expliquent la répartition spatiale et la dynamique des populations.

Contact > Claire Garros,
Thomas Balenghien, Contrôle des
maladies animales exotiques et
émergentes

PARTENAIRES
Entente
interdépartementale
pour la
démoustication
du littoral
méditerranéen
(EID-Méd), Institut
de parasitologie
et de pathologie
tropicale de
Strasbourg (IPPTS),
Services vétérinaires,
Ministère de
l'Alimentation,
de l'Agriculture
et de la Pêche

ENSAVOIRPLUS

http://bluetongue.cirad.fr/surveillance/surveillance_entomologique

Balenghien T. et al., 2009. *Culicoides* diversity and dynamics in France. In : Caglar S.S. et al., 5th International congress of vector ecology, 11-16 octobre 2009, Antalya, Turquie.

page 52

page 54

page 56

Partenariats

Les politiques publiques peuvent jouer un rôle majeur dans la réduction des inégalités structurelles qui entretiennent la pauvreté. Elles font partie des programmes de recherche qui lient le Cirad à ses partenaires dans trois dispositifs prioritaires : réseau des Forêts du bassin du Congo, PCP Agroforesterie en Amérique latine, réseau Sirma sur la gestion de l'eau au Maghreb.

Appropriation foncière

Les processus d'appropriation foncière qui se multiplient

dans les pays du Sud inquiètent l'opinion publique. Aussi, en association avec les institutions internationales et plusieurs universités et centres de recherche français et étrangers, le Cirad a organisé, à Montpellier en septembre 2009, une « Journée foncier ». Objectif : partager et débattre des informations diffusées par les médias sur ces dynamiques d'investissement et leurs enjeux en termes de développement.

Développement

Nourrir les débats, faire évoluer les idées, aider à la décision, tels sont les principaux objectifs de Perspective, nouvelle publica-

tion de 4-pages synthétiques que lance le Cirad à l'attention des politiques et des décideurs. S'appuyant sur des travaux de recherche, chaque numéro de Perspective présente une idée ou une politique novatrice pour les pays du Sud : sécurité alimentaire, foncier, changement climatique, sécurité énergétique, gestion des forêts, normes, etc. Dans le premier numéro, Alain Karsenty livre son analyse sur les mécanismes de lutte contre la déforestation (« Forêts, changement climatique : ce que le marché (carbone) ne peut faire... »). Dans le deuxième, Franck Galtier apporte des éléments nouveaux d'analyse de la crise alimentaire (« La nécessaire intervention publique pour stabiliser les prix alimentaires dans les pays en développement »).

Eau

Le nouveau Centre international pour l'économie et la gouvernance de l'eau en Afrique, Iwega, a été lancé en mai 2009 par deux universités et un centre de recherche africains ainsi que par l'UMR G-Eau dont le Cirad est tutelle. Objectif : devenir un centre d'excellence pour la recherche et la formation supérieure en Afrique orientale et australe

dans les domaines de l'économie et de la gouvernance de l'eau, avec en ligne de mire des formations diplômantes et professionnelles continues.

Séminaire Sciences Po-Cirad

La gouvernance du développement durable fait l'objet d'un séminaire mensuel organisé par Sciences Po et le Cirad à Paris. Si le concept de développement durable est devenu au cours de ces dernières années un vecteur de transformation de l'activité économique, il semble également constituer un opérateur de changement des pratiques politiques et institutionnelles. En 2009, le séminaire a été consacré à l'étude des « standards » et autres dispositifs de normalisation, visant à la définition et la diffusion de « bonnes pratiques », en particulier dans les secteurs agricole, forestier et agroalimentaire. Comment ces instruments de régulation contribuent-ils à une redéfinition des frontières entre le « public » et le « privé » ; entre le « technique » et le « politique » ; aux changements d'échelle du contrôle démocratique (« national », « international », « transnational ») ; à la redéfinition des rapports Nord-Sud qu'ils entendent porter ?

Réunion d'une organisation paysanne féminine, Madagascar. © E. Penot/Cirad

Nourrir la planète en 2050 : un objectif réalisable selon la prospective Agrimonde

Neuf milliards d'êtres humains à nourrir en 2050, un environnement à protéger, des énergies fossiles à économiser. Quel peut être, dans ce contexte, l'avenir des systèmes agricoles et alimentaires mondiaux ? Et quels sont les enjeux pour la recherche ? C'est à ces questions que tente de répondre la prospective Agrimonde, engagée par le Cirad et l'Inra en 2006. La première phase de réflexion s'est achevée avec la parution d'un rapport dont les conclusions indiquent que nourrir la planète en 2050 est possible suivant diverses modalités et conditions qui interpellent nos choix politiques et scientifiques.

L'Inra et le Cirad ont lancé l'exercice prospectif Agrimonde en 2006 afin d'envisager la place de l'agriculture dans différents scénarios de transformation du monde et d'identifier les questions auxquelles la recherche agronomique sera confrontée dans les prochaines années. Cet exercice doit leur fournir les moyens d'anticiper ces évolutions et de préparer l'avenir en termes de dispositif et d'orientation de la recherche publique, mais aussi de positionnement stratégique international. Sa première phase, qui vient de s'achever, porte sur l'examen de deux scénarios.

Ces deux scénarios retiennent le même horizon temporel, 2050, et les mêmes hypothèses de croissance et de migration des populations humaines, celles des projections moyennes

des Nations unies. En revanche, ils diffèrent quant aux trajectoires d'évolution des systèmes agricoles et alimentaires, trajectoires qui traduisent deux visions contrastées du monde.

Deux scénarios pour l'avenir

Le premier scénario cherche à mettre en application les principes du développement durable par l'intensification écologique de la production et la réduction des inégalités actuelles de consommation : les disponibilités en calories alimentaires augmentent de 25 % dans une région comme l'Afrique subsaharienne alors qu'elles diminuent de 25 % dans les pays développés de l'OCDE. Dans ce scénario, la gestion des écosystèmes et des questions environnementales est proactive.

Dans le second scénario, la grille d'analyse correspond au scénario « *global orchestration* » du Millennium Ecosystem Assessment, où la croissance économique est forte et la réduction de la pauvreté particulièrement importante. Ce scénario se caractérise par une augmentation significative des rendements caloriques par hectare cultivé et par un commerce international sans entrave. Il repose également sur l'hypothèse que les problèmes environnementaux pourront toujours être surmontés une fois qu'ils seront devenus trop aigus : ils ne sont donc pas anticipés et leur gestion est réactive.

Ecolière Hmong, Thaïlande. © G. Trébuil/Cirad

Nourrir la planète, réguler les échanges

Dans les deux cas, sur la base des hypothèses formulées, nourrir la planète en 2050 n'apparaît pas impossible. Toutefois, trois régions — l'Afrique subsaharienne, l'Asie et l'Afrique du Nord-Moyen-Orient — demeureraient globalement déficitaires et le recours aux importations y serait nécessaire. D'où l'importance à accorder à l'organisation et à la régulation des échanges internationaux dans les débats sur la sécurité alimentaire.

Le premier scénario suppose une rupture radicale avec les tendances passées. La disponibilité en calories serait partout de 3 000 kcal par habitant et par jour, avec 2 500 kcal d'origine végétale et 500 kcal d'origine animale. Or aujourd'hui,

cette disponibilité ne dépasse pas 2 500 kcal en Afrique subsaharienne alors qu'elle avoisine 4 000 kcal dans les pays de l'OCDE. Dans cette dernière région, des changements majeurs sont donc envisagés dans la gestion des gaspillages et dans les comportements alimentaires.

L'intensification écologique, un enjeu majeur

Enfin, la prospective s'interroge sur l'évolution des rendements et des surfaces mises en production, ainsi que sur les implications techniques, économiques, sociales et environnementales de ces changements. L'intensification écologique, en exploitant au mieux les processus écologiques, en économisant les énergies fossiles et en associant sur

un même territoire différents systèmes productifs, apparaît comme un enjeu majeur.

Ces analyses ont été largement discutées avec les acteurs impliqués, à l'occasion du Salon international de l'agriculture, à Paris, puis plus largement à Montpellier lors d'un colloque en octobre 2009, ainsi qu'à Rome (FAO), Washington (Ifpri), Montevideo (Procisur), Santiago du Chili (Cepal), Wageningen (CTA), afin de débattre et d'approfondir l'exercice.

Contact > Patrick Caron, Bruno Dorin, Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (Cired)

ENSAVOIRPLUS

Inra, Cirad, 2009. Agrimonde, agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable. Note de synthèse. Paris, Inra, Cirad, 32 p.

PARTENAIRE
Institut national
de la recherche
agronomique (Inra)

Enfant traversant
une rizière.
© P. Dugué/Cirad

Pisciculture de truite arc en ciel en raceways, Bretagne. © J. Aubin/Inra

Etang côtier saumâtre de polyculture poissons et crustacés, Pampanga, Philippines.
© J. Lazard/Cirad

Transport d'alevins de tilapia du Nil, Cameroun. © J. Lazard/Cirad

Evaluer la durabilité des systèmes aquacoles

Le développement durable de l'aquaculture, désormais seule capable de soutenir l'augmentation de la demande en produits aquatiques, soulève un certain nombre de questions. Dans ce secteur, les référentiels et les initiatives de construction d'indicateurs relèvent souvent d'approches déséquilibrées quant aux dimensions du développement durable prises en compte. Ils sont en outre issus d'approches centralisées, d'où les démarches participatives sont généralement absentes.

Cette situation a conduit à une prolifération de normes, de guides et d'indicateurs de développement durable qui sont, pour la plupart,

L'aquaculture a connu ces trente dernières années un taux de croissance annuel moyen supérieur à 10 %.
Mais ce développement n'est pas sans poser un certain nombre de questions quant à sa durabilité. Dans ce secteur, les référentiels et les indicateurs de développement durable sont nombreux mais peu ou pas utilisés car imposés et peu opérationnels.
D'où la nécessité d'élaborer une démarche générique de construction d'indicateurs qui favorise la mise en œuvre et l'appropriation par les acteurs de cette nouvelle façon d'appréhender le développement. C'est l'objet du projet Evad.

considérés comme des injonctions contraignantes ou des recommandations inefficaces et donc peu utilisées. C'est pourquoi il est apparu nécessaire d'élaborer une démarche générique qui favorise la mise en œuvre et l'appropriation du développement durable avec et par les acteurs eux-mêmes.

Comment évaluer le développement durable de l'aquaculture ?

Le projet Evad avait pour objectif de construire un système d'évaluation du développement durable de l'aquaculture qui soit adapté aux conditions locales tout en

étant généralisable et propice à des comparaisons multisites, mais aussi appropriable par les acteurs et donc plus apte à être pérennisé. La démarche adoptée réunit les avantages des approches descendantes, avec les repères communs offerts par la base de référence, et ceux des approches ascendantes, avec les propriétés des démarches participatives qu'elles recouvrent.

Un guide de construction des indicateurs

Six systèmes aquacoles ont été étudiés : en Bretagne, en Méditerranée, aux Philippines, au Cameroun et en Indonésie (deux systèmes dans ce dernier pays). À partir de leur caractérisation, les chercheurs ont établi une grille d'analyse des systèmes aquacoles apte à appréhender la problématique de la durabilité. Par ailleurs, une base de données des référentiels et initiatives d'indicateurs de développement durable existants a été élaborée.

Enfin, un guide a été réalisé, assorti d'une liste générique de principes, critères et indicateurs de développement durable de l'aquaculture. Ce guide, qui constitue une feuille de route proposant des repères comme points de passage obligés, laisse cependant une certaine liberté

d'itinéraires et un large éventail de choix de ces principes, critères et indicateurs. La base générique, quant à elle, ne constitue pas une liste clés en main mais une base de références dans laquelle il convient de sélectionner les principes, critères et indicateurs les plus pertinents en fonction des enjeux, des territoires et des types d'aquaculture.

La méthode de construction proposée distingue plusieurs étapes organisées autour de trois grandes phases qui font alterner des actions réalisées avec les acteurs et d'autres spécifiques aux porteurs de la démarche.

Les diagnostics de durabilité

La base de données issue des sélections réalisées par les acteurs des différents sites comprend 13 principes, 64 critères et 129 indicateurs. Malgré la diversité des systèmes, 10 principes et 25 critères sont communs à quatre terrains sur les six. La proportion d'indicateurs communs est sensiblement inférieure avec seulement 30 indicateurs communs à trois terrains. À partir de cette base de données, des diagnostics de durabilité ont été réalisés pour chacun des sites, d'une part sur la durabilité des exploitations, d'autre part sur la contribution de l'aquaculture à la

PARTENAIRES
Centre d'information, de formation et de recherche pour le développement (Ciford, Cameroun), Comité interprofessionnel des produits de l'aquaculture (Cipa), Directorate General for Aquaculture (DGA, Indonésie), Institut de recherche pour le développement (IRD), Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), Institut national de la recherche agronomique (Inra), Institut technique de l'aviculture et de l'élevage des petits animaux (Itavi), Philippines Council for Aquatic Marine Research and Development (PCAMRD), Pôle de compétence en partenariat Grand Sud Cameroun, Research Center for Aquaculture (RCA, Indonésie), Université de Montpellier I

durabilité des territoires dans lesquels elle s'insère.

La comparaison des profils de durabilité de chaque terrain permet d'établir une typologie en fonction de l'importance relative de leurs atouts et handicaps. Ainsi, la Bretagne est relativement bien placée avec, cependant, un profil différencié des scores selon les différents principes. La Méditerranée et les Philippines se situent à un niveau moyen, sans atouts ni contraintes vraiment marqués. Enfin, le Cameroun et l'Indonésie ont, comme la Bretagne, des profils plus heurtés selon les principes mais se situent à un niveau plus faible de durabilité. Cette plus ou moins grande homogénéité des scores selon les principes doit être prise en compte pour définir des politiques d'accompagnement spécifiques du secteur, sachant qu'il est plus aisé d'intervenir par des incitations ou une sensibilisation en se concentrant sur un nombre réduit de facteurs et, à ce titre, les profils différenciés offrent un avantage comparatif.

Enfin, la mise en œuvre de la méthode de l'analyse de cycle de vie aux terrains étudiés confirme le classement qui ressort de l'approche par les principes, critères et indicateurs et contribue à remettre en cause un paradigme largement répandu en termes de durabilité : la supériorité des systèmes aquacoles de type extensif.

Contact > Jérôme Lazard, Aquaculture et gestion des ressources aquatiques

ENSAVOIRPLUS

Chia E. et al., 2009. Évaluer la durabilité des systèmes et des territoires aquacoles : proposition méthodologique. Cahiers agricoles, 18 : 211-219.

Lazard J. et al., 2009. Diversité des systèmes aquacoles et développement durable : entre structures d'exploitation et représentations. Cahiers agricoles, 18 : 199-210.

Rey-Valette H. et al., 2008. Guide de coconstruction d'indicateurs de développement durable en aquaculture. Cirad, Ifremer, Inra, IRD, Université de Montpellier I, 144 p. (existe aussi en version anglaise)

Construction d'un étang de bas-fond, Cameroun.
© J. Lazard/Cirad

Biens privés, services publics : un compromis nécessaire

Les systèmes de culture sont désormais évalués sur leur capacité à produire mais aussi sur leur aptitude à préserver les ressources naturelles. Les systèmes agroforestiers, qui associent au même moment dans une parcelle plusieurs espèces végétales dont les arbres, peuvent combiner avec succès ces deux fonctions. Ces systèmes, en particulier ceux qui reposent sur des cultures pérennes comme le caféier et le cacaoyer, sont très répandus en Amérique centrale. Nombre de recherches se sont attachées à en améliorer les performances agronomiques. Aujourd'hui, des études, tout aussi foisonnantes, s'intéressent également à évaluer les services environnementaux que ces systèmes fournissent.

La croissance démographique dans des zones où les ressources foncières sont limitées pousse de plus en plus de producteurs à intensifier leur production et les systèmes agroforestiers sont en voie de raréfaction. En Amérique centrale, le principal moteur du développement agricole reste la plus-value dégagée par la production de biens privés, c'est-à-dire de biens issus de la culture principale (café ou cacao), mais aussi des espèces végétales associées (bois, fruits, écorces, feuilles, lianes). Ces systèmes de culture sont encore mal connus et les services environnementaux qu'ils fournissent ne sont pas convenablement quantifiés. Les chercheurs du Cirad ont donc entrepris, depuis 2008, des études sur les deux systèmes agroforestiers les plus représentatifs de la région : ceux à base de caféiers et ceux à base de cacaoyers.

PARTENAIRES
Cabi (Royaume-Uni),
Centre for Ecology
and Hydrology
(CEH,
Royaume-Uni),
Centro Agronomico
Tropical de
Investigacion
y Enseñanza
(Catie, Costa Rica),
Cooperativa Llanobonito
(Costa Rica),
Inaforesta, Incae
(Costa Rica),
Institut national
de la recherche
agronomique
(Inra), Instituto
Costarricense de
Electricidad (ICE),
Montpellier
SupAgro, Natural
Environment
Research
Council (Nerc,
Royaume-Uni),
Promecafe
(Guatemala),
Proyecto Cacao
Centroamérica
(PCC)

Des systèmes à base de caféiers : quantifier la fourniture de services environnementaux

Pour les systèmes agroforestiers à base de caféiers, dans lesquels l'ombrage est géré en fonction du caféier, il s'agit d'intégrer la fourniture de services environnementaux — et les possibles financements qui l'accompagnent — à la gestion du système. Ainsi, dans une petite vallée du Costa Rica dominée par les plantations de caféiers, les chercheurs s'attachent à identifier les marges de progrès dans la production de café, les relations entre les pratiques caféières et l'érosion et, finalement, les compromis ou complémentarités entre production de café, érosion et maintien de la fertilité. Ces recherches s'intègrent dans un ensemble plus vaste de négociation entre acteurs assistée par des modèles informatiques. Elles visent à quantifier les services environnementaux fournis par les caféiculteurs, mais aussi à évaluer dans quelle mesure les utilisateurs de ces services sont prêts à les payer

Système agroforestier à base de cacaoyers, dans la réserve indienne de Talamanca, au Costa Rica. © O. Deheuvels/Cirad

et avec quels dispositifs d'encouragement les agriculteurs sont disposés à les fournir.

Trouver un compromis entre production et services dans les systèmes cacaoyers

Pour les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers, dont la composition botanique et la structure sont plus complexes, les travaux consistent à comparer les compromis existant entre production agricole et services environnementaux dans une gamme de situations très contrastées. Ces travaux devraient permettre d'identifier les facteurs responsables de chaque niveau de compromis observé.

En 2008-2009, un réseau expérimental régional a été mis en place dans cinq pays d'Amérique centrale : Panama, Costa Rica, Nicaragua, Guatemala et Honduras. Une quarantaine de cacaoyères conduites par des producteurs locaux y ont été sélectionnées de manière à maximiser les contrastes : altitude, contexte paysager, situation topographique, structure de la végétation, qualité du sol, intensité des techniques d'entretien et de récolte. Chaque cacaoyère est ensuite caractérisée par sa composition botanique et la structure de sa végétation, et sa production en cacao est évaluée. On quantifie parallèlement les services environnementaux et écologiques qu'elle rend : la capture du carbone par les plantes et la litière ; la biodiversité spécifique et fonctionnelle de groupes animaux et végétaux ; la conservation de la qualité des sols ; l'aptitude à fournir des habitats pour l'herpétofaune et les mouches pollinisatrices du cacaoyer.

L'objectif est d'apporter aux acteurs engagés dans les négociations sur la gestion des ressources naturelles des éléments pour parvenir à un compromis entre fourniture de services environnementaux et production de biens privés dans les systèmes agro-

forestiers. Ces recherches prennent toute leur signification dans une région du monde où les mécanismes d'encouragement à la fourniture de services environnementaux sont très diversifiés.

ENSAVOIRPLUS

Deheuvels O. et al., 2007. Agricultural practices and biodiversity in cocoa production landscapes. In : 2nd International symposium on multi-strata agroforestry systems with perennial crops: making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment, 17-21 septembre 2007, Turrialba, Costa Rica.

Rapidel B., Rounsard O., Navarro M. (éd.), 2009. Modelling agroforestry systems. Workshop proceedings, 25-29 février 2008, Catie, Turrialba, 336 p.

Van Oijen M. et al., 2009. Plot-scale modelling of coffee agroforestry systems in Central America. In : B. Rapidel et al. (éd.), Modelling agroforestry systems. Catie, Turrialba, Costa Rica, 25-28 février 2008.

PCP Amérique centrale : web.catie.ac.cr/pcp/

Projet Cacao Amérique centrale : www.catie.ac.cr/pcc

Inaforesta : worldagroforestry.org/treesandmarkets/inaforesta/

Vallée de Llano Bonito, région de Tarrazú au Costa Rica. C'est la région qui produit le meilleur café du Costa Rica. Les conditions climatiques sont favorables, mais les pentes sont fortes, voire très fortes. Les arbres sont généralement associés au caféier, mais dans des proportions très variables. © B. Rapidel/Cirad

Contact >
Bruno Rapidel,
Fonctionnement
et conduite
des systèmes
de culture
tropicaux et
méditerranéens
(System)

Les amphibiens comme ce dendrobate venimeux (*Dendrobates auratus*) sont d'excellents indicateurs de la qualité d'habitat des agroforêts à base de cacaoyers en Amérique centrale.
© O. Deheuvels/Cirad

Sepia, un projet de modélisation des services hydrologiques

Le projet Sepia, qui vient d'être proposé, a pour objectif de produire des outils de modélisation pour augmenter la fourniture de services hydrologiques. Il devrait permettre d'alimenter les négociations entre les parties prenantes à l'aide d'indicateurs pertinents dans deux bassins-versants : la première négociation concerne la réduction de l'érosion du sol dans une caféière au Costa Rica et la seconde, la diminution de la pollution des eaux de surface par les herbicides dans un vignoble du sud de la France. Plusieurs modèles seront développés dans le cadre de ce projet. Un modèle hydrologique distribué sera construit pour estimer et agréger, à l'échelle d'un bassin-versant, les effets des pratiques culturales sur la réduction de l'érosion et de la pollution par les herbicides. Un modèle biodécisionnel permettra d'étudier les conditions qui incitent les agriculteurs à changer de pratique et à produire plus de services environnementaux. Le projet s'attachera aussi à comparer les différents mécanismes d'incitation à la fourniture de services hydrologiques ainsi que leurs conséquences. Il mettra en pratique les outils développés dans une négociation expérimentale entre des intervenants réels et en évaluera la pertinence.

L'élevage, richesse des pauvres

Les animaux domestiques sont au cœur des dynamiques d'enrichissement du monde rural. Pourtant, les pasteurs et les agroéleveurs du Sud sont parmi les populations les plus vulnérables de la planète. Ils subissent de plein fouet les sécheresses, les crises économiques et les conflits. L'élevage, véritable richesse des pauvres, constitue ainsi un secteur paradoxal. Cet ouvrage montre combien l'élevage joue un rôle central dans la vie des paysans : il fournit des aliments pour la famille, génère des revenus et constitue un moyen d'accumuler du capital. Mais la richesse des éleveurs ne se réduit pas à la quantité d'animaux dont ils disposent. Le cheptel s'inscrit en effet dans des systèmes techniques complexes dans lesquels les risques sont importants. Son rôle dans les relations sociales est en outre crucial. Les éleveurs sont donc amenés à arbitrer entre plusieurs objectifs d'utilisation du troupeau. Pour être efficaces, les politiques d'appui à l'élevage doivent tenir compte de cette complexité stratégique et organisationnelle.

Contact > Bernard Faye,
Systèmes d'élevage et produits animaux

Faye B., Duteurtre G., 2009. L'élevage, richesse des pauvres : stratégies d'éleveurs et organisations sociales face aux risques dans les pays du Sud. Paris, Quae, coll. Update, 288 p.

PARTENAIRES
Banque mondiale,
Fonds international
de développement
agricole (Fida),
International Institute
for Environment and
Development (IIED),
Royaume-Uni,
International Land
Coalition (ILC),
Organisation des
Nations unies pour
l'alimentation et
l'agriculture (FAO)

Les investissements fonciers à grande échelle

Depuis 2008, les projets d'acquisition foncière à grande échelle dans les pays du Sud font la une des médias. A l'origine de ces projets, des Etats ou des entreprises, qui cherchent à contrôler des terres pour maîtriser des filières alimentaires ou énergétiques et qui opèrent le plus souvent dans une certaine opacité. D'où l'inquiétude dans des pays où beaucoup de petits producteurs ne détiennent aucun titre de propriété sur les terres qu'ils cultivent.

L'ampleur et l'orientation de ces projets sont mal connues, les informations disponibles sont insuffisantes et leur impact en termes environnementaux, économiques, sociaux reste à évaluer. La priorité est à présent de produire sur ce phénomène des connaissances scientifiques, qui permettront de mieux cerner sa réalité et ses effets en termes de développement.

Pour faire le point sur les premières études menées et lancer un débat nécessaire sur cette question, le Cirad a organisé, en septembre 2009, une journée de conférences. Elle a réuni de nombreux chercheurs, mais aussi des représentants d'ONG, d'entreprises et d'associations. Les premiers résultats des analyses menées par la Banque mondiale, l'IIED, la FAO et le Fida ont alimenté les débats, de même que les études de cas présentées par les chercheurs du Cirad sur les dynamiques en cours à Madagascar, sur les projets d'appropriation des forêts tropicales et sur les évolutions foncières au Brésil, notamment. D'une manière générale, ces analyses laissent planer des doutes sur les bénéfices réels que les pays du Sud pourraient tirer du phé-

nomène et insistent sur la nécessité d'encadrer précisément ces transactions afin qu'elles se réalisent dans le cadre d'une stratégie de développement agricole parfaitement maîtrisée.

Contact > Perrine Burnod,
Territoires, environnement,
télédétection et information spatiale
(Tetis)

ENSAVOIRPLUS

Les investissements fonciers à grande échelle : Quelles réalités ? Quelles conséquences pour l'agriculture familiale et quels choix de développement ? <http://www.cirad.fr/publications-ressources/science-pour-tous/conferences/journee-foncier/introduction>

Teyssier A., 2009. Encadrer les cessions de terres. Spore, 142.

Panneau de vente d'un terrain, Madagascar.
© A. Teyssier/Cirad

Face au changement climatique : renforcer les capacités locales et nationales

Le changement climatique et les ajustements qu'il implique représentent de nouveaux défis pour les pays du Sud. Pour mettre en œuvre des projets liés à l'atténuation ou à l'adaptation à ce changement, il est souvent indispensable de renforcer les capacités locales, à la fois de conception de ces projets et de négociation dans les instances internationales. Le Cirad, grâce aux formations qu'il dispense, à l'accompagnement qu'il propose et au dialogue qu'il entretient avec les acteurs nationaux et régionaux, peut apporter un appui déterminant dans ce domaine.

Les processus instaurés pour gérer les effets du changement climatique sont souvent complexes. Les projets forestiers du Mécanisme de développement propre (MDP) doivent suivre des méthodologies et un cycle qu'il n'est pas facile de comprendre. De même, les projets d'adaptation au changement climatique peuvent recevoir des financements, mais encore faut-il les connaître pour pouvoir les solliciter en démontrant la valeur de ces projets. Le Cirad organise des formations, en Amérique latine et en Afrique, sur la conception de projets dans le cadre du MDP ; elles sont destinées aux personnels d'organisations non gouvernementales, de ministères, du secteur privé et des

universités et permettent d'accompagner les développeurs de projet dans le cycle du MDP.

À l'échelle nationale, l'élaboration de politiques d'adaptation ou d'atténuation fait appel à des thèmes nouveaux, qui nécessitent souvent une approche intersectorielle et innovante. L'élaboration de plans d'action nationaux est un premier pas important dans la mise en œuvre de projets d'adaptation, mais nécessite une vision des enjeux pour les différents secteurs et régions d'un pays. Les informations disponibles sont souvent insuffisantes pour définir des politiques et en évaluer l'efficacité. Le Cirad apporte des solutions techniques et institutionnelles pour

Forêts et régulation hydrologique. © B. Locatelli/Cirad

Propriété sous paiement pour services environnementaux, Costa Rica. © B. Locatelli/Cirad

identifier des points focaux, élaborer des fiches nationales et décrire les projets. Il est ainsi intervenu en Amérique centrale et en Afrique centrale.

Enfin, les pays doivent élaborer des positions et des argumentations nationales et régionales pour les négociations dans les conventions internationales. Le grand nombre de thèmes négociés simultanément et le manque de négociateurs pour certains pays du Sud posent des problèmes. Des initiatives régionales et des dialogues politique-science peuvent faciliter le processus de préparation de ces négociations.

Contact >
Bruno Locatelli,
Biens et services
des écosystèmes
forestiers
tropicaux

Négociations internationales. © B. Locatelli/Cirad

Escalade d'un baobab de l'espèce *A. grandidieri* au crépuscule afin de suivre la pollinisation des fleurs qui ne vivent qu'une nuit. © L. Lagermette/Mad'arbres

Forêts

pages 62 à 64

Sols

pages 66 à 68

Récolte d'avoine fourragère, Vietnam. © P. Salgado/Cirad

Prasac, partenaire prioritaire

L'extension de l'agriculture engendre des pressions sur l'environnement et des conflits d'intérêts. Les problématiques liées aux relations entre les sociétés et les ressources qu'elles gèrent sont un enjeu international. Elles constituent un axe majeur des recherches et des partenariats du Cirad. Le Pôle régional de recherche appliquée au développement des systèmes agricoles d'Afrique centrale (Prasac) est un partenaire prioritaire du Cirad en Afrique depuis plus de dix ans. En avril à Garoua, au Cameroun, il a tiré le bilan de quatre années consacrées au projet Appui à la recherche régionale pour un développement durable des savanes d'Afrique centrale

(Ardesac) au cours du colloque « Savanes africaines en développement : innover pour durer ». Fort de son expérience sur les savanes, le Prasac est chargé par la Cemac d'élargir ses activités aux six pays qu'elle couvre, et donc à d'autres agrosystèmes : Cameroun, Tchad, République centrafricaine, Congo, Gabon et Guinée équatoriale. Le Cirad l'accompagnera dans ce nouveau mandat.

Biodiversité

Le partage équitable des bénéfices tirés de la biodiversité fait l'objet d'accords internationaux. Ouvrir la réflexion sur les liens entre diversité biologique et culturelle et processus de valorisation des spécialités locales, tel était l'objet du colloque « Localiser les produits :

une voie durable au service de la diversité naturelle et culturelle des Suds ? » organisé par l'Unesco, le Cirad, l'Institut de recherche pour le développement et le Muséum national d'histoire naturelle, en juin, à Paris. C'était aussi le thème choisi par le Cirad pour le premier salon Planète mode d'emploi en septembre, à Paris. Ont été présentés deux exemples de recherche, l'un sur la forêt amazonienne et l'autre sur le Parc régional du W en Afrique de l'Ouest, qui montrent comment concilier conservation de la biodiversité et développement agricole.

Amazonie

Le Cirad et ses chercheurs sont étroitement associés à la mise en œuvre de l'accord bilatéral entre la France et le Brésil sur le développement durable en Amazonie, avec notamment des projets autour de la sylviculture améliorée des forêts naturelles (exploitation à faible impact), afin de ne pas exploiter plus de bois ou d'autres produits que la forêt ne peut en produire. Ils ont acquis une forte expérience dans ce domaine, en particulier en Guyane. L'intégration des composantes forestières dans la gestion des espaces agricoles fait aussi partie des priorités. Les agriculteurs amazoniens ont en effet pour obligation de conserver à l'état de forêt entre

50 et 80 % des terres qui leur sont allouées. Il faut cependant qu'ils y trouvent un intérêt économique. C'est l'objectif du projet Floagri, mené par le Cirad et ses partenaires. L'analyse des interactions dans les zones de front pionnier, entre agricultures et forêts, demeure également parmi les sujets d'étude des chercheurs. Enfin, de façon plus large, le Cirad prend part aux études sur la valorisation des services environnementaux des écosystèmes forestiers.

Enseignement universitaire

Plus de 40 chercheurs du Cirad en poste dans des universités à l'étranger ont la charge d'enseignements. Par exemple, un chercheur du Cirad à l'université de Pretoria coordonne deux modules sur la thématique « Managing natural resources for rural development » du master Agricultural sciences, agroforestry and environmental forestry ; un autre coordonne une discipline du master multidisciplinaire Agroécosystèmes et agroécologie du Centre des sciences agraires de l'université fédérale de Santa Catarina au Brésil ; un troisième assure un cours, « Modelling human ecosystems with agents », au sein du master Applied anthropology for development, de l'Australian National University.

Forêt guyanaise. © L. Blanc/Cirad

Forêt de bas-fond. © L. Blanc/Cirad

Bois cathédrale. © L. Blanc/Cirad

Comprendre le rôle des forêts tropicales humides dans le cycle du carbone

Les forêts jouent un rôle déterminant dans le cycle du carbone.

Pour comprendre leur fonction, notamment leur potentiel d'atténuation du réchauffement climatique, il est essentiel d'évaluer précisément leur capacité de stockage du carbone. C'est l'objectif que se sont fixé les partenaires scientifiques de Guyafor, un réseau de parcelles aménagées pour l'étude de la dynamique forestière installées en Guyane française.

Depuis plusieurs décennies, des dispositifs forestiers permanents, uniques en zones tropicales, ont été installés en Guyane française, comme celui du Bafog sur la commune de Saint-Laurent-du-Maroni et les stations de Paracou et des Nouragues. Récemment, l'ONF, le Cirad et le CNRS ont décidé de fédérer ces dispositifs au sein du réseau Guyafor et de respecter des protocoles communs de suivi de la dynamique forestière, de caractérisation de l'environnement et de gestion des données.

Depuis deux ans, les recherches menées à partir de ce réseau portent sur la quantité de carbone forestier des forêts naturelles et son évolution dans le contexte des changements climatiques. Elles s'intéressent aussi à la dynamique de reconstitution des stocks de carbone dans les forêts exploitées.

Accumuler du carbone en réponse aux perturbations passées

Sur le dispositif de Paracou, les données démographiques acquises depuis 25 ans sur six parcelles de 6,25 hectares montrent que la forêt naturelle se comporte comme un puits de carbone, avec une accumulation de 0,17 à 0,80 tonne par hectare et par an. Ces résultats confirment les conclusions d'études menées dans le Bassin amazonien et dans le bassin du Congo. Cependant, l'interprétation de cette accumulation reste sujette à controverse : est-ce une réponse des forêts aux changements climatiques ou bien une réaction aux perturbations passées ? Selon les premiers résultats, c'est cette seconde hypothèse qui serait la bonne. Les changements de distribution de dia-

mètre des arbres sur les 25 années de suivi sont caractéristiques des forêts en reconstitution. En outre, la mortalité des arbres de gros diamètre a un effet prépondérant dans les bilans de carbone, ce qui indique que la maturité des forêts est un critère fondamental de ces bilans. Enfin, à l'échelle de l'Amazonie (Bassin amazonien et plateau des Guyanes), une étude récente prouve qu'une perturbation climatique comme la sécheresse peut faire chuter le bilan carbone des forêts.

45 ans pour reconstituer le stock de carbone

Un autre résultat majeur de ces études concerne l'évolution du stock de carbone dans les forêts exploitées. L'extraction du bois d'œuvre ou du bois-énergie, si elle fournit des biens et des revenus, participe dans le même temps à l'émission de carbone dans l'atmosphère, accentuant ainsi les effets de la déforestation. Cependant, une forêt exploitée restocke du

carbone lorsqu'elle se régénère, avec l'apparition de nouveaux arbres et la croissance des arbres existants. Tous jours à Paracou, il faut 45 ans pour que la forêt reconstitue son stock de carbone après une exploitation d'environ 30 mètres cubes par hectare. En utilisant des techniques d'exploitation à faible impact, il serait possible de réduire cette durée.

Estimer le carbone des forêts à partir de données aériennes

Au-delà de ces résultats, le réseau Guyafor participe à la mise au point de nouvelles méthodes d'estimation du carbone des forêts à partir de données aériennes. Récemment, il s'est associé au projet Biomass, un ambitieux programme de conception d'un radar à synthèse d'ouverture en bande P (432-438 MHz, longueur d'onde 68 centimètres), qui devrait permettre d'observer la distribution spatiale de la biomasse à l'échelle

PARTENAIRES
Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Institut national de la recherche agronomique (Inra), Université des Antilles et de la Guyane, Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts (Engref), AgroParisTech, Office national des forêts (ONF)

globale. Ce projet est en lice pour devenir le septième satellite de programme scientifique d'observation de la Terre de l'Agence spatiale européenne. Après une validation des techniques de télémétrie radar sur les forêts boréales et tempérées, le réseau Guyafor a été sélectionné pour valider ces techniques en forêts tropicales humides. Une intense campagne de collecte de données aériennes s'est déroulée en août 2009 sur les dispositifs de Paracou et des Nouragues.

Contact > Lilian Blanc, Ecologie des forêts de Guyane (Ecofog)

ENSAVOIRPLUS

Blanc L. et al., 2009. Dynamics of aboveground carbon stocks in a selectively logged tropical forest. *Ecological Applications*, 19 : 1397-1404.

Phillips O.L. et al., 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science*, 323 : 1344-1347.

Rutishauser E. et al., 2009. Above-ground biomass dynamic in a rainforest of eastern South America. *Journal of Vegetation Science*. (sous presse)

La forêt guyanaise : une forêt en reconstitution ? © L. Blanc/Cirad

Groupe forestier d'Afrique centrale.
© D. Louppe/Cirad

Forêt d'Afrique centrale.
© D. Louppe/Cirad

Suivre la *dynamique forestière* en *Afrique centrale*

La réforme des codes forestiers entreprise depuis une dizaine d'années par les Etats d'Afrique centrale a entraîné la mise en place de plans d'aménagement forestier. Mais si les techniques d'exploitation sont aujourd'hui bien maîtrisées, les connaissances sur l'écologie des espèces d'arbres exploitées restent parcellaires. Pour recueillir des informations sur la structure et la dynamique des espèces et des peuplements, avant et après exploitation, il est indispensable d'installer des dispositifs permanents de suivi de la dynamique forestière selon des principes parfaitement établis.

Fort de l'expérience acquise depuis plus de 25 ans tant en Afrique qu'en Asie et en Amérique du Sud, le Cirad a été mandaté par la Commission des forêts d'Afrique centrale (Comifac) pour mettre au point un référentiel scientifique et technique auquel tout acteur souhaitant installer un dispositif permanent en forêt tropicale naturelle puisse se référer. Ce travail a débouché sur la rédaction d'un manuel qui réunit l'ensemble de ces recommandations. Un premier dispositif permanent de 400 hectares a été mis en place selon ces principes dans la réserve forestière de Yoko, près de Kisangani en République démocratique du Congo, dans le cadre du projet de relance de la recherche agronomique et forestière.

Contact > Nicolas Picard, Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux

PARTENAIRES

Commission des forêts d'Afrique centrale (Comifac), Université de Kisangani (République démocratique du Congo)

ENSAVOIRPLUS

Chagneau P., Mortier F., Picard N., 2009. Designing permanent sample plots by using a spatially hierarchical matrix population model. *Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics)*, 58 : 345-367.

Picard N., Gourlet-Fleury S., 2008. Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêt de production dans le bassin du Congo. Yaoundé, Comifac, 265 p.

Picard N. et al., 2010. Permanent sample plots for natural tropical forests: a rationale with special emphasis on Central Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164 (1-4) : 279-295.

Les *forêts* du *bassin* du *Congo*

L'ouvrage *Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2008* fait le point sur l'état des forêts denses humides en Afrique centrale. Il couvre les six pays présentant ce type de forêt : le Gabon, la République du Congo, la République démocratique du Congo, la Guinée équatoriale, le Cameroun et la République centrafricaine. C'est une somme de connaissances rédigée par plus de 80 auteurs. Il apporte en particulier une nouvelle mesure de référence de la déforestation dans le bassin du Congo. Il se divise en trois parties : les synthèses nationales et régionale ; les services environnementaux offerts par la forêt ; les informations sur les paysages, tels que définis par le Partenariat pour les forêts du bassin du Congo (PFBC). Cet ouvrage, édité tous les deux ans, complète la base de connaissances en ligne, régulièrement mise à jour (www.observatoire-comifac.net). Placé sous la tutelle interministérielle de la Commission des forêts d'Afrique centrale (Comifac), il a été diffusé lors de la réunion plénière du Partenariat pour les forêts du bassin du Congo, les 11 et 12 novembre 2009 à Yaoundé. Publié en français et en anglais, il est librement accessible en ligne dans les deux langues. C'est un produit de l'Observatoire des forêts d'Afrique centrale (Ofac), mis en place par le projet européen Foraf basé à Kinshasa, un projet animé par un consortium dirigé par le Cirad.

Contact > Carlos de Wasseige, Alain Billand, Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux

PARTENAIRES

Center for International Forestry Research (Cifor), Forêts Ressources Management (FRM), Joint Research Center (JRC, Union européenne), Université catholique de Louvain (Belgique)

ENSAVOIR+

De Wasseige C. et al., 2009. *Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2008*. Office des publications officielles des Communautés européennes, 425 p.

<http://www.observatoire-comifac.net/edf2008.php>

Assurer la gestion durable des baobabs à Madagascar

Les baobabs, arbres emblématiques de Madagascar, sont depuis quelques décennies menacés. Les écosystèmes qui les abritent se transforment sous l'effet conjugué des activités humaines et des changements climatiques, et la question de leur régénération se pose. Le Cirad et ses partenaires réalisent un vaste programme de recherches qui vise à jeter les bases d'une gestion durable de ces écosystèmes.

Collecte de fibres de baobab pour la construction de cases d'habitation, dans la région de Morombe. © C. Cornu/Cirad

Madagascar abrite sept des huit espèces de baobab connues, et six d'entre elles y sont endémiques. Ces arbres aux fonctions multiples fournissent produits et services aux populations, mais possèdent également une dimension sociale, culturelle et paysagère. L'évolution de leurs écosystèmes semble les affecter et fait peser des risques sur leur régénération.

Le Cirad mène, avec ses partenaires malgaches et européens, un programme de recherche pluridisciplinaire, qui vise à répondre

à trois grandes questions : comment se structure la diversité du genre *Adansonia* et quelle est sa distribution spatiale ? comment les espèces fonctionnent-elles dans leurs écosystèmes ? quelles sont les relations entre baobabs et société ? Trois exemples illustrent la diversité et la complémentarité des travaux engagés.

Des recherches fondées sur l'utilisation de marqueurs cytoplasmiques et nucléaires sont menées pour comprendre la structuration génétique des populations de baobabs.

Fleur
d'*Adansonia
grandidieri*
(floraison
entre mai
et juillet).
© C. Cornu/Cirad

babs. Elles ont mis en évidence un phénomène d'introgression entre trois espèces. Ce processus naturel d'hybridation interspécifique produit des individus qui, bien qu'appartenant à une espèce, ont intégré des parties de génome de l'autre. Ce serait, pour les baobabs, un moyen d'adaptation aux modifications rapides de leur environnement. Cette découverte pose de nombreuses questions quant aux mécanismes biologiques impliqués et aux effets adaptatifs de ces échanges génétiques.

La distribution spatiale des peuplements de baobabs est étudiée par photo-interprétation d'images satellitaires à très haute résolution spatiale. Les premiers résultats validés sur le terrain sont prometteurs. Ainsi, pour l'espèce *Adansonia grandidieri*, plus d'un million d'arbres ont été localisés. La méthode va être adaptée pour cartographier les peuplements des six autres espèces présentes sur l'île.

A l'échelle locale, une étude de la célèbre Allée des baobabs de Morondava a montré la nécessité de comprendre les relations qu'entretiennent les populations avec les baobabs, pour proposer des modalités de gestion et de conservation viables. Pour préserver le site et le valoriser d'un point de vue écotouristique, le gouvernement y a interdit la culture du riz sans offrir de compensations adaptées aux agriculteurs. Cette étude a montré que le baobab était intégré à un système agroforestier élaboré et qu'il était ainsi protégé par les populations.

PARTENAIRES

Centre national de la recherche appliquée au développement rural (Fofifa, Madagascar), Université d'Antananarivo (Madagascar)

ENSAVOIR+

Corduant S., Cornu C., Danthu P., 2010. Baobabs entre ciel et terre. Montpellier, Cirad, film, 33 min.

Leong Pock Tsy J.M. et al., 2009. Chloroplast DNA phylogeography reveals the centre of origin of the African baobab, *Adansonia digitata* L. (Bombacoideae, Malvaceae). Molecular Ecology, 18 : 1707-1715.

Marie C.N. et al., 2009. Taking into account local practices and indigenous knowledge in an emergency conservation context in Madagascar: obvious facts and contradictions. Biological Conservation, 118 : 2759-2777.

Contacts >

Pascal Danthu, Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux, Cyrille Cornu, Territoires, environnement, télédétection et information spatiale (Tetis)

Les imogolites, des nanoparticules naturelles qui piègent le nickel

Le recyclage des déchets en agriculture peut s'avérer rentable, mais il peut aussi entraîner une contamination du milieu par des éléments traces métalliques. A la Réunion, les sols volcaniques présentent déjà de fortes teneurs en éléments de ce type et ne peuvent donc faire l'objet d'épandages selon la réglementation en vigueur. Mais ils renferment aussi des imogolites, des nanoparticules naturelles. Une équipe du Cirad vient de montrer que ces particules étaient capables de piéger une bonne partie du nickel présent dans ces sols et le rendre ainsi inoffensif.

Structure et cliché en microscopie électronique en transmission d'imogolites. © A. Thill/CEA-CNRS, E. Larquet/CNRS, C. Levard/CNRS

Le recyclage des déchets en agriculture peut s'avérer très rentable sur le plan économique et agronomique. Son impact sur l'environnement est cependant problématique car ce recyclage peut entraîner une contamination du milieu. Parmi les polluants incriminés, les éléments traces métalliques, tels que le cadmium, le mercure et le nickel, sont particulièrement toxiques pour les animaux et végétaux.

En France, par exemple, l'épandage agricole des boues d'épuration bénéficie d'un cadre réglementaire rigoureux, qui l'interdit dans le cas de boues d'épuration trop chargées ou sur des sols déjà riches. A la Réunion, les sols situés sur des matériaux volcaniques présentent souvent des

teneurs en nickel, en chrome et en cuivre supérieures aux valeurs réglementaires. L'épandage des boues ne peut donc y être autorisé sans obtenir une dérogation.

Le devenir des éléments traces métalliques dans les sols

Des études sur la teneur en éléments traces métalliques des déchets, des végétaux et des sols ont été réalisées, mais il convient aussi de suivre la dynamique de ces éléments à la suite de l'apport de déchets afin d'éviter une contamination de la ressource en eau ou de la chaîne alimentaire et de préciser les modalités d'évolution de la forme chimique sous laquelle se trouvent ces éléments.

Localisation du nickel au sein des lacunes des imogolites.
© C. Levard/CNRS

Pour aborder ces différents aspects du problème, le Cirad mène depuis 2002 un ensemble de travaux, en champ et au laboratoire, avec ses partenaires réunionnais.

À la Réunion, l'altération de certains matériaux volcaniques conduit à la formation des andosols, qui, pour la plupart, présentent naturellement de fortes teneurs en éléments traces métalliques. Ces sols renferment aussi des particules uniques : les imogolites, des minéraux constitués d'aluminium et de silicium qui forment des tubes de plusieurs centaines

Andosol perhydraté de Sainte-Rose, sur la côte est de la Réunion. © E. Doelsch/Cirad

PARTENAIRES
Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement (Cerege), Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Chambre d'agriculture de la Réunion, Commissariat à l'énergie atomique (CEA), Direction régionale de l'environnement de la Réunion (Diren), European Synchrotron Radiation Facility, Institut de recherche pour le développement (IRD), Région Réunion, Union européenne, Université de la Réunion, Université Paul Cézanne

de nanomètres pour un diamètre de 2,2 nanomètres. À ce titre, elles peuvent donc être considérées comme des nanoparticules naturelles. Pour comprendre l'éventuelle interaction entre les imogolites et les éléments traces métalliques, en particulier le nickel, une équipe du Cirad a mené des travaux de synthèse en laboratoire et des études d'échantillons prélevés sur le terrain.

82 % du nickel du sol séquestré par les imogolites

Que ce soit dans les expérimentations de synthèse d'imogolites et d'immersion dans des solutions riches en nickel ou dans les échantillons naturels d'andosol réunionnais, le nickel est lié chimiquement aux imogolites. Le nickel, qui est entouré par six atomes d'aluminium, se trouve séquestré au sein de la structure des imogolites. D'un point de vue quantitatif, 82 % du nickel présent dans le sol est ainsi piégé par ces nanoparticules naturelles, 10 % du nickel est encore présent sous la forme de minéraux primaires, c'est-à-dire qui n'ont pas encore été altérés, et moins de 1 % se trouve sous la forme dite échangeable. Cette dernière correspond à la forme chimique du nickel potentiellement la plus mobile ou la plus biodisponible, celle qui est réellement toxique pour les végétaux et les animaux.

Ces résultats permettent d'expliquer les mobilité et biodisponibilité très faibles du nickel qui ont été observées sur le terrain. Ils ouvrent aussi de nouvelles perspectives de valorisation des boues d'épuration à la Réunion, surtout dans le contexte actuel de forte augmentation du coût des engrais.

Contact > Emmanuel Doelsch,
Risque environnemental lié au recyclage

ENSAVOIRPLUS

Levard C. et al., 2009. Role of natural nanoparticles on the behaviour of Ni in andosols of la Réunion. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73 : 4750-4760.

Levard C. et al., 2009. Synthesis of imogolite fibers from decimolar concentration at low temperature and ambient pressure: a promising route for inexpensive nanotubes. *Journal of American Chemical Society*, 131 : 17080-17081.

Maillet P. et al., 2010. Evidence of double-walled Al-Ge imogolite-like nanotubes: A cryo-TEM and SAXS investigation. *Journal of American Chemical Society*, 132 : 1208-1209.

Cambisol andique des Colimaçons, sur la côte ouest de la Réunion. © E. Doelsch/Cirad

Maîtriser les risques de pollutions par les nitrates à la Réunion

A la Réunion, la production de déchets organiques d'origine agro-industrielle et urbaine va s'accélérer dans les prochaines années, alors que l'urbanisation freine l'expansion des surfaces agricoles. Dans ces conditions, comment accroître et optimiser le recyclage des déchets organiques tout en préservant les sols et les eaux souterraines des pollutions par les nitrates ?

Les sols volcaniques réunionnais, Andosols, podzols et nitisols, présentent des propriétés physiques et biogéochimiques atypiques : fortes teneurs en matières organiques, complexes organo-minéraux originaux, capacité de rétention anionique... Dans ces sols tropicaux, la transformation des matières organiques et l'interaction entre rétention et lixiviation des anions, notamment des nitrates, sont des phénomènes encore mal connus ; ils déterminent pourtant les possibilités d'y recycler les déchets organiques agro-industriels et urbains. Une équipe du Cirad a donc entrepris une série d'études sur le devenir des nitrates dans ces sols.

Dans la station des Colimaçons, une parcelle a été équipée pour suivre les flux d'eau et de nitrates jusqu'à 2 mètres de profondeur. Après des apports de lisiers, les flux de nitrates sont très ralentis par rapport aux flux d'eau, essentiellement du fait de la capacité de ce sol andique à retenir les anions. Les sols andiques retiennent donc bien les nitrates et il est possible de gérer ce stock sur plusieurs cycles de culture, afin de limiter les risques de lixiviation et d'optimiser l'apport d'engrais organiques ou minéraux.

Pour généraliser ce résultat aux multiples situations agropédocli-

matiques de l'ouest de la Réunion, les chercheurs ont recensé et analysé les cartes et données pédologiques existantes, qui se sont révélées peu utilisables. Ils ont donc été amenés à réaliser une nouvelle prospection pédologique dans cette région de 428 kilomètres carrés, près du cinquième de la surface de l'île. Cette prospection a porté, en particulier, sur les propriétés des sols qui influencent les transferts de nitrates : capacité de rétention des nitrates par

les différents types de sol, mesures hydrodynamiques...

Toutes ces données ont permis de dresser une carte thématique de la vulnérabilité de l'aquifère aux pollutions transitant par le sol. Il apparaît que certains territoires sont beaucoup plus sensibles que d'autres aux risques de transfert des nitrates, et il conviendrait d'y améliorer en priorité les pratiques agricoles pour bénéficier de la capacité du sol à retenir ces nitrates sur plusieurs rotations de culture.

PARTENAIRES
Direction régionale de l'environnement de la Réunion (Diren), Ministère de l'Outre-mer, Université de la Réunion, Région Réunion, Union européenne

ENSAVOIRPLUS

Feder F., Bourgeon G., 2009. Mise à jour de la carte des sols de l'île de la Réunion : démarche suivie et problèmes rencontrés. *Etude et gestion des sols*, 16 : 85-99.

Feder F., Robin J.G., Bourgeon G., 2008. Cartographie de la vulnérabilité des aquifères de l'ouest de l'île de la Réunion au transfert de polluants / Cartography of groundwater vulnerability to pollutants transfer in Western part of La Reunion Island. In : IWRA, 13^e Congrès mondial de l'eau, Montpellier, 1-4 septembre 2008.

Payet N. et al., 2009. Modelling the fate of nitrogen following pig slurry application on a tropical cropped acid soil on the island of Reunion (France). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134 : 218-233.

Contact >
Frédéric Feder, Risque environnemental lié au recyclage

La nouvelle carte des sols de l'ouest de la Réunion (en haut) a été utilisée pour construire une carte de la vulnérabilité aux transferts de nitrates (en bas).

Carte des sols

Carte de la vulnérabilité

Invasions de criquets à Madagascar : prévoir les risques pour mieux les gérer

A Madagascar, le criquet migrateur est un véritable fléau pour les cultures. La dernière invasion, en 1997-2000, n'a pu être maîtrisée qu'au prix de traitements insecticides hautement toxiques sur plus de 4 millions d'hectares. Pourtant, les causes de ces pullulations sont connues et des stratégies de prévention existent. Le Cirad a mis au point un outil pour diagnostiquer ce risque, qui associe système d'information géographique, données météorologiques et informations sur les populations de criquets.

Dans les invasions de criquets migrateurs, la pluviométrie est le facteur clé. A Madagascar, lorsqu'une zone reçoit de 50 à 150 millimètres de pluie par mois, et ce durant trois mois, le risque devient important. Les criquets peuvent alors pulluler et passer de la phase solitaire, inoffensive, à la phase grégaire, dangereuse.

Le Cirad a conçu un outil d'aide à la décision pour gérer ce risque. Il comprend un système d'information géographique, qui permet, en temps réel, de localiser, au sein de l'aire d'origine des invasions (l'extrême sud malgache), les zones à haute probabilité de pullulation. Le diagnostic du risque est établi en croisant trois types d'information : la répartition spatiale des biotopes favorables, les pluies et les densités de criquets.

PARTENAIRES
Centre national antiacridien (CNA, Madagascar), Centre national de la recherche appliquée au développement rural (Fofifa, Madagascar), Institut géographique national (Madagascar), Maison de la télédétection de Montpellier, Université de Tuléar (Madagascar), Banque africaine pour le développement

Accouplement de criquets migrateurs durant la phase grégaire.
© J.F. Duranton/Cirad

Essaims de criquets migrateurs, Madagascar. © M. Lecoq/Cirad

Dans un premier temps, les biotopes du criquet migrateur ont été cartographiés, à partir d'images satellitaires Landsat, sur une surface d'environ 185 000 kilomètres carrés, qui correspond à l'aire grégarigène. Une quarantaine de biotopes ont ainsi été identifiés selon le couvert végétal et l'hygrotophie, puis leur potentiel écologique a été évalué.

Les données pluviométriques sont recueillies grâce à un réseau de 135 postes, et les informations sur les criquets sont collectées par les prospecteurs du Centre national antiacridien malgache sur plusieurs centaines de stations. Ces informations sont transmises, chaque décade, à la section de surveillance, située à Betioky-Sud, au sein de l'aire grégarigène. Elles alimentent une base de données relationnelles géoréférencées. En croisant ces trois types d'information, on obtient un diagnostic de la situation acridienne, dont le degré de fiabilité est évalué

par des méthodes d'interpolation géostatistiques.

On peut ainsi, chaque mois, produire des cartes de risque acridien, associées à une estimation de l'incertitude sur ce risque, et affiner l'évaluation du risque de pullulation en confrontant ces informations avec celles des mois précédents.

Après la formation des utilisateurs à cet outil et la réalisation d'un guide, les premières cartes ont été éditées fin 2009. Ce système devrait permettre au Centre antiacridien malgache de mettre en place une lutte préventive plus efficace contre les risques d'invasion du criquet migrateur.

Contact > Michel Lecoq, Ecologie et maîtrise des populations d'acridiens

ENSAVOIRPLUS

Duranton J.F. et al., 2009. Manuel de lutte préventive antiacridienne à Madagascar à l'usage des prospecteurs. Montpellier, Cirad, 307 p.

Economie d'eau en systèmes irrigués au Maghreb

Au Maghreb, l'eau se fait rare. Au cours des trente dernières années, la pluviométrie a chuté de 20 à 30 % selon les localités. L'agriculture irriguée y est très répandue, en particulier la technique de gravitation, grande consommatrice d'eau. A terme, un changement dans ces pratiques est inévitable. Mais comment économiser l'eau ? Et dans quelles conditions opérer ce changement pour les petites exploitations familiales ? C'est sur ces deux questions que le Cirad et ses partenaires ont travaillé, en étroite collaboration avec les acteurs locaux.

Canal d'irrigation, Tunisie.
© B. Molle

L'agriculture irriguée, qui prélève plus de 70 % des volumes d'eau, est omniprésente au Maghreb. Qui plus est, l'irrigation s'y fait habituellement par gravitation, une technique qui demande beaucoup d'eau. Dans le cadre du projet Sirma, qui s'est déroulé de 2004 à 2009, le Cirad et ses partenaires ont tenté de préciser les conditions d'un changement de pratiques selon une démarche fondée sur l'observation et la participation.

Une démarche fondée sur l'observation

Les chercheurs ont suivi une démarche d'accompagnement de groupes d'agriculteurs familiaux intéressés par l'installation de systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte. Pour cela, ils ont observé les structures déjà fonctionnelles parmi les groupes d'agriculteurs et ont incité ces derniers à prendre modèle sur celles-ci. Dans le Tadla, au Maroc, ils ont notamment constaté que les organisations professionnelles de collecte du lait étaient à l'origine de l'amélioration de la productivité laitière. Elles participent également à l'identification et au financement de projets sociaux et contribuent ainsi à l'amélioration des conditions de vie des communautés. Dans les grands périmètres irrigués, de telles structures locales pour la gestion de l'eau ont plus de mal à se mettre en place. Les scien-

tifiques ont donc analysé, avec les agriculteurs, la structuration actuelle autour du lait et son extension possible à la gestion de l'eau.

Les contrats de réglementation des pompages

Les contrats de réglementation des pompages ont constitué un autre axe majeur de travail. Dans la Mitidja, en Algérie, les paysans tirent, en effet, de plus en plus l'eau des nappes souterraines car elle est en pratique librement accessible par chacun. Cependant, comme il n'y a pas de coordination des usages, l'eau y est prélevée sans souci de l'état de la ressource. Comment coordonner les pompages ? Pour répondre à cette question, chercheurs et paysans ont discuté de la représentation que se font ces derniers de cette ressource cachée et de son fonctionnement. Des modes de coordination possibles autour de forages communs ou de façon individuelle ont été envisagés. Du côté de l'Etat, la réglementation, qui prévoit essentiellement des interdictions, fait foi. Mais elle n'est pas appliquée. L'avenir agricole de la région repose sans doute sur la conjugaison intelligente des deux ressources en eau disponibles : l'eau de la nappe apporte une souplesse considérable pour l'irrigation et compense les rigidités inhérentes au réseau public d'irrigation ; l'eau du réseau permet de soulager la pression sur la nappe afin de préserver l'eau souterraine pour les générations futures.

Les périmètres irrigués collectifs

Enfin, le fonctionnement des périmètres publics irrigués collectifs, aux performances bien inférieures à celles des exploitations privées, demeure une préoccupation pour les décideurs. Dans les oasis du Sud tunisien, par exemple, les chercheurs ont mis en œuvre une approche mul-

tidisciplinaire permettant de révéler les contraintes techniques, mais aussi la perception des agriculteurs et les contraintes sociales et organisationnelles auxquelles ils sont confrontés. Les résultats ont ouvert la voie à une démarche d'accompagnement vers la résolution des problèmes rencontrés.

Ces avancées ont été réalisées grâce à la mise en place de réseaux interconnectés, qui regroupent des établissements d'enseignement supérieur, des organisations paysannes, des institutions de recherche, des bureaux d'études. Le défi est désormais de pérenniser la cohérence de l'ensemble, en assurant une animation scientifique et technique sur la durée. Dans cette optique, un réseau de compétences en partenariat sur l'eau au Maghreb vient d'être créé. Il permettra de soutenir de jeunes équipes de recherche dans plusieurs pays et de concrétiser les projets régionaux de formation sur la gestion de l'eau, comme les cotutelles pour les thèses de doctorat, les programmes de master, les stages et la formation professionnelle.

Contact > Marcel Kuper,
Gestion de l'eau, acteurs et usages
(G-eau)

ENSAVOIRPLUS

Imache A. et al., 2009. Scénariologie participative : une démarche d'apprentissage social pour appréhender l'avenir de l'agriculture irriguée dans la Mitidja (Algérie). Cahiers agricoles, 18 : 417-423. Doi : 10.1684/agr.2009.0324.

Kuper M. et al., 2009. Autonomie et dépendance des irrigants en grande hydraulique : observations de l'action organisée au Maroc et en Algérie. Natures, sciences, sociétés, 17 : 248-256. Doi : 10.1051/nss/2009039.

Kuper M. et al., 2009. Supporting the shift from state water to community water: Lessons from a social learning approach to designing joint irrigation projects in Morocco. Ecology and Society, 14 : 19. www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art19/.

www.eau-sirma.net

PARTENAIRES

Ecole nationale d'agriculture de Meknès (Maroc), Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Maroc), Institut agronomique méditerranéen (IAM), Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (Cemagref), Institut de recherche pour le développement (IRD), Institut national agronomique de Tunisie (Inat), Institut national de la recherche agronomique d'Algérie (Inraa), Institut national de recherche en génie rural, eaux et forêts (Inrgref, Tunisie)

L'irrigation gravitaire est omniprésente au Maghreb. © B. Molle

Les indicateurs

Conformément aux engagements pris envers ses tutelles, le Cirad poursuit la mise en œuvre de son contrat d'objectifs qui décline sa stratégie sur la période 2008-2011. Quatre grands domaines d'actions le guident : l'ambition d'une science partagée en réponse aux défis du Sud, une production scientifique diversifiée et de qualité, une recherche agronomique nationale ouverte sur l'Europe et le reste du monde, une organisation et des moyens ajustés aux nouveaux défis.

L'ambition d'une science partagée en réponse aux défis du Sud

Répartition des publications du Cirad par axes stratégiques (Agritrop)
[Articles de revues à comité de lecture avec ou sans facteur d'impact]

Le Cirad a fait le choix de s'orienter vers un partenariat équilibré et durable avec ses partenaires scientifiques du Sud. En témoignent la part des copublications avec le Sud dans l'ensemble des copublications (approchant les 50 %) et la croissance régulière du taux de copublications du Cirad avec des institutions du Sud entre 2005 et 2009 (de 41,80 % à 48,70 %), les données partielles de 2009 devant s'améliorer. Le nombre des doctorants encadrés par des chercheurs du Cirad augmente mais la part des doctorants du Sud a légèrement fléchi.

* Les indicateurs de publications reflètent l'état de la base de données institutionnelle, Agritrop, au 31 mars 2010 en fin de journée. Les données et indicateurs pour l'année 2009 sont partiels.

Copublications avec des acteurs du Sud¹

Articles de revues à comité de lecture, avec ou sans facteur d'impact	2005	2006	2007	2008	2009 ²
Nb de copublications avec des acteurs du Sud	181	188	222	305	281
Total des publications analysées	433	437	505	689	577
Part (%) des copublications avec des acteurs du Sud	41,80	43,02	43,96	44,27	48,70

1. Un pays est qualifié de pays du Sud lorsqu'il figure sur la liste OCDE des pays bénéficiant de l'aide publique au développement.
2. Données partielles, au 31.03.2010.

Encadrement des doctorants par les chercheurs du Cirad

Une production scientifique diversifiée et de qualité

Pour porter la science pour le développement au meilleur niveau scientifique mondial tout en la gardant ancrée dans les questionnements, les terrains et les partenariats propres au Sud, le Cirad augmente la qualité de ses publications scientifiques, la compétitivité de ses équipes tout en assurant la diversité de ses productions vers ses différents publics.

La qualité de la production scientifique progresse nettement avec la forte croissance des articles publiés de 2005 à 2009 dans les revues à facteur d'impact notamment tandis que la qualification scientifique des Ciradiens s'améliore (nombre de HDR). Le taux de succès aux AAP de l'ANR fluctue autour de 30 %. Parallèlement la diversité des productions scientifiques s'étoffe, avec l'activité de formation à et par la recherche des Ciradiens (heure d'ETD dans les masters du Sud). Les produits de valorisation sont en croissance notamment en 2009.

Répartition des publications parues en 2008 et 2009. (Total : 3 425)

Les données 2009 sont partielles (relevées au 31.03.2010)

Evolution du nombre d'articles de revues publiés depuis 2005 (total : 3371)

La participation du Cirad aux appels d'offres compétitifs de l'ANR

	2007	2008	2009
Nombre de projets soumis	75	72	49
Nombre de projets financés	23	19	14
Taux de succès (%)	31	26	29

La participation du Cirad à l'enseignement et à l'ingénierie de formation dans les masters et doctorats du Sud

	2007	2008	2009
Nombre d'heures équivalent travaux dirigés	3 978	4 249	4 439

La formation à la recherche des cadres scientifiques du Cirad

	2007	2008	2009
Nombre de HDR au Cirad	82	88	99
Nombre de professeurs-consultants au Cirad	n.c	36	52

La valorisation : brevets, certificats d'obtention végétale et logiciels

	2007	2008	2009
Nombre*	8 (2)	13 (0)	26 (4)

* entre parenthèses, nombre de brevets

Etat de la diversité des productions scientifiques au Cirad

L'ensemble des productions ci-dessus présentées témoigne de la diversité des missions et des activités du Cirad. A la demande de son conseil scientifique un indicateur de diversité des productions a été mis au point par le Cirad à titre pilote sous la forme d'un diagramme en étoile. Il résulte d'un choix de produits affectés d'une pondération : d'abord, les publications [articles de revues à facteur d'impact « articlesFI »], les doctorants encadrés [« Doctorants »], les heures d'enseignement en master et doctorat [« ETD »], les participations aux projets compétitifs de l'ANR et du PCRD européen [« projets »] en opposant à gauche ces activités directement dédiées aux chercheurs du Sud et à droite celles concernant des chercheurs du Nord. A cela s'ajoutent des productions non latéralisées Nord/Sud : la production d'ouvrages, les dépôts de brevets, COV et logiciels, les déclarations de MTA [« Material transfert agreement »], les contrats financés par le public et ceux financés par le privé.

Une recherche agronomique nationale ouverte sur l'Europe et le reste du monde

L'action du Cirad s'est déployée à plusieurs niveaux depuis 2008 : en France au sein de l'alliance avec l'Inra et les autres organismes de recherche du Programme 187 notamment, dans des ensembles régionaux réinsérés au sein du projet de consortium national qui se structure en 2009, en Europe à travers des partenariats renforcés, à l'international par une réflexion approfondie du Cirad autour de son dispositif et les liens avec le Groupe consultatif de la recherche agronomique internationale (GCRAI). Cette action est illustrée par les copublications, les affectations et missions des agents outre-mer et à l'international, le développement nouveau des dispositifs prioritaires ainsi que par la participation aux projets de recherche européens.

Copublications avec des acteurs français, européens ou internationaux

Articles de revues à comité de lecture, avec ou sans facteur d'impact	2005	2006	2007	2008	2009 <i>Partiel au 30.03.10</i>
Nb de copublications avec des acteurs français	179	198	246	315	270
Nb de copublications avec des acteurs européens (UE27), hors France	44	46	59	105	72
Nb de copublications avec des acteurs internationaux, hors UE27*	211	210	252	363	317
Total des publications analysées**	433	437	505	689	577

* Source OST, table « Pays-13 »

** Les copublications sont calculées en compte de présence. De ce fait, elles ne sont pas additives : un même article peut être cosigné par un acteur français et par un acteur international

Copublications du Cirad avec chaque organisme du Programme 187 de la LOLF

Nombre d'articles de revues à comité de lecture, avec ou sans facteur d'impact	2005	2006	2007	2008	2009 <i>Partiel au 30.03.10</i>
INRA	56	75	101	141	97
IRD	33	40	62	50	55
CEMAGREF	4	3	5	16	13
IFREMER	0	0	2	0	1
BRGM	0	0	0	0	0
Total des articles de revues à comité de lecture, avec ou sans facteur d'impact *	433	437	505	689	577

* Les valeurs inscrites dans le tableau suivant, sont calculées en compte de présence. De ce fait, elles ne sont pas additives : un même article peut être cosigné à la fois par un laboratoire de l'INRA et par un laboratoire de l'IRD.

Répartition des affectations au Sud, selon les destinations (en équivalent temps plein)

Répartition des missions selon la destination (en équivalent temps plein)

La hausse de l'activité des missions en 2009 se manifeste en Afrique, en Asie et en Méditerranée. Le positionnement des cadres scientifiques au sein des dispositifs prioritaires se renforce passant de 38,1 % (2008) à 51,3 % (2009) des cadres scientifiques expatriés.

Nombre de cadres scientifiques affectés dans les dispositifs prioritaires /nombre de cadres expatriés (en ETPT)

2008 : 111 cadres scientifiques dans 18 dispositifs prioritaires sur 291 cadres scientifiques expatriés
2009 : 137 cadres scientifiques dans 20 dispositifs prioritaires sur 267 cadres scientifiques expatriés

Région	Dispositifs prioritaires nationaux	Dispositifs prioritaires régionaux	DOM	DP DOM
Afrique				
	URP PPZS, Sénégal	CIRDES, Afrique de l'Ouest	Réunion	3P
	PRP-PCP, Zimbabwe	ZIE, Afrique de l'Ouest		Réagir
	CR2PI, Congo	PRASAC, Afrique centrale		Kappa
	PCP Grand Sud Cameroun,	CARBAP, Afrique centrale		
	URP SCRID, Madagascar	Forêts bassin Congo, Afrique centrale		
	URP Forêt Biodiversité, Madagascar	Biodiversité Sorgho Afrique		
Asie				
	PCP – MALICA, Vietnam	RCP CANSEA, (RACASE), Asie du Sud-Est		
	PCP – PRISE, Vietnam			
	PCP – HRPP, Thaïlande			
Amérique latine				
	PCP Agroforestry Systems with Perennial Crops, Amérique centrale			
	CIBA, Brésil			
Méditerranée				
	RCP SIRMA, Maghreb			
Mondial				
	Santé animale, maladies émergentes			

Les projets européens de recherche et de développement (PCRD) du Cirad entre 2007 et 2009

Une organisation et des moyens ajustés aux nouveaux défis

A la simplification et à la modernisation d’une gestion mieux pilotée par les objectifs scientifiques, le Cirad ajoute une optimisation de ses ressources humaines et financières en recherchant leur stabilisation.

L’année 2009 se caractérise par une hausse de la part des ressources contractuelles publiques au sein des ressources propres, une croissance de la part des cadres et des allocataires de recherche au sein des emplois globalement stabilisés tandis que la diffusion de la démarche qualité dans l’établissement témoigne d’un engagement collectif de progrès.

Répartition annuelle des emplois « classés-payés » par catégories en pourcentage (incluant les allocataires de recherche sous contrat Cirad)

	2007	2008	2009
cadres	59	58,8	59,2
allocataires	1,3	2,7	3,9
maîtrise	31,6	31,8	31,4
collaborateurs	8	6,7	5,5

Ressources propres* : volume et ventilation annuelle en pourcentage (hors cotraitance)

* La variation 2008-2009 de la part des ressources propres d’origine privée en 2009 s’explique par le transfert d’actifs à la filiale du Cirad, PalmElit.

Nombre total d’agents au Cirad (en équivalent temps plein)

ETPT au Cirad	2007	2008	2009
Nombre de « classés-payés » CDI-CDD	1 770	1 755	1 764
Nombre d’allocataires de thèses	24	48	71

Nombre de collectifs (traduits en effectifs) en démarche qualité

	2007	2008	2009
Nombre de collectifs (en effectifs) en démarche qualité (niveaux 1/2 à 5)	375	444	853
dont ceux certifiés ISO	115	268	430

L'organisation en avril 2010

Conseil d'administration

Président

Patrice Debré, professeur
des universités

Bernard Commère, représentant la
ministre de l'enseignement supérieur
et de la recherche

Hélène Tréheux-Duchêne,
représentant le ministre délégué
à la coopération

et au développement

Stanislas Godefroy, représentant
le ministre du budget,
des comptes publics

et de la fonction publique

Marion Zalay, représentant
le ministre de l'agriculture
et de la pêche

N, représentant le ministre délégué
à l'outre-mer

Jean-François Girard, conseiller
d'Etat

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

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

Haidara 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

Martine Antona, représentante élue
du personnel

Michel Benoit-Cattin, représentant
élu du personnel

Patrick d'Aquino, représentant élu
du personnel

Laurence Ollivier, représentante élue
du personnel

Laurent Maggia, représentant
élu du personnel

Philippe Vaast, représentant élu
du personnel

Secrétaire, Jean-Louis Muron
Rédacteur, Pierre-Luc Pugliese

Conseil scientifique

Président

Bertrand Hervieu, Conseil général
de l'agriculture, de l'alimentation
et des espaces ruraux

Akissa Bahri, International Water
Management Institute, Ghana

Bernard Chevassus-au-Louis, Institut
national de la recherche agronomique,
France

Marie-Christine Cormier-Salem,
Institut de recherche pour le
développement, France

Michel Dron, Université Paris XI,
France

Bernadette Kamgnia Dia, Université
Yaoundé II, Cameroun

Olivier Le Gall, Institut national
de la recherche agronomique, France

Claudine Schmidt-Lainé, Institut
de recherche pour l'ingénierie
de l'agriculture et de l'environnement,
France

Lamine Seiny Boukar,
Pôle régional de recherche appliquée
au développement des savanes
d'Afrique centrale, Tchad

Marco Wopereis, Africa Rice Center,
Bénin

Marie-Line Caruana, représentante
élue du personnel

Régis Goebel, représentant élu
du personnel

Raphaël Morillon, représentant élu
du personnel

Vincent Ribier, représentant élu
du personnel

Guy Trébuil, représentant élu
du personnel

Comité consultatif commun Inra-Cirad d'éthique pour la recherche agronomique

Président

Louis Schweitzer, Haute autorité
de lutte contre les discriminations
et pour l'égalité

Fifi Benaboud, Centre Nord-Sud
du Conseil de l'Europe

Gilles Bœuf, professeur à l'université
Pierre et Marie Curie, président du
Muséum national d'histoire naturelle

Marcel Bursztyn, socio-économiste,
professeur des universités

Claude Chéreau, historien, inspecteur
général honoraire de l'agriculture

Soraya Duboc, ingénieur
agroalimentaire, Nestlé France

Patrick Du Jardin, agronome,
professeur et doyen de l'université
de Gembloux

Catherine Larrère, Professeur
d'éthique appliquée à l'Université
de Paris I Panthéon-Sorbonne

Jeanne-Marie Parly, professeur agrégé
des universités en sciences
économiques

Gérard Pascal, nutritionniste,
directeur de recherche honoraire
Lazare Marcelin Poamé, doyen
de l'Unité de formation

et de recherche des lettres et sciences
humaines de l'Université de Bouaké,
président du comité consultatif
national de bioéthique
de Côte d'Ivoire

Gérard Toulouse, agrégé de sciences,
directeur de recherche, laboratoire
de physique théorique de l'Ecole
normale supérieure

Dominique Vermersch, agronome,
professeur d'économie publique
et d'éthique, Agrocampus Rennes

Heinz Wisman, philosophe
et philologue, professeur à l'Ecole
des hautes études en sciences sociales

Direction générale

Gérard Matheron, directeur général

Jacques Pagès, adjoint au directeur
général

Jean-Louis Muron, conseiller

Alain Weil, conseiller

Michel Griffon, conseiller

Patrick Herbin, directeur régional
Ile-de-France

Emmanuel Camus, directeur régional
Languedoc-Roussillon

Gilles Mandret, directeur régional
Réunion-Mayotte

Philippe Godon, directeur régional
Antilles-Guyane

Anne Hébert, déléguée
à la communication

Anne-Yvonne Le Dain, déléguée
aux évaluations

Léandre Mas, délégué à la qualité

Joël Sor, délégué aux systèmes
d'information

Direction de la recherche et de la stratégie

Etienne Hainzelin, directeur

Jean-Luc Khalfaoui, directeur adjoint,
directeur des relations européennes et
internationales

André de Courville, délégué pour
l'Amérique latine et les Caraïbes

Roland Guis, délégué pour l'Afrique
et l'océan Indien

Christian Hoste, directeur adjoint
du directeur des relations européennes
et internationales, délégué pour
le système européen et international
de la recherche agricole pour
le développement

Catherine Marquié, déléguée
pour l'Europe communautaire

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

Marie-Claude Deboin, déléguée
à l'information scientifique
et technique

Claudie Dreuil, déléguée aux actions
incitatives

Rémy Hugon, délégué
à la valorisation

Mireille Mourzelas, déléguée
à l'enseignement supérieur
et à la formation

Hubert Omont, délégué aux filières
tropicales

Jean-Louis Sarah, délégué
aux chantiers stratégiques

Secrétariat général

Hervé Deperrois, secrétaire général

Patrick Herbin, secrétaire général
adjoint, délégué juridique

Marc Gélis, directeur
de la comptabilité et des affaires
financières

Vincent Fabre-Rousseau, directeur
des ressources humaines

Didier Servat, directeur technique des
aménagements et de la maintenance

André Nau, délégué au contrôle
de gestion

Aleth de Sartiges, ingénieur sécurité

Yann Combot, délégué aux archives

Départements et unités de recherche

Département Systèmes biologiques

Jean-Christophe Glaszmann,
directeur

Dominique Berry, directeur adjoint

Xavier Mourichon, adjoint
au directeur

Jean-Marc Deboin, responsable
des affaires financières

Unités de recherche*

Adaptation agroécologique
et innovation variétale (UPR),
Michael Dingkuhn

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

Amélioration génétique du palmier
à huile (UPR), Jean-Marc Bouvet

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 II, Ephe)

Centre de biologie et gestion
des populations (UMR CBGP),
Denis Bourguet, Inra (SupAgro, Inra,
IRD, université Montpellier II)

Centre d'écologie fonctionnelle
et évolutive (UMR Cefe),

Jean-Dominique Lebreton, CNRS
(CNRS, universités Montpellier I, II
et III, SupAgro, Ephe)

Contrôle des maladies animales
exotiques et émergentes (UMR),
Dominique Martinez (Inra)

Développement et amélioration
des plantes (UMR Dap),
Emmanuel Guiderdoni (SupAgro,
Inra, université Montpellier II)

Diversité et adaptation des plantes
cultivées (UMR DIAPC),

Serge Hamon, IRD (IRD, SupAgro,
Inra, université Montpellier II)

Diversité génétique et amélioration
des espèces forestières (UPR),

Jean-Marc Bouvet

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

Jaunissements mortels du cocotier
et greening des agrumes (UPR),
Michel Dollet

Laboratoire des symbioses tropicales
et méditerranéennes (UMR LSTM),
Michel Lebrun, université
Montpellier II (SupAgro, Inra, IRD,
université Montpellier II)

Maîtrise des bioagresseurs
des cultures pérennes (UPR),
Christian Cilas

Peuplements végétaux et
bioagresseurs en milieu tropical
(UMR PVBMT), Bernard Reynaud
(université Réunion)

Résistance des plantes aux
bioagresseurs (UMR RPB), Michel
Nicole, IRD (IRD, université
Montpellier II)

Trypanosomes (UMR), Gérard Cuny,
IRD (IRD)

Département Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux

Robert Habib, directeur

Marcel de Raïssac, directeur adjoint

André Rouzière, adjoint au directeur

Jacques Nolin, responsable des affaires
financières

Unités de recherche*

Analyses des eaux, sols et végétaux
(US), Alain Aventurier

Aquaculture et gestion des ressources
aquatiques (UPR),
Jean-François Baroiller

Biomasse-énergie (UPR),
Sylvie Mouras

Démarche intégrée pour l'obtention
d'aliments de qualité (UMR
Qualisud), Max Reynes (universités
Montpellier I et II, SupAgro)

Elevage des ruminants en régions
chaudes (UMR ERRC),
François Bocquier, SupAgro
(SupAgro, Inra)

Fonctionnement agroécologique
et performances des systèmes
de culture horticoles (UPR),
Eric Malézieux

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-Michel Harmand

Génie des procédés, eau
et bioproduits (UMR GPEB),

Alain Grasmick, université

Montpellier II (universités
Montpellier I et II)

Ingénierie des agropolymères
et technologies émergentes (UMR
Iate), Xavier Rouau, Inra (SupAgro,
Inra, universités Montpellier II et II,
Ensia)

Performance des systèmes de culture
des plantes pérennes (UPR),
Eric Gohet

Production et valorisation des bois
tropicaux (UPR), Jean Gérard

Risque environnemental lié
au recyclage (UPR),
Hervé Saint Macary

Systèmes de culture annuels (UPR),
Florent Maraax

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

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

Département Environnements et sociétés

Patrick Caron, directeur

Brigitte Nésius, responsable
des affaires financières

Unités de recherche*

Actions collectives, politiques
et marchés (UPR), Denis Pesche

Animal et gestion intégrée des risques
(UPR), Marie-Noël de Visscher

Biens et services des écosystèmes
forestiers tropicaux : l'enjeu
du changement global (UPR),
Alain Billand

Centre international de recherche
sur l'environnement et le
développement (UMR Cired),
Jean-Charles Hourcade, CNRS-
EHESS (CNRS, EHESS, Engref,
ENPC)

Ecologie des forêts de Guyane
(UMR Ecofog), Eric Marcon, CNRS
(CNRS, Engref, Inra, université
Antilles-Guyane)

Gestion de l'eau, acteurs et usages
(UMR G-eau), Patrice Garin,
Cemagref (Cemagref, Engref, IRD,
SupAgro, IAMM)

Gestion des ressources renouvelables
et environnement (UPR),
Martine Antona

Innovation et développement
dans l'agriculture et l'agroalimentaire
(UMR Innovation),

Hubert Devautour (SupAgro, Inra)

Marchés, organisations, institutions
et stratégies d'acteurs (UMR Moisa),
Etienne Montaigne, CIHEAM
(SupAgro, Inra, CIHEAM)

Systèmes d'élevage et produits
animaux (UPR), Philippe Lecomte

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

* UMR : unité mixte de recherche.

UPR : unité propre de recherche.

US : unité de service.

Le Cirad dans le monde

France

Ile-de-France

Patrick Herbin, directeur régional
42, rue Scheffer
75116 Paris
Tél. : +33 1 53 70 20 21
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

Antilles-Guyane

Philippe Godon, directeur régional
Station de Neufchâteau,
Sainte-Marie
97130 Capesterre-Belle-Eau,
Guadeloupe
Tél. : +590 5 90 86 17 90 /
+06 94 45 10 22
philippe.godon@cirad.fr

Richard Pasquis, correspondant
BP 701, avenue de France
97387 Kourou Cedex, Guyane
Tél. : +594 5 94 32 73 52
richard.pasquis@cirad.fr

Christian Chabrier, correspondant
BP 214
97285 Le Lamentin Cedex 2,
Martinique
Tél. : +596 5 96 42 30 44
christian.chabrier@cirad.fr

Réunion-Mayotte

Gilles Mandret, directeur régional
Station de La Bretagne, BP 20
97408 Saint-Denis Messageries
Cedex 9,
Réunion
Tél. : +262 2 62 52 81 00 /
+262 6 92 76 30 69
gilles.mandret@cirad.fr

Bernard Dolacinski, correspondant
BP 1304
97600 Mamoudzou, Mayotte
Tél. : +269 61 21 21
bernard.dolacinski@cirad.fr

Afrique

Afrique centrale

Jean-Luc Battini, directeur régional
BP 2572
Yaoundé, Cameroun
Tél. : +237 22 21 25 41
jean-luc.battini@cirad.fr

Yves Nouvellet, correspondant
Pointe noire : Consulat
13, rue Louveau
92438 Chatillon Cedex
Tél. : +242 523 25 92
yves.nouvellet@cirad.fr

Eric Forni, correspondant
BP 4035
Libreville, Gabon
Tél. : +241 07 49 28 21
eric.forni@cirad.fr

Afrique orientale et australe

Denis Depommier, directeur régional
C/o Icrat, United Nations Avenue
Gigiri, PO Box 30677
00100 Nairobi, Kenya
Tél. : +254 20 722 46 53
denis.depommier@cirad.fr

Emmanuel Torquebiau, correspondant
PO Box 26884, Monument Park
0105 Pretoria, Afrique du Sud
Tél. : +27 12 420 43 18
emmanuel.torquebiau@cirad.fr

Sébastien Le Bel, correspondant
French Embassy
37, Acturus Road Highlands
PO Box 1378
Harare, Zimbabwe
Tél. : +263 4 44 34 22
sebastien.le_bel@cirad.fr

Afrique de l'Ouest continentale

Michel Partiot, directeur régional
01 BP 596
Ouagadougou 01, Burkina Faso
Tél. : +226 50 30 70 70
michel.partiot@cirad.fr

Jacques Lançon, correspondant
Conseiller auprès du directeur
de l'Inrab
Ambassade de France
01 BP 966
Cotonou, Bénin
Tél. : +229 97 24 96 57
jacques.lancon@cirad.fr

Afrique de l'Ouest côtière

Georges Subreville, directeur régional
37, avenue Jean XXIII
BP 6189
Dakar-Etoile, Sénégal
Tél. : +221 33 822 44 84
georges.subreville@cirad.fr

Madagascar

François Monicat, directeur régional
Ampandrianomby, BP 853
Antananarivo
Tél. : +261 20 22 406 23
francois.monicat@cirad.fr

Amérique

Amérique centrale

Bruno Rapidel, correspondant
Catie, Departamento
de Agricultura y Foresteria
Catie 7170, Cartago
Turrialba, 30501 Costa Rica
AP 2382-2050
San Pedro Montes de Oca,
Costa Rica
Tél. : +506 25 58 25 99
bruno.rapidel@cirad.fr

Brésil

Bernard Mallet, directeur régional
SHIS-QJ 23, Bl. B. Ed. Top 23
71660-120 Brasilia DF
Tél. : +55 61 33 66 11 32
bernard.mallet@cirad.fr

Etats-Unis

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

Asie

Asie du Sud-Est continentale

Jean-Charles Maillard, directeur régional
Cirad, Bureau 102, Bâtiment 2G
Cité diplomatique de Van Phuc
298 Kim Ma
Hanoi, Vietnam
Tél. : +844 3734 6775
jean-charles.maillard@cirad.fr

Antoine Leconte, correspondant
Cirad Office, Research
and development building
3rd floor, Kasetsart University
10900 Bangkok, Thaïlande
Tél. : +66 29 42 76 27 ext. 105
antoine.leconte@cirad.fr

Inde

Typhaine Loyer, correspondante
Inra-Cirad
Scientific Department of the French
Embassy in India
2, Aurangzeb Road
110 011 New Delhi
Tél. : +91 11 30 41 00 08
typhaine.loyer@cirad.fr

Asie du Sud-Est insulaire

Jean-Guy Bertault, directeur régional
Plaza Bisnis Kemang, 3rd floor
Jalan Kemang Raya 2
12730 Jakarta Selatan, Indonésie
Tél. : +62 21 719 90 67 / +62 21 719
46 01
jean-guy.bertault@cirad.fr

Chine

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

Océanie

Régis Goebel, correspondant
PO Box 86
50, Meiers Road
Indooroopilly Qld. 4068, Australie
Tél. : +61 7 3331 3309
francois-regis.goebel@cirad.fr

Réalisation : Délégation à la communication

Coordination et édition : Martine Lemaire, Danielle Barret
(pour la partie Indicateurs), avec la collaboration de Christine Rawski,
Christiane Jacquet, Laurence Dedieu et Christine Nouaille

Correction : Jacques Bodichon

Conception graphique, infographie et mise en pages : Patricia Doucet

Illustration de couverture : Nathalie Le Gall

Impression : Impact Imprimerie, Saint-Gély-du-Fesc
Imprimé avec des encres végétales sur du papier
provenant de forêts gérées durablement.

Dépôt légal : juin 2010

INNOVONS ENSEMBLE POUR LES AGRICULTURES DE DEMAIN

cirad

LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

42, rue Scheffer . 75116 Paris
France

www.cirad.fr