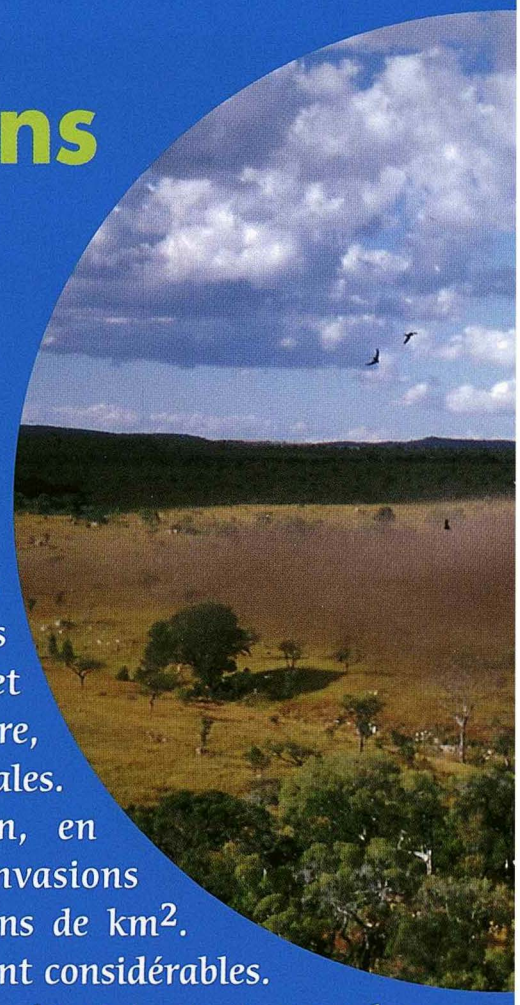
Inventer une nouvelle agriculture

Cirad

Comment mieux contrôler les invasions de criquets



L'acridologie au Cirad

Dans de nombreuses zones tropicales du globe et tout spécialement en Afrique, les invasions de criquets constituent un fléau et une menace très sérieuse pour l'agriculture, l'élevage et la sécurité alimentaire des populations rurales. Aucune culture n'est épargnée. Le criquet pèlerin, en particulier, est un ravageur majeur dont les invasions spectaculaires peuvent s'étendre sur plus de 29 millions de km^2. Les dégâts matériels, humains et sur l'environnement sont considérables. La lutte contre ces insectes représente donc un enjeu important et pour les populations et pour l'environnement. Il s'agit d'une priorité nationale pour de nombreux pays en développement.

Le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål. (phase grégaire, mature). © A. Monard, Cirad

Perfectionner les stratégies de surveillance et de lutte

Les causes des pullulations de criquets sont diverses. Enchaînements de conditions écologiques favorables ou modifications des pratiques agricoles peuvent renforcer la capacité destructrice de ces insectes.

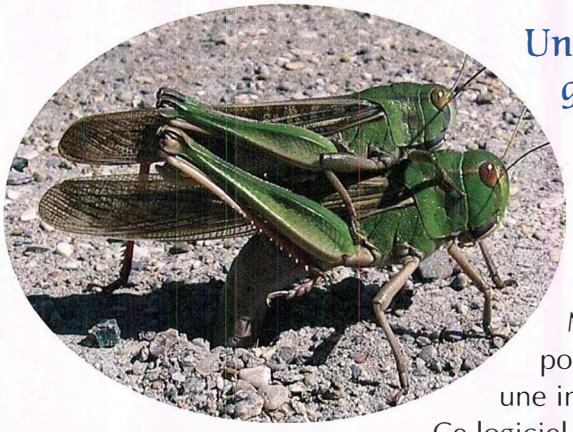
Depuis une trentaine d'années, le Cirad développe des travaux de recherche de terrain dans de nombreux pays du monde pour mieux comprendre l'origine des invasions de criquets par une meilleure connaissance des zones à risque et une détection précoce des conditions favorables au démarrage des invasions. Il s'attache également à étudier la vulnérabilité des populations humaines affectées par les crises, à rendre les méthodes de lutte plus respectueuses de l'environnement et à promouvoir des alternatives crédibles aux insecticides chimiques. La durabilité des solutions proposées est un objectif constant.

Contact

Michel Lecoq
Cirad
UR Acridologie,
Campus international
de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5
France

michel.lecoq@cirad.fr

Ces activités s'appuient sur une connaissance approfondie des réalités des pays en développement, des contraintes opérationnelles et de la bio-écologie des acridiens. Les opérations de recherche sont complétées par des actions de formation, de vulgarisation et d'expertise en cas de pullulation de criquets.

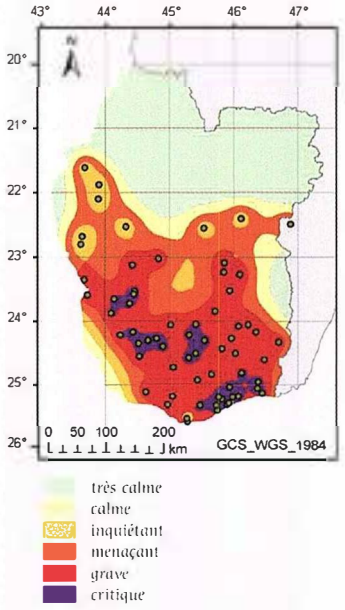


Le criquet migrateur, *Locusta migratoria* Linné (phase solitaire) © M. Lecoq, Cirad

Un système d'information géographique pour le criquet migrateur

Le Cirad a développé un système d'information géographique dédié à la gestion du criquet migrateur à Madagascar, l'un des risques majeurs pour l'agriculture de ce pays qui a connu une invasion catastrophique de 1997 à 1999. Ce logiciel peut être utilisé comme outil d'aide à la décision pour mieux localiser les zones à haute probabilité de pullulation de criquets et organiser plus rationnellement les moyens de surveillance et d'intervention précoce. C'est une étape indispensable pour l'établissement d'une meilleure stratégie, plus préventive et plus durable, de gestion du risque acridien à Madagascar.

Carte mensuelle de risque acridien à Madagascar.



Comprendre l'origine des invasions du criquet pèlerin

Le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskäl (phase solitaire) © A. Foucart, Cirad

En collaboration avec la FAO et les centres antiacridiens nationaux, le Cirad développe des travaux en Afrique pour mieux comprendre la dynamique des populations de criquets au cours des périodes pré-invasives en utilisant des techniques de biologie moléculaire. A l'aide de la télédétection spatiale et des systèmes d'information géographique, les conditions favorables à la reproduction du criquet et à la croissance exponentielle de ses effectifs sont repérées plus précocement. La gestion du dispositif de surveillance et de lutte des pays impliqués (Mauritanie, Mali, Sénégal, Niger, Tchad, Burkina Faso, Maroc, Algérie, Tunisie, Lybie) est améliorée grâce à une base de données dédiée accessible en temps réel via internet.

Criquets en vente sur le marché de Niamey, Niger © M. Lecoq, Cirad

Des offres de formation et de documentation

Le Cirad propose des formations sur la lutte anti-acridienne, qui sont organisées à la demande en France ou à l'étranger :

- l'expertise acridienne : la lutte contre les criquets ravageurs ;
- les techniques d'application en lutte anti-acridienne et protection des plantes.

Des fiches techniques sur les principales espèces de criquets ravageurs sont disponibles et une encyclopédie acridienne en ligne peut-être consultée à : http://locust.cirad.fr . Le Cirad dispose aussi d'un centre documentaire spécialisé sur les criquets ravageurs riche de plus de 10000 publications et de plusieurs milliers d'images.

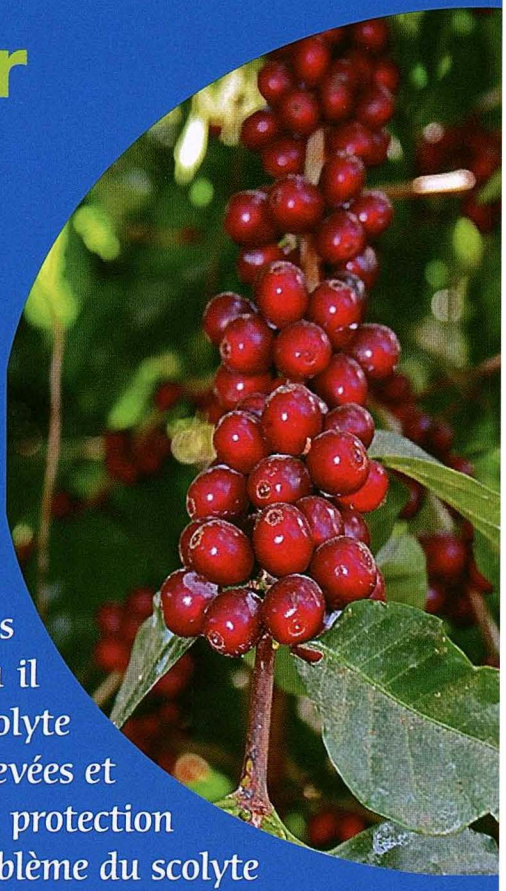
Partenaires

- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italie
- Commission FAO de lutte contre le criquet pèlerin en région occidentale, Alger
- Centres antiacridiens d'Afrique de l'Ouest et du Maghreb
- Centre régional AGRHYMET, Niger
- Centre national acridien malgache, Madagascar

cirad

Maitriser le scolyte des baies du caféier

La protection intégrée en trois composantes



Le scolyte des baies, *Hypothenemus hampei* Ferrari, est le principal insecte ravageur du caféier qui s'attaque aux grains. C'est un coléoptère d'origine africaine qui affecte les plantations de la quasi-totalité des pays producteurs de café dans le monde. Malgré l'introduction et les lâchers répétés d'ennemis naturels, ce ravageur s'adapte et se développe partout où il s'implante. Avec le réchauffement climatique, le scolyte colonise des zones situées à des altitudes de plus en plus élevées et menace donc la production des grands cafés d'altitude. La protection intégrée en trois composantes apporte une solution au problème du scolyte tout en préservant l'environnement et la biodiversité.

aféière sous ombrage, Costa Rica. © B. Dufour, Cirad

Une excellente parade au comportement de survie du scolyte

Le Cirad et ses partenaires de la recherche sur le café ont développé une méthode simple, efficace et économique de protection intégrée contre le scolyte en trois composantes :

- la récolte sanitaire stricte au niveau des branches ;
- le piégeage des femelles colonisatrices ;
- l'application rigoureuse des opérations d'entretien dans les plantations.

Ces trois activités sont complémentaires et permettent de lutter efficacement contre ce ravageur.

En période de migration, les scolytes tendent à se réfugier dans les baies résiduelles en attendant de coloniser les baies de la nouvelle fructification. Ainsi, l'élimination complète des baies résiduelles encore présentes sur les branches après la récolte (appelée aussi récolte sanitaire) empêche la survie d'une partie des populations de ce ravageur. Par ailleurs, les femelles de scolytes provenant des baies résiduelles au sol sont capturées à l'aide de pièges (piège BROCAP®) qui sont maintenus dans les plantations jusqu'à l'émergence complète des scolytes. Enfin, l'entretien des parcelles et en particulier la taille de formation des caféiers, la régulation de l'ombrage et le nettoyage des parcelles améliorent les performances des techniques précédentes.

Contact

Bernard Dufour
Cirad
UR Maîtrise
des bio-agresseurs
des cultures pérennes
Avenue Agropolis,
34398 Montpellier Cedex 5
France

bernard.dufour@cirad.fr

Taille des caféiers.© B. Dufour Cirad

La protection intégrée en trois composantes est une technique sélective et sans danger pour l'environnement. Elle est compatible avec la lutte biologique et combat le scolyte avant qu'il n'infeste la récolte et ne cause des dommages.

Dans les caféières sous ombrage avec des variétés à port haut, il est possible de réduire les infestations de scolytes de plus de 90 % par rapport aux parcelles témoins. La récolte sanitaire et le piégeage sont responsables de plus de 70 % de la réduction.

Taille des arbres d'ombrage.© B. Dufour Cira

Le piège BROCAP®

Installation de pièges à scolytes BROCAP®. © B. Dufour, Cirad

Le piège BROCAP® fonctionne avec un attractif. Il permet de capturer les scolytes au cours de leur vol de migration. C'est la seule composante de la protection intégrée qui exige un véritable investissement d'environ 3 dollars par piège. Il est indispensable de disposer d'au moins 18 pièges par hectare et de deux diffuseurs d'attractif par piège pour assurer le bon fonctionnement du système pendant quatre mois par an. Le Cirad et PROCAFE (Fondation salvadorienne pour la recherche sur le café) ont développé le piège BROCAP® pour les besoins de la caféiculture d'Amérique centrale. Actuellement, son utilisation s'étend aussi aux pays d'Asie. Outre le piégeage de masse pour lequel il a été conçu, le piège BROCAP® peut être employé pour l'avertissement agricole. Il est distribué au Salvador par PROCAFE et dans les autres pays du monde par ECOM Agroindustrial Corporation Ltd.

Remise en état de la caféière.
© B. Dufour Cirad.

Zones d'application de la méthode

La protection intégrée en trois composantes s'applique dans les zones géographiques où il n'y a qu'une seule récolte annuelle, c'est à dire dans la frange tropicale où le climat comporte deux saisons, sèche et humide, bien marquées. En revanche, elle est plus difficile à appliquer dans les zones équatoriales où les périodes de floraison et de fructification se recouvrent. L'efficacité de la méthode est plus élevée dans les caféières sous ombrage que dans les caféières « plein soleil » car le piégeage est plus efficace en présence d'ombrage. Ce programme de protection débute avec la récolte sanitaire des baies résiduelles (début février en Amérique centrale et début janvier sur les plateaux des Bolovens au Laos) et se termine lorsque les grands flux migratoires de scolytes ont cessé (fin juin en Amérique centrale et au Laos). Les dates indiquées concernent essentiellement les programmes consacrés à la culture du café arabica.

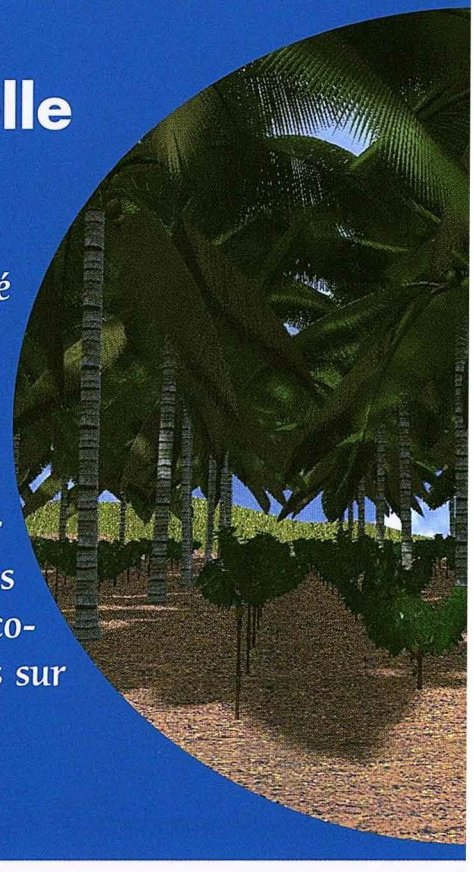
Partenaires

- PROCAFE, Salvador (www.procafe.com.sv)
- PROMECAFE, programme de développement et de modernisation de la caféiculture en Mésoamérique (www.iica.org.gt)
- ECOM Agroindustrial Corporation Ltd, Mexique et Indonésie (www.ecomtrading.com)

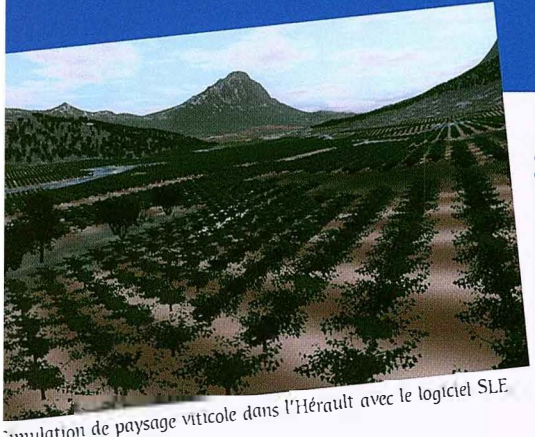
cirad

Optimiser la production de biomasse en minimisant l'impact sur l'environnement

Les apports de **l'agronomie virtuelle**



L'unité mixte de recherche AMAP du Cirad a développé des logiciels pour simuler le développement architectural des plantes et leur production. En agençant ces plantes en peuplements, de l'échelle de la parcelle à l'échelle du paysage, il devient possible de réaliser des expériences virtuelles pour évaluer et optimiser l'effet des pratiques culturales ou l'effet de conditions environnementales sur la croissance. Cette démarche éco-informatique peut aussi contribuer à répondre à des questions sur l'impact environnemental de la production agricole.



Simulation de paysage viticole dans l'Hérault avec le logiciel SLE
© S. Griffon, Cirad

Simuler la croissance des plantes

La modélisation de l'architecture et du développement des plantes individuelles permet de comprendre comment les processus élémentaires de croissance évoluent au cours du temps au sein de la plante et comment ils sont affectés par les conditions environnementales. Les modèles de croissance sont intégrés dans des logiciels de simulation (AMAPsim, Digiplante) qui permettent de simuler la structure de plantes en conditions naturelles variables sur les plans agronomique et environnemental. Cette approche a été menée sur diverses plantes modèles (tournesol, maïs, palmier à huile, caféier, eucalyptus, pin, etc.).

La reconstitution de peuplements végétaux, par exemple d'une parcelle de culture, permet de simuler, d'analyser et d'optimiser la production végétale en conditions agronomiques et environnementales variables pour différentes applications qui prennent en compte l'architecture des plantes. Il est par exemple possible de simuler la quantité et la qualité de la lumière interceptée par les plantes grâce à leur description tridimensionnelle (logiciel Archimed).

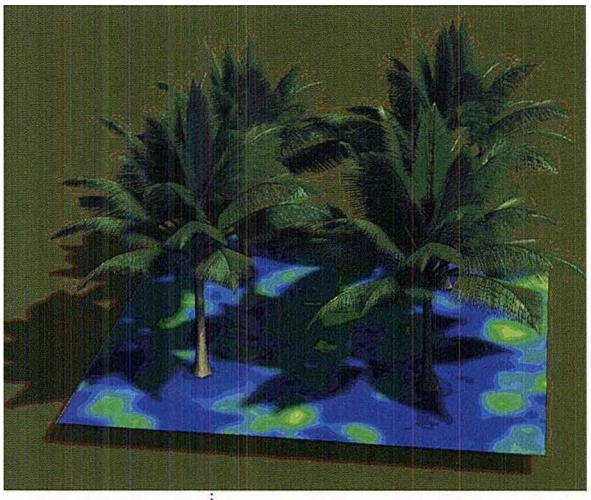
L'adaptation de ces modèles à l'échelle du paysage permet de simuler la variabilité de la croissance en relation avec les conditions locales d'ensoleillement, de précipitations, de diffusion de l'eau dans le sol... (logiciel GreenLab paysage).

Contact

Thierry Fourcaud
Cirad
UMR AMAP
Boulevard de la Lironde
34398 Montpellier Cedex 5
France

thierry.fourcaud@cirad.fr

Le développement d'algorithmes pour la visualisation de la plante au paysage (logiciel SLE) trouve des nouvelles applications dans les domaines de l'animation graphique (réalité virtuelle, films, jeux vidéo, etc.).



Simulation de la cartographie de lumière transmise sous cocotiers de six ans sous la plateforme Archimed. © J. Dauzat, Cirad

Améliorer l'interception lumineuse en agroforesterie

Grâce au couplage des logiciels AMAPsim et Archimed, la cartographie de la lumière disponible pour les cultures intercalaires (maïs, cacaoyer, soja...) a été simulée pour des systèmes agroforestiers à base de teck ou d'*Acacia mangium* en Indonésie, ou à base de cocotier au Vanuatu. Ces études montrent comment évolue la quantité de lumière disponible et sa répartition spatiale en fonction du développement des arbres. Elles permettent de planifier les cultures possibles en fonction de leur tolérance à l'ombrage.

Des expériences de simulation sont aussi menées pour évaluer les possibilités d'optimisation de ces systèmes en modifiant la densité des arbres et leur motif de plantation, ou bien en élaguant les branches basses quand le développement des arbres devient trop important. On a pu montrer, par exemple, comment l'orientation Nord-Sud des lignes d'arbres améliore la répartition de la lumière dans la parcelle ou comment un élagage de la partie inférieure de la couronne d'*Acacia mangium* de trois ans permet de quadrupler la quantité de lumière disponible pour les cultures intercalaires.

Plantes de tournesol (variété Heliasol) au champ. © H. Rey, Cirad

Plantes de tournesol simulées avec le logiciel AMAPsim. © H. Rey, Cirad

Définir des idéotypes de variétés de tournesol

L'interaction entre la vitesse de développement et la croissance des organes chez le tournesol est abordée en fonction des conditions de température et de lumière que rencontre la culture au cours de sa croissance et en fonction du dispositif de plantation retenu. L'expérimentation virtuelle aboutit à une optimisation des dispositifs de plantation (densité, écartement) pour des écotypes et des situations géographiques déterminées. Il est aussi possible de définir, dans l'itinéraire cultural, des périodes de plus ou moins grande sensibilité de la culture à des déficits hydriques et ainsi d'optimiser l'irrigation.

Ces études permettent de définir des idéotypes de variétés de tournesol, prenant en compte à la fois les caractéristiques architecturales (par exemple pour une meilleure interception de la lumière) et les caractéristiques de croissance de la plante (pour une meilleure exploitation de l'eau et des conditions de température) afin d'être les plus performants dans des conditions environnementales fluctuantes. Cette approche agro-physiologique permet de tester le comportement des variétés de tournesol dans des nouvelles conditions d'environnement et d'adapter les techniques culturales. D'autres études du même type ont été menées sur le coton, le maïs ou encore la tomate, utilisant le modèle GreenLab.

Partenaires

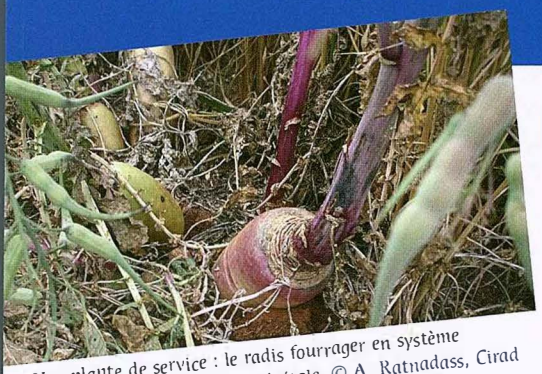
- Chinese Academy of Sciences – Institute of Automation (CASIA), Chine
- Laboratoire d'informatique d'automatique et de mathématiques appliquées (LIAMA), Chine
- China Agricultural University (CAU), Key laboratory of plant-soil interactions, Chine
- Institut national de la recherche en informatique et automatique (INRIA), Equipe projet DIGIPLANTE, France

cirad

Régulation des bio-agresseurs dans les agrosystèmes tropicaux

Diversifier les espèces végétales dans les systèmes de culture

En cultivant des variétés aux exigences de sol et de climat différentes, la diversification des espèces ou des variétés dans les agrosystèmes réduit les risques de perte de récolte, en particulier dans le contexte du changement climatique. De même, les associations de céréales et de légumineuses ou l'utilisation de plantes de couverture réduisant l'érosion confortent la sécurité alimentaire. Les effets de cette diversification végétale sur les populations et les dégâts des bio-agresseurs (ravageurs et maladies) des cultures sont pourtant mal connus. Dans une optique de durabilité économique et environnementale, il est donc important de mieux comprendre et utiliser les interactions afin de minimiser les éventuels impacts négatifs et de limiter le recours aux pesticides de synthèse.



Une plante de service : le radis fourrager en système de culture avec couverture végétale. © A. Ratnadass, Cirad

La diversification végétale spécifique

Une grande diversité d'espèces végétales, ou diversité végétale spécifique (DVS), caractérise les écosystèmes naturels, qui souffrent beaucoup moins de bio-agressions que les écosystèmes cultivés. L'utilisation de variétés de plantes cultivées résistantes aux bio-agresseurs et la définition des modalités optimales du déploiement spatio-temporel de ces résistances jouent un rôle clé dans la protection des cultures. Au-delà de la simple diversification génétique, la DVS maximise les processus écologiques de régulation des ravageurs et des pathogènes comme la conservation d'ennemis naturels.

Dans ce cadre, le Cirad conduit avec ses partenaires en milieu tropical un projet d'optimisation des mécanismes écologiques de gestion des bio-agresseurs pour une amélioration durable de la productivité des agrosystèmes (projet OMEGA3). Il analyse les effets de l'introduction d'une diversité spatiale et temporelle d'espèces végétales dans les systèmes de culture sur les populations de bio-agresseurs. Plusieurs systèmes représentant une gamme de bio-agresseurs et de plantes-hôtes en zone tropicale sont étudiés : les systèmes agroforestiers à base de caféier au Costa Rica et de cacaoyer au Cameroun, les systèmes de semis direct avec couverture végétale à base de riz pluvial à Madagascar, les systèmes vivriers-maraîchers à base de gombo et tomate au Niger, les systèmes maraîchers à base de tomate en Martinique et de cucurbitacées à la Réunion…

Contacts

Alain Ratnadass
Cirad, UR HortSys
ICRISAT
BP 12404 Niamey
Niger
alain.ratnadass@cirad.fr

Jacques Avelino
Cirad
UR Maîtrise des bio-agresseurs des cultures pérennes
IICA/PROMECAFE
Apartado postal 55 2200
Coronado San José
Costa Rica
jacques.avelino@cirad.fr

En savoir plus :
www.open-si.com/omega-3

Les processus de régulation des bio-agresseurs

L'introduction d'une diversité végétale spécifique induit différents processus de régulation des bio-agresseurs (insectes, agents pathogènes ou plante parasite) qui sont analysés :

- les effets assainissants de plantes de service en précédent cultural vis-à-vis du flétrissement bactérien sur la tomate en Martinique ;
- les effets allélopathiques de plantes de couverture vis-à-vis des vers blancs et du Striga sur le riz pluvial à Madagascar ;
- les effets de détournement de plantes-pièges, couplés à des effets barrière et de lutte biologique de conservation sur la noctuelle de la tomate et l'aleurode blanche sur cultures maraîchères en Martinique et au Niger ;
- les mêmes effets « assistés » par des attractifs alimentaires couplés à des insecticides biologiques sur les mouches des cucurbitacées à la Réunion ;
- les effets d'association d'arbres et arbustes sur la dynamique des punaises mirides et l'épidémiologie de la pourriture brune des cabosses sur le cacaoyer au Cameroun ;
- les effets de la fragmentation du paysage sur l'épidémiologie de la rouille orangée et sur la dynamique du scolyte sur le caféier au Costa Rica.

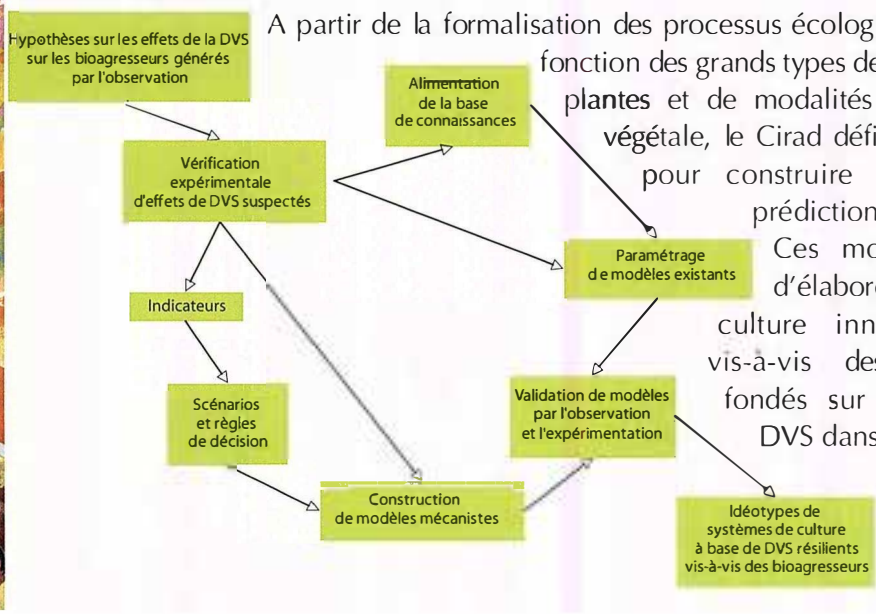
Caféière en plein ensoleillement ravagée par la rouille, en Papouasie Nouvelle Guinée. © J.Avelino, Cirad

Caféière sous ombrage au Costa Rica : l'ombrage réduit les risques liés à la rouille. © J. Avelino, Cirad

Des systèmes de culture innovants

Un inventaire des plantes de service utilisables pour la gestion agroécologique des bio-agresseurs en systèmes horticoles (en Martinique) ou en systèmes de semis direct avec couverture végétale (à Madagascar) est proposé. Ainsi, l'intérêt du radis fourrager, *Raphanus sativus*, a été mis en évidence autant pour ses effets antibactériens sur *Ralstonia solanacearum* en culture de tomate que pour son effet suppressif sur les vers blancs en riziculture sur couverture végétale. Des effets conflictuels de l'ombrage ont aussi été mis en évidence sur l'incidence de la rouille orangée dans les systèmes agroforestiers de culture du caféier : l'ombrage réduit l'incidence de la maladie par rapport à la pleine exposition au soleil via la réduction de la charge fruitière, mais l'augmente via les conditions d'humidité plus favorables à l'infection et au développement de la maladie qu'il crée.

A partir de la formalisation des processus écologiques étudiés et en fonction des grands types de bio-agresseurs, de plantes et de modalités de diversification végétale, le Cirad définit des indicateurs pour construire des modèles de prédiction des infestations. Ces modèles permettent d'élaborer des systèmes de culture innovants, résilients vis-à-vis des bio-agresseurs, fondés sur l'introduction de DVS dans les agrosystèmes.



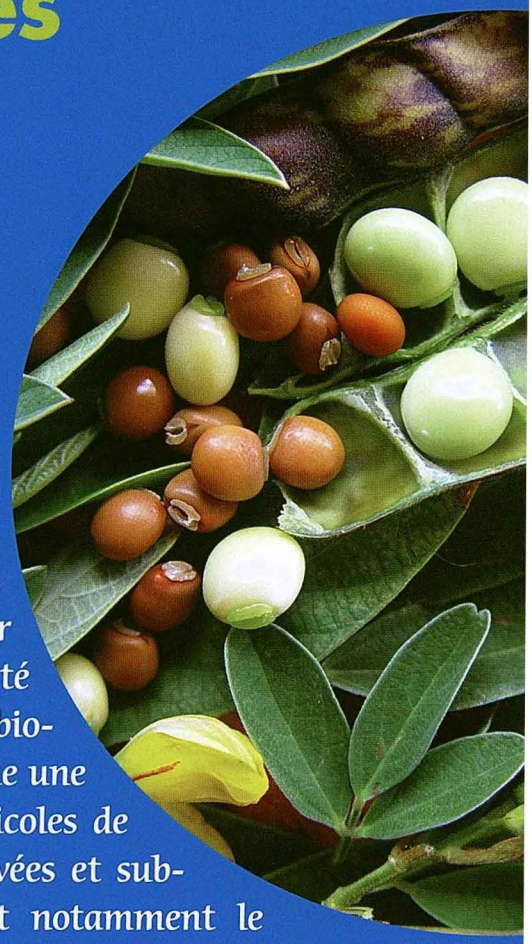
Partenaires

- ICRISAT, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Inde/Niger
- CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica
- INRAN, Institut national de la recherche agronomique du Niger
- FOFIFA, Centre de recherche agronomique de Madagascar
- IRAD, Institut de recherche agricole pour le développement, Cameroun
- Universités du Cameroun, Costa Rica, Madagascar et Niger
- INRA, Institut national de la recherche agronomique, France

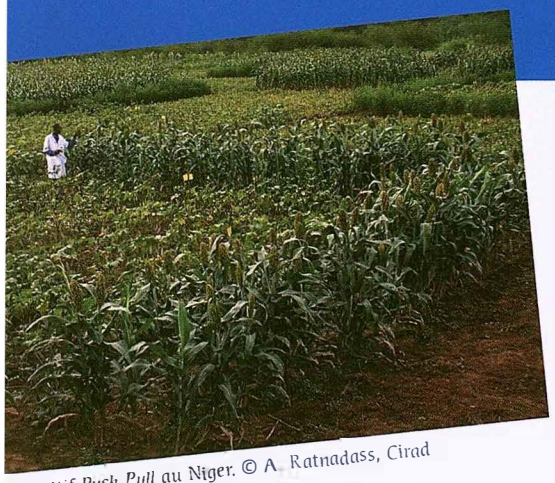
cirad

Gestion agro-écologique des cultures fruitières et maraîchères

Intensifier les **régulations biologiques** pour maîtriser les bio-agresseurs



Aujourd'hui, les systèmes horticoles doivent évoluer pour à la fois augmenter leur productivité et prévenir les risques pour la santé humaine et l'environnement. La maîtrise des bio-agresseurs sans recours aux pesticides de synthèse constitue une voie privilégiée pour la mise au point des systèmes horticoles de demain. L'augmentation de la diversité des plantes cultivées et sub-spontanées dans les systèmes de culture, en favorisant notamment le développement des organismes auxiliaires (prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs...), permet de contrôler plus durablement les populations de ravageurs.



Dispositif Push Pull au Niger. © A. Ratnadass, Cirad

Réduire l'impact des bio-agresseurs

Le Cirad étudie les mécanismes et les conditions de réduction des impacts négatifs des bio-agresseurs par l'introduction planifiée d'une diversité végétale dans les systèmes de culture et par l'aménagement raisonné de structures paysagères (haies vives, bordures enherbées, répartition des cultures dans l'espace et dans le temps...) :

- inventaire et dynamique de la faune et de la flore dans les systèmes horticoles y compris dans les parcelles voisines naturelles et cultivées ;
- identification et caractérisation de plantes de service dans le cadre de rotations et d'associations culturales ;
- expérimentation de nouvelles associations de culture et de plantes de service ;
- conception de dispositifs qui repoussent les ravageurs de la culture et les attirent vers des plantes-pièges ou qui attirent les ennemis de ces ravageurs (dispositifs push-pull) ;
- modélisation des interactions et des régulations entre plantes, bio-agresseurs et auxiliaires dans les systèmes de culture.

Contacts

Alain Ratnadass
Cirad, UR HortSys
ICRISAT
BP 12404, Niamey
Niger

alain.ratnadass@cirad.fr

Eric Malézieux
Cirad, UR HortSys
Boulevard de la Lironde 34398
Montpellier Cedex 5
France

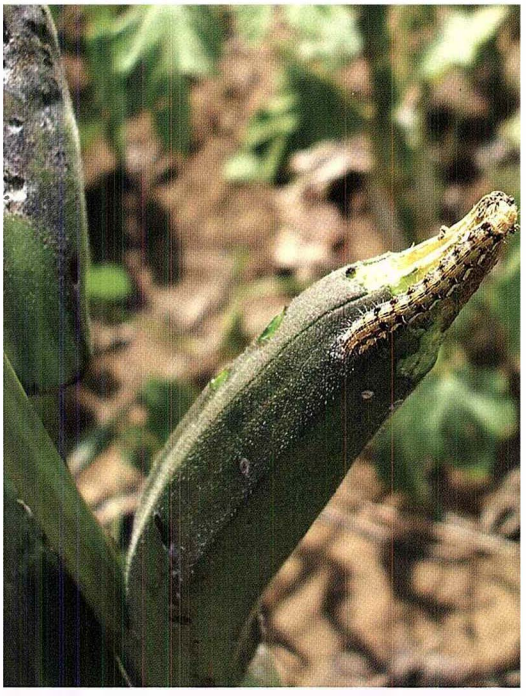
eric.malezieux@cirad.fr

Entomofaune des systèmes maraîchers aux Antilles

Dans les systèmes maraîchers antillais, des expérimentations sont conduites pour vérifier si les bordures de champ enherbées peuvent créer des habitats et fournir des ressources alimentaires pour les ennemis naturels de la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa zea*) et de la pyrale des cucurbitacées (*Diaphania hyalinata*).

Des bordures de plantes pièges, comme le maïs, sont également mises en place à l'extérieur des cultures pour optimiser la régulation biologique des populations de ces deux importants ravageurs. Ces travaux sont réalisés en partenariat avec des agriculteurs.

Chenille d'*Helicoverpa* sur tomate verte.
© A. Ratnadass, Cirad



Helicoverpa armigera sur gombo.
© A. Ratnadass, Cirad

Entomofaune des cultures associées en Afrique de l'Ouest

Au Niger, l'étude des communautés de ravageurs et de leurs auxiliaires est menée dans divers systèmes de culture complexes associant cultures vivrières (mil, sorgho et niébé), fruitières (jujubier, tamarinier) et maraîchères (tomate, gombo, oseille de Guinée et divers légumes-feuilles, etc.). Les interactions entre les différentes espèces de l'entomofaune sont observées et quantifiées.

Des évaluations sont réalisées sur les effets attractifs, répulsifs ou biocides de plantes pouvant être intégrées dans ces systèmes. Les effets attractifs de diverses plantes pièges de bordure – ricin, pois d'angole, crotalaire, sorgho – sur les populations d'insectes des cultures principales sont comparés. De même, les effets répulsifs et biocides d'extraits de neem, pourghère et crotalaire sont évalués.

Dans la région horticole des Niayes au Sénégal, les effets physiques (ombrage, humidité, température) des associations de cultures fruitières et maraîchères sur les communautés de ravageurs et de leurs auxiliaires sont mesurées directement chez les producteurs. L'Université de Dakar lance prochainement un master Ucad-Cirad en agro-écologie horticole fondé sur cette démarche.

Gombo, manioc et palmier à huile dans la zone des Niayes, Sénégal.
© H. De Bon, Cirad

Partenaires

- ICRISAT, Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi- arides, Niger
- UCAD, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

cirad

Culture des vergers en milieu insulaire

Développer des pratiques **respectueuses de l'environnement**

Comment produire des fruits de qualité tout en respectant l'environnement dans des milieux insulaires fragiles ? Cette question représente un enjeu majeur pour les producteurs de fruits des régions tropicales et subtropicales. Il s'agit de concevoir, puis promouvoir des systèmes de culture innovants et durables où la biodiversité retrouvée du verger joue un rôle important. L'hypothèse est qu'un écosystème préservé peut non seulement réduire la demande en intrants chimiques – comme les pesticides ou les engrais – donc limiter les risques de pollutions associées, mais aussi améliorer la qualité des fruits produits.

erger de *Citrus reticulata* cv Fremont. © Cirad

Concevoir et évaluer de nouveaux systèmes de culture

L'objectif d'intensification écologique pose des problèmes multidisciplinaires, leur résolution nécessite donc souvent une approche globale des pratiques agricoles et des agrosystèmes. Il s'agit plus particulièrement de concilier des impératifs économiques et environnementaux, les intérêts des producteurs et de leurs partenaires, les attentes des citoyens…

Afin d'appréhender la problématique en milieu insulaire, le Cirad :

- identifie les contraintes des systèmes de production par un travail d'enquête et d'analyse des pratiques culturales ;
- construit des systèmes de culture innovants afin de répondre aux objectifs d'amélioration identifiés lors des enquêtes ;
- évalue les systèmes de culture innovants, avec des critères d'évaluation co-construits avec les partenaires et utilisant des indicateurs lisibles et acceptés par tous ;
- valide les systèmes de culture en milieu réel, chez les producteurs.

Contacts

Fabrice Le Bellec
Cirad
UR HortSys
Station du Bouchu
97119 Vieux-Habitants
Guadeloupe

fabrice.le_bellec@cirad.fr

Christian Lavigne
Cirad
UR HortSys
PRAM, Petit Morne, BP 214
97285 Le Lamentin Cedex 2
Martinique

christian.lavigne@cirad.fr

Utiliser des plantes de couverture dans les vergers d'agrumes aux Antilles

Plante de couverture en verger d'agrumes. © Cirad

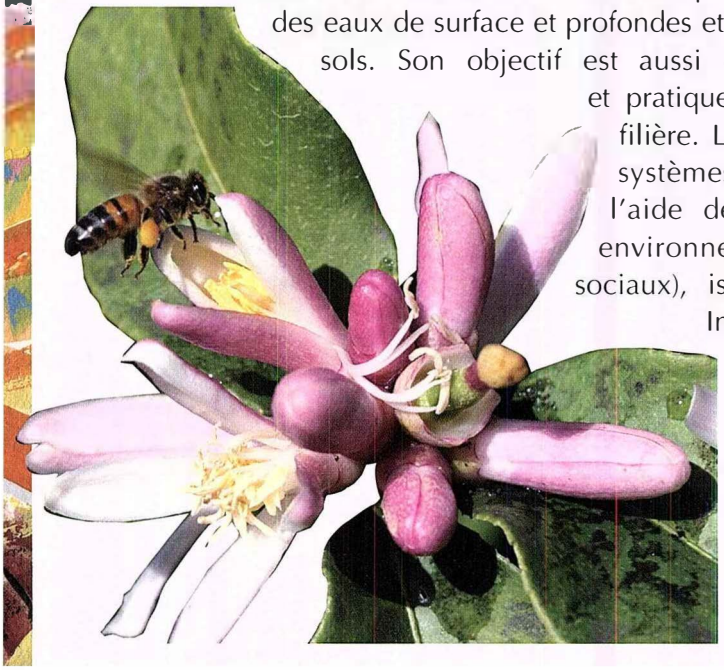
Les enquêtes de terrain ont permis d'identifier et de hiérarchiser les principales sources de pollution liées à la culture des agrumes. Elles sont dues à l'emploi de pesticides de synthèse dans la lutte contre les ravageurs et les adventices qui se développent toute l'année : insecticides appliqués au sol contre les larves de vers blancs (Diaprepes spp. et Phyllophaga sp.) causant des dégâts importants sur les racines des jeunes arbres, traitements préventifs contre les acariens phytophages et applications régulières d'herbicides totaux (4 à 6 par an) pour contrôler l'enherbement du verger.

Afin de diminuer les risques de pollution dues à ces pratiques, le Cirad en collaboration avec l'Inra-Guadeloupe développe des stratégies de gestion de l'enherbement. Celles-ci reposent sur des pratiques d'associations culturales pérennes comme l'utilisation de plantes de couverture (légumineuses) ou la sélection d'un enherbement naturel offrant plus d'interactions bénéfiques que de compétition avec les agrumes. Les bénéfices sont la lutte contre les adventices, la limitation des risques érosifs, la création de refuges pour la faune auxiliaire et l'amélioration de la fertilité des sols. Ces systèmes de culture sont évalués et comparés, avec les acteurs de la filière, sur la base d'indicateurs construits ensemble. Ainsi, le bilan agronomique permet d'équilibrer les besoins en eau et nutriments, le bilan écologique mesure les effets bénéfiques sur la faune auxiliaire, le bilan économique calcule la meilleure marge nette.

Charançon des agrumes. © Cirad

Evaluer la performance des systèmes de culture : le projet DéPhi en Guadeloupe

Le projet DéPhi (Développement et évaluation des systèmes de production horticoles intégrés en Guadeloupe) vise à concevoir, développer et évaluer de nouveaux systèmes de culture qui respectent l'environnement, en favorisant notamment la biodiversité cultivée, la lutte contre l'érosion, la prévention des risques de pollution des eaux de surface et profondes et la restauration de la fertilité des sols. Son objectif est aussi de diffuser ces connaissances et pratiques novatrices aux acteurs de la filière. La validation de ces pratiques et systèmes de culture sera réalisée à l'aide de différents indicateurs (agro-environnementaux, économiques et sociaux), issus en partie de la méthode Indigo® développée par l'Inra-Nancy-Colmar. Ces indicateurs seront avant tout des outils d'aide à la décision permettant aux différents acteurs de la filière de calculer l'impact de leurs pratiques culturales sur l'environnement.



Abeille sur fleur de cédrat. © Cirad

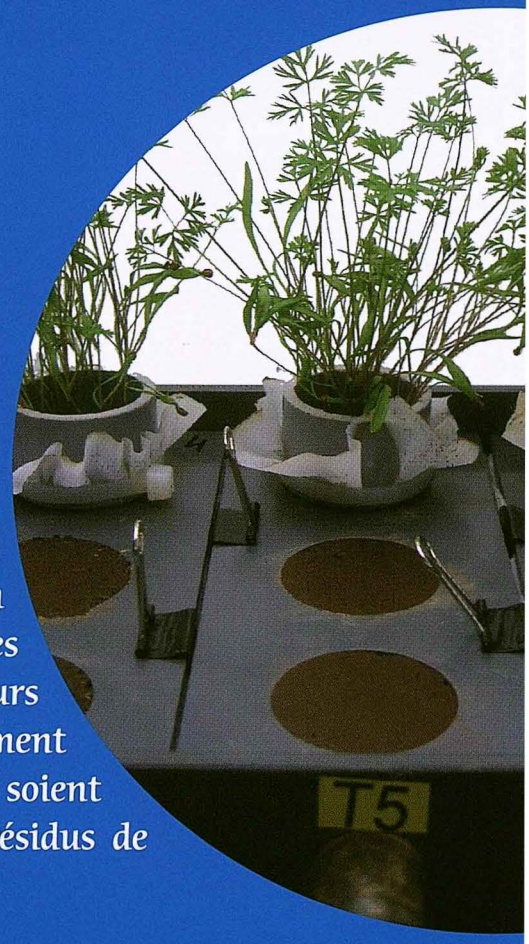
Partenaires

- Inra, Institut national de la recherche agronomique, France
- Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe

cirad

Gestion du risque pesticide en horticulture

Préserver l'environnement et la qualité sanitaire des fruits et légumes



Les systèmes de production horticoles sont de gros consommateurs d'intrants, tout particulièrement de pesticides en milieu tropical car la pression parasitaire y est élevée. L'usage de ces pesticides peut cependant porter préjudice à la santé des agriculteurs et des consommateurs ainsi qu'à l'environnement. Comment préserver la qualité sanitaire des fruits et légumes, qu'ils soient consommés localement ou non ? Comment limiter les résidus de pesticides dans les sols et dans les eaux ?

Des fruits et des légumes sains et diversifiés. © M. Jannoyer, Cirad

Limiter les résidus de pesticides

Le Cirad a développé une expertise sur l'utilisation réglementaire des produits phytosanitaires, l'anticipation des risques et la gestion des pollutions par les pesticides dans les zones de production horticoles tropicales fragiles (milieux insulaires, zones périurbaines). Des pratiques culturales et des outils d'aide à la décision pour le producteur sont disponibles pour limiter les résidus de pesticides dans les fruits et légumes, y compris lorsque ceux-ci sont cultivés en zone polluée.

Limiter l'impact des pesticides sur la santé des agriculteurs et sur l'environnement nécessite de réduire les sources de pollution. En premier lieu, il s'agit de proposer des systèmes de culture durables avec peu ou pas d'intrants : le Cirad participe à l'élaboration de cahiers des charges pour des modes de production biologique. En second lieu, il est aussi important de former les utilisateurs au respect des bonnes pratiques et à la mise en place de traitement des effluents phytosanitaires afin de réduire le risque environnemental avant que les pesticides n'atteignent l'eau et le sol. Le Cirad a adapté le dispositif Biobed, qui permet la biodégradation des matières actives les plus utilisées actuellement aux Antilles.

Contacts

Magalie Lesueur Jannoyer
Cirad, UR HortSys
PRAM
Petit Morne, BP214
97285 Le Lamentin
Martinique

magalie.jannoyer@cirad.fr

Henri Vannière
Cirad
UR HortSys
Boulevard de la Lironde
34398 Montpellier Cedex 5
France

henri.vanniere@cirad.fr

Anticiper les risques de contamination des cultures aux Antilles

La chlordécone est un insecticide organochloré qui a été utilisé de 1972 à 1993 aux Antilles. Cette molécule est stable et persiste aujourd'hui encore dans les sols des parcelles où elle a autrefois été appliquée. Elle contamine les cours d'eau et les nappes, ainsi que certaines cultures comme les racines et tubercules. Le niveau de contamination observé dépend des anciennes pratiques d'apport du pesticide à la parcelle, du type de sol et des pratiques actuelles et passées pour le travail du sol et le type de production végétale. Actuellement, la conformité sanitaire des productions végétales est garantie par le respect de la réglementation européenne, en particulier par une limite maximale en résidu (LMR) : toute production présentant un niveau de résidu supérieur à la LMR ne peut être commercialisée. Les études du transfert de la molécule du sol vers les cultures permettent d'élaborer des outils d'anticipation du risque, en traduisant la LMR appliquée aux denrées alimentaires en une limite maximale pour le sol de la parcelle. Comme les cultures (racines, canne à sucre, banane...) ne présentent pas toutes le même niveau de risque de contamination, le producteur peut, en fonction du résultat de l'analyse de sol, choisir une production végétale dont la qualité sanitaire sera préservée. Cette pollution environnementale est hétérogène à l'échelle de la parcelle et à l'échelle du territoire. Des outils adaptés intégrant la dimension spatiale sont en cours de développement.

Bananeraies anciennes, au sol pollué par l'usage passé de la chlordécome.
© H. Vannière, Cirad

Biobed, une technologie de bioépuration des effluents phytosanitaires

Le nettoyage des appareils de pulvérisation et des récipients, ainsi que les rejets de fond de cuve des pulvérisateurs sont souvent à l'origine de la pollution des cours d'eau proches par les pesticides. Afin d'éviter ces pollutions, ponctuelles ou chroniques, et de gérer ces effluents phytosanitaires dans l'exploitation agricole, le Cirad a adapté un système de bioépuration, le Biobed. Ce dispositif est une fosse contenant un substrat organique dans laquelle l'effluent phytosanitaire est versé. C'est un système clos, couvert et imperméable. En Guadeloupe, le substrat utilisé est de la bagasse de canne à sucre mélangée à de la terre. Il fixe les matières actives et favorise leur dégradation grâce aux microorganismes présents. Son efficacité est démontrée pour cinq matières actives couramment utilisées aux Antilles : glyphosate (herbicide), mancozèbe (fongicide), abamectine (acaricide), malathion et lambda cyhalothrine (insecticides). Après six mois d'activité du Biobed, les matières actives sont biodégradées à plus de 90 % et le substrat final est conforme aux tests d'écotoxicité (normes Iso 11268-1 et Iso 11269-2). Ce recyclage permettrait même d'épandre ce substrat sur les terres. Cette technologie est simple et peu onéreuse. Elle est bien adaptée à une petite exploitation agricole.

Dispositif Biobed.
© F. Le Bellec, Cirad

Partenaires

- Direction de l'agriculture et de la forêt, Services de la protection des végétaux, France
- Direction de l'environnement, France
- Direction de la santé et du développement social, France
- Institut national de la recherche agronomique, France
- Programme initiative pesticides - Coleacp, Union européenne

cirad

Les mouches des fruits et des légumes en milieu tropical

Réguler les populations en respectant le milieu naturel et la santé humaine

En zones tropicales, les mouches (Diptera, Tephritidae) sont présentes dans les principales régions de cultures fruitières ou maraîchères. Elles provoquent des pertes de rendements parfois considérables, mais ce sont en outre des organismes de quarantaine dans la très grande majorité des pays importateurs. L'accroissement des échanges entre les pays entraîne l'introduction d'espèces dans des régions où elles n'étaient pas observées auparavant. Ainsi, une nouvelle espèce de mouche des fruits, *Bactrocera invadens*, signalée sur le continent africain en 2003, s'y est très vite largement répandue, handicapant les productions et les exportations de mangues en Europe.

nelle *Bactrocera invadens* sur une mangue. © J.F Vayssière, Cirad

Connaître la bio-écologie et le comportement des ravageurs

Le Cirad met au point et propose des méthodes innovantes de gestion des populations sont à la fois économiques et respectueuses de l'environnement. Ses recherches visent à :

- recenser et identifier les mouches des fruits et leurs ennemis naturels dans les zones de culture fruitières et maraîchères ;
- étudier et modéliser la dynamique des populations de ces ravageurs, ainsi que celle de leurs ennemis naturels ;
- acquérir une connaissance fine des préférences écologiques et du comportement des mouches et de leurs ennemis naturels ;
- évaluer une large gamme de techniques (prophylaxie, piégeage de surveillance, appâts localisés, piégeage de masse, technique de destruction des mâles, lutte biologique classique et de conservation...) et les associer afin de diminuer les populations de ces ravageurs dans les zones de cultures et les zones réservoirs ;
- intégrer les techniques dans le cadre d'une gestion agro-écologique des populations de ravageurs ;
- tester des méthodes de lutte après récolte sans utilisation de pesticides ;
- diffuser les savoirs aux acteurs de la filière ;

Ces travaux sont menés en Afrique selon une approche de gestion à l'échelle du bassin de production. Ils visent en outre à développer les coopérations régionales (projet ouest-africain de lutte contre les mouches des fruits, mouches des légumes dans l'océan Indien).

Contacts

Jean-François Vayssières
Cirad
UR HortSys
c/o IITA - Cotonou
Bénin

jean-francois.vayssieres@cirad.f

Serge Quilici
Cirad
UMR PVBMT
Pôle 3P - 7 chemin de l'IRAT
97410 Saint-Pierre
Réunion

serge.quilici@cirad.fr

Eliminer les sources de contamination et favoriser les ennemis naturels

Les mouches des fruits pondent dans les fruits où leurs larves se développent avant de gagner le sol pour se transformer en pupes. Le ramassage des fruits à terre, puis leur mise en sacs plastiques placés au soleil pendant quelques jours est une des mesures prophylactiques simples mais efficaces.

- L'utilisation d'un augmentorium, actuellement testé à la Réunion, permet d'éliminer les adultes de mouches tout en préservant leurs parasitoïdes naturels.
- Les fourmis oecophylles diminuent significativement les dégâts dus aux mouches des fruits sur mangues. L'intérêt de préserver leurs nids ou d'introduire des colonies dans les vergers a été mis en évidence au Bénin.
- A la Réunion, l'introduction puis l'acclimatation de *Fopius arisanus*, un parasitoïde d'origine asiatique s'attaquant aux œufs de certaines mouches, a permis une forte réduction des populations dans les zones-réservoirs. L'introduction de cette espèce est envisagée à court terme dans différents pays d'Afrique.
- Dans les parcelles cultivées, la mise en place de pièges contenant des paraphéromones permet de surveiller les fluctuations des populations de mouches. Il est ainsi possible d'optimiser la lutte en intervenant avant les pics de pullulation du ravageur.

Fourmis oecophylles au travail sur une mangu
© J.F Vayssière, Cirad

Appliquer des traitements localisés

Une des techniques validées en protection intégrée consiste en des traitements localisés par taches, associant un attractif alimentaire à de faibles quantités d'insecticide : en vergers, appliquer un mélange d'un insecticide naturel et un attractif alimentaire sur une partie du feuillage ; en cultures de Cucurbitaceae, traiter les plantes de bordure, où les adultes de mouches viennent se rassembler pendant la majeure partie de la journée. L'application est décidée en fonction du seuil économique de nuisibilité de chaque région de production. L'emploi d'insecticide d'origine microbienne couplé avec ce traitement localisé présente l'avantage de préserver les ennemis naturels des mouches comme l'entomocoenose du verger.

Détection de mouches sur mangue. © J.F Vayssière, Cirad

Traiter les fruits à l'eau chaude

Le traitement des fruits après récolte est exigé par certains pays pour autoriser l'importation des fruits. Il peut-être chimique, physique (traitement à la vapeur ou à l'eau chaude) ou faire appel à l'irradiation. Par exemple, sur la mangue après la récolte et le tri, juste avant l'expédition, les fruits sont trempés dans un bain d'eau chaude afin de détruire les oeufs et les larves des mouches des fruits qui n'auraient pas été éliminés lors des tris, sans altérer la qualité du fruit.

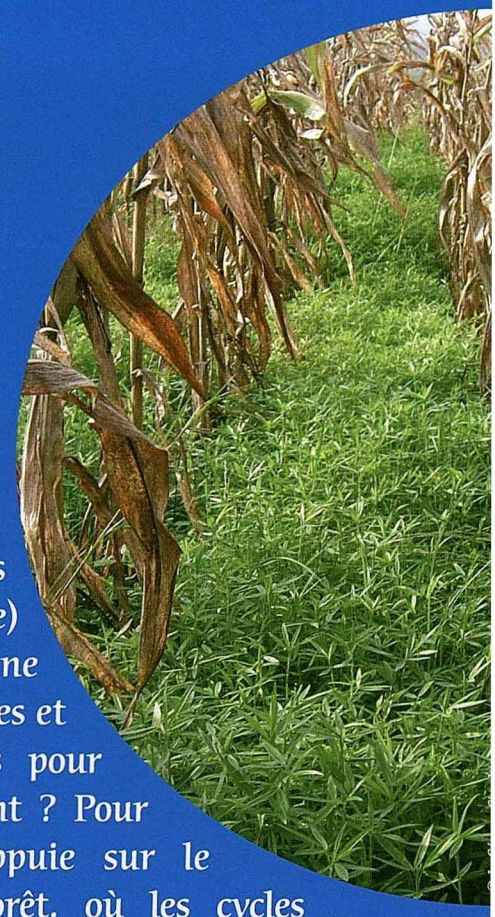
Partenaires

- COLEACP, Comité de liaison Europe – Afrique – Caraïbes – Pacifique
- FGDON, Fédération départementale des groupements de défense contre les organismes nuisibles de la Réunion, Réunion
- LITA, Institut international d'agriculture tropicale, Bénin
- ISRA, Institut sénégalais de recherches agricoles, Sénégal
- UFR SADR, Unité de formation et de recherche des sciences agronomiques et du développement rural,
- Université de Thiès, Sénégal

cirad

Le semis direct avec couverture végétale

Un outil d'ingénierie pour **l'intensification écologique**



Les systèmes de culture conventionnels reposant sur le travail du sol, sur le recours massif aux intrants d'origine industrielle (engrais, pesticides et énergie) et sur un petit nombre d'espèces cultivées ne permettent plus de répondre aux défis alimentaires, sanitaires et environnementaux. Comment continuer à produire plus pour nourrir les populations tout en protégeant l'environnement ? Pour assurer cette intensification écologique, le Cirad s'appuie sur le fonctionnement des écosystèmes naturels, tel que la forêt, où les cycles biologiques et biochimiques se régulent naturellement. Il conduit des recherches pour faire évoluer les agrosystèmes vers de véritables écosystèmes cultivés. Il développe en particulier des techniques de protection et de restauration du sol en associant le semis direct et des couvertures végétales permanentes.

Culture de soja dans de la paille de riz. © P. Lienhard, Cirad

Les systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale

Les systèmes de culture en semis direct avec couvertures végétales (SCV) reposent sur trois principes : l'absence de tout travail du sol, la couverture végétale permanente du sol associant des espèces dédiées à la production de biomasse et des résidus de récolte, la constitution d'une large biodiversité d'espèces cultivées en rotation, association et successions culturales. Cet ensemble conduit à la création d'un micro-environnement pour la plante : meilleure expression de son potentiel de résistance aux bio-agresseurs et augmentation de la productivité (grain, gousse, fibre...).

Le respect de ces principes, l'étude de leur mise en œuvre et leur maîtrise constituent les bases d'une ingénierie appliquée à l'intensification écologique. Il s'agit de concevoir des modèles de systèmes de culture adaptés à différents environnements socio-économiques et biophysiques et reposant sur une meilleure gestion des ressources naturelles, telles que l'énergie solaire, la biodiversité, l'eau, le carbone, le sol.

Le Cirad conçoit des systèmes de culture SCV en menant une activité centrée sur le développement agricole. Il conduit des recherches visant à la compréhension des processus mis en jeu et à la construction des indicateurs pour leur pilotage.

Contacts

André Chabanne
Francis Forest
Cirad
UR Couverts permanents
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France

andre.chabanne@cirad.fr

francis.forest@cirad.fr

En savoir plus :
http://agroecologie.cirad.fr

Les SCV : un outil au service d'une nouvelle agriculture

Couverture de *Bracharia ruzisiensis* entre les rangs de manioc.
© F. Tivet, Cirad

Les dispositifs de terrain du Cirad combinent une large diversité de contextes biophysiques et socio-économiques représentatifs des milieux tropicaux. Les SCV mis au point au Brésil par les équipes du Cirad sont maintenant utilisés en Afrique centrale (Cameroun), en Afrique du Nord (Tunisie), dans l'Océan indien (Madagascar), en Asie (Cambodge, Laos, Vietnam, Thaïlande et Chine) et aux Antilles (Guadeloupe) pour :

– régénérer les sols tropicaux dégradés par des modes d'utilisation inappropriés ;
– mettre en valeur agricole des espaces naturels sans compromettre leur potentiel de production ;
– proposer des systèmes de culture à minimum d'intrants chimiques, pour des productions saines et sans facteur de pollution pour l'eau, le sol et l'air ;
– développer des rizicultures alternatives diversifiées en utilisant des SCV et des variétés de riz créées pour les SCV, à haut potentiel de production et valorisant aux mieux des ressources en eau limitées ;
– détoxifier les sols par bioremédiation, etc.

Récolte manuelle de semences de *Bracharia ruzisiensis*.© P. Grard, Cirad

Les SCV permettent ainsi la mise en œuvre de systèmes d'exploitation durables grâce une meilleure gestion des ressources naturelles et à une meilleure intégration entre l'agriculture, l'élevage et les cultures pérennes. Appliqués à l'échelle de plusieurs villages, ils apportent une contribution pertinente en matière d'aménagement raisonné des espaces agraires. De plus, diffusés à plus large échelle, ils peuvent contribuer à répondre aux enjeux mondiaux en matière de sécurité alimentaire et d'environnement (gestion des ressources naturelles partagées, réchauffement climatique, biodiversité…).

Nombreux turricules des vers de terre dans une parcelle de riz pluvial en semis direct dans une couverture végétale de *Stylosanthes*.
© F. Tivet, Cirad

Les SCV et les services environnementaux

Avec ses partenaires, le Cirad analyse les fonctions écosystémiques des SCV, notamment en rapport avec la dynamique de la matière organique du sol, avec l'activité biologique des sols et la gestion des bio-agresseurs.

Par exemple, les résultats obtenus depuis dix ans au Brésil, à Madagascar et au Laos montrent une tendance générale à l'augmentation du stock de carbone dans les sols ainsi cultivés. Cette séquestration de CO_2 atmosphérique atteint 1,5 tonne par hectare et par an pour des systèmes de culture en rotation raisonnablement fertilisés, produisant environ 16 tonnes par hectare et par an de biomasse primaire recyclable (mulch et racines de céréales et de légumineuses). En France, en Touraine, ces systèmes ont conduit à une séquestration mesurée in situ de 20 tonnes de carbone par hectare obtenue en 10 ans de pratique SCV.

A terme, la diffusion des systèmes SCV peut donc offrir des services environnementaux considérables, lutte contre l'érosion, amélioration de la qualité des eaux et lutte contre l'effet de serre.

Partenaires

- FOFIFA, Centre de recherche agronomique de Madagascar
- Groupement semis direct de Madagascar
- ONG TAFA, Madagascar
- SODECOTON, Cameroun
- EMBRAPA, Office brésilien de la recherche agricole
- Université d'Etat de Ponta Grossa, Brésil
- Ministère de l'agriculture, des forêts et des pêches, Cambodge
- Académie des sciences du Yunnan, Chine
- Institut national de recherche agronomique et forestière, Laos
- Université de Kasetsart, Thaïlande
- Northern Mountainous Agriculture and Forestry Science Institute, Vietnam

cirad

Intensification écologique chez le bananier

Des nouveaux **systèmes de culture plus durables**

Avec 16 millions de tonnes par an, les exportations de banane dessert représentent une part importante des productions agricoles de nombreux pays tropicaux. La production repose encore largement sur la pratique de monocultures intensives. Ces modes de production induisent des dégradations de la fertilité des sols, entraînent une prolifération du parasitisme tellurique et ont des impacts négatifs sur l'environnement et parfois sur la santé humaine. Les producteurs sont confrontés à des problèmes de durabilité de leurs systèmes de culture. Dans plusieurs pays producteurs, on assiste à une montée en puissance des questions environnementales, les consommateurs étant de plus en plus soucieux de la qualité des produits et de leur mode de production ; de nouvelles réglementations très strictes sur l'utilisation des produits phytosanitaires sont d'ailleurs appliquées en particulier sur le marché européen. Dans ce contexte, le développement de systèmes de culture innovants et durables est devenu un enjeu majeur pour tous les pays producteurs de bananes.

Test de nouvelle variété résistante à la cercosporiose noire, Guadeloupe. © R. Domergue, Cirad

Conception de nouveaux systèmes de culture

Pour réduire les impacts environnementaux négatifs et répondre aux évolutions sociétales et règlementaires, le Cirad a développé des nouveaux systèmes de culture à base de bananiers. Des systèmes plus durables sont proposés qui mettent en œuvre des pratiques culturales alternatives à l'utilisation d'intrants chimiques : utilisation de matériel végétal sain sur sol sain, techniques de lutte intégrée, organisation spatiotemporelle des systèmes de culture, etc.

L'ensemble des connaissances sur la croissance du bananier a été intégré dans un modèle de simulation. Le modèle SIMBA a ainsi été élaboré et des prototypes de systèmes de culture sont conçus par simulation des performances agronomiques et environnementales d'une gamme de techniques culturales. Cet outil permet d'étudier l'effet des pratiques d'intensification écologique sur le fonctionnement de l'agrosystème et d'aider à construire des nouveaux systèmes de culture.

Contacts

Marc Dorel
Cirad
UR Systèmes bananes et ananas
Station de Neufchâteau
97130 Capesterre-Belle-Eau
Guadeloupe
marc.dorel@cirad.fr

François Cote
Cirad
UR Systèmes bananes et ananas
Boulevard de la Lironde
34398 Montpellier Cedex 5
France
francois.cote@cirad.fr

En concertation avec les filières de production bananière et en particulier avec les producteurs de Guadeloupe et Martinique, le Cirad teste les nouveaux systèmes. Ainsi, l'utilisation de « soja pérenne » *(Neonotonia wightii)* comme plante de couverture est actuellement expérimentée dans les bananeraies antillaises. Les systèmes de culture sont évalués sur leurs performances agronomiques, économiques et environnementales.

Association bananier - *Neonotonia wightii* : le *Neonotonia wightii* est une légumineuse pérenne. ● J.M. Risède, Cirad

Réduction des pesticides

La culture traditionnelle de la banane a souvent recours aux produits phytosanitaires, notamment contre les nématodes. Afin de développer des systèmes de cultures plus durables, le Cirad et sa filiale Vitropic ont, avec les producteurs et les pépiniéristes, mis au point des nouveaux itinéraires techniques utilisant des vitroplants de bananier comme matériel de plantation sur des sols assainis par une jachère ou des rotations culturales appropriées. Les vitroplants sont sains, indemnes de nématodes, d'insectes et de champignons pathogènes. De tels itinéraires évitent le recours systématique aux traitements nématicides. Aux Antilles françaises, ils ont largement contribué à diminuer l'utilisation de produits phytosanitaires sur bananiers : - 60 % en 10 ans.

Plantation de vitroplants de bananier, Martinique. © R. Domergue, Cirad

Pour l'avenir, le Cirad étudie l'influence de l'agencement spatial et temporel du système de culture (mélange de variétés, introduction de discontinuités du type haies...) sur la régulation des bio-agresseurs du bananier.

Piège à charançons dans une bananeraie, Martinique. © R. Domergue, Cirad

Le piégeage du charançon

Une lutte raisonnée permet également de contrôler la présence sur les plantations de *Cosmopolites sordidus*, le charançon noir du bananier. Le piégeage est une méthode de lutte culturale. L'attractivité des pièges est augmentée de manière significative lorsqu'ils sont imprégnés avec une phéromone de synthèse, la sordidine. L'efficacité de cette lutte peut encore être accrue en utilisant des nématodes entomopathogènes du genre *Steneirnema* dans les pièges.

Lutte intégrée contre les nématodes

Les nématodes sont une des composantes principales du parasitisme du sol. Les systèmes de culture reposant sur la pratique de la jachère (ou des rotations culturales) et la plantation de matériel sain (issu de culture in vitro) apportent des solutions efficaces aux problèmes causés par le parasitisme tellurique ; la jachère permet d'assainir le sol, mais pour être optimale, elle doit également protéger le sol de l'érosion ou du développement des adventices. Une couverture du sol pendant la jachère avec des plantes non hôtes des nématodes peut également servir de paillis aux bananiers et améliore de manière significative l'efficacité de l'itinéraire technique. Ces mesures permettent ainsi aux planteurs de s'affranchir des traitements nématicides et de poursuivre une démarche plus respectueuse de l'environnement, notament en réduisant l'utilisation des herbicides.

Partenaires

- UGPBan, Union des groupements de producteurs de bananes de Guadeloupe et de Martinique
- Vitropic, France

cirad

Améliorer les systèmes agroforestiers en zone tropicale humide

Cas des **cacaoyers** et des **caféiers**

En zone tropicale humide, les systèmes agroforestiers (SAF) associent aux arbres forestiers des cultures pérennes (café, cacao, cola, hévéa...), ou encore des cultures vivrières ou de l'élevage. Ces SAF sont issus d'une part, de forêts naturelles dans lesquelles une partie de la végétation d'origine a été substituée par des arbres producteurs ou des cultures, d'autre part, de la replantation d'arbres après une défriche-brûlis de la forêt pour des cultures vivrières. Ces modes d'exploitation aboutissent après quelques années à un système complexe de productions multiples. Ils sont d'abord gérés en fonction des cultures de rente présentes, qui représentent généralement la plus grande partie du revenu des agriculteurs.

Dans le contexte actuel de diminution des terres disponibles, pression démographique rurale, crise alimentaire, limites atteintes par l'intensification conventionnelle de l'agriculture et changement climatique, l'agroforesterie offre des perspectives intéressantes. Améliorer la gestion de ces systèmes, assurer leur durabilité environnementale, technique et sociale constitue un enjeu important pour la recherche et le développement.

Cacaoyer « Nacional », Equateur.
© M. Dulcire, Cirad

Le fonctionnement des SAF à base de cacaoyers ou de caféiers

Les SAF de caféiers et de cacaoyers constituent une forme traditionnelle de production, dont la gestion et le fonctionnement s'apparentent à ceux d'une forêt. Ces systèmes produisent moins de café et de cacao que ceux en culture pure, mais en contrepartie :

- leur conduite exige moins de travail, de pesticides et d'engrais chimiques ;
- les agriculteurs en tirent d'autres productions destinées à l'autoconsommation des ménages ou à la commercialisation : fruits divers, cola, huile et vin de palme, produits médicinaux, huiles essentielles, fourrage, bois d'œuvre, produits d'artisanat, d'emballage, etc. ;
- ils offrent une gamme de services pour l'environnement : conservation de la biodiversité, fertilité des sols, stockage du carbone, etc. ;
- Ils fournissent des biens sociaux et culturels : patrimoine familial, national et international, esthétique des paysages, lieux sacrés, etc.

Contacts

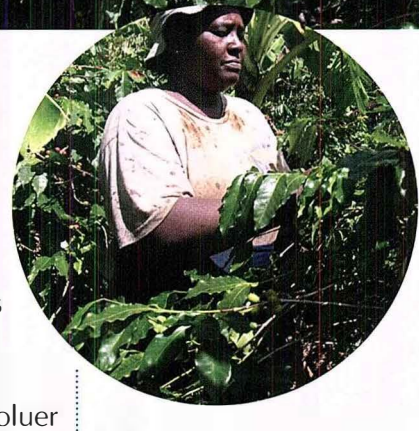
Didier Snoeck
Cirad
UPR Performance des systèmes de cultures pérennes
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France

didier.snoeck@cirad.fr

Michel Dulcire
Cirad
UMR Innovation
73 rue J.-F. Breton
34398 Montpellier Cedex 5
France

michel.dulcire@cirad.fr

Les cacaoyers et les caféiers sont deux espèces originaires des sous-bois, et l'ombrage des autres espèces associées leur est donc naturellement favorable, tout comme la matière organique qu'elles leur apportent. Mais l'ombrage peut aussi avoir des effets défavorables, comme la création d'un milieu propice aux maladies. C'est par le réglage du niveau d'ombrage que l'agriculteur équilibre les effets favorables et défavorables. Ainsi dans les cacaoyères agroforestières, l'ombrage réduit l'incidence des insectes, mais il favorise la pourriture des cabosses. Dans les caféières agroforestières l'ombrage prolonge la période de maturation des fruits pour une meilleure qualité du café, mais il réduit la production.



Caféiers en cote-sous-le vent, Guadeloupe. © M. Dulcire, Cirad

Améliorer la durabilité des SAF

Le Cirad conduit des recherches pour améliorer les performances de ces systèmes de culture complexes. La compréhension et l'accompagnement du développement des SAF impliquent d'abord l'analyse des savoirs locaux, des stratégies et des pratiques des acteurs : producteurs et leurs organisations, transformateurs, conseillers techniques, intermédiaires et industriels, décideurs publics.

La recherche s'intéresse aussi à la capacité des paysans à innover et à faire évoluer leurs métiers. Le Cirad travaille donc avec eux pour améliorer durablement les niveaux de vie des populations.

Ainsi, différentes études sont menées sur ces SAF :

- les savoirs locaux, les stratégies et les pratiques des acteurs ;
- les processus d'innovation sur les pratiques culturales et les modes d'association de différentes plantes pour réduire la pression parasitaire, sur l'évolution des filières ;
- leur impact paysager.

Compte tenu de la complexité des interactions entre les différentes espèces associées, le Cirad développe des modèles d'associations agroforestières pour stabiliser voire augmenter les revenus des agriculteurs, tout en respectant l'environnement.

Association cafeier-érythrine, Costa Rica. © P. Vaast, Cirad

La recherche face aux changements

Le Cirad analyse la contribution de l'agroforesterie à la viabilité des systèmes d'activité des ménages face aux facteurs de changement (économique, climatique, environnementaux), en Afrique subsaharienne et à Madagascar.

L'analyse comparée des différentes histoires locales permet aux chercheurs de :

- mesurer l'impact des SAF sur les économies familiales, le patrimoine foncier, l'environnement ;
- évaluer la flexibilité des systèmes d'activité familiaux face aux changements : diversification des productions, modes de gestion de la biodiversité, mise en œuvre de services pour l'environnement ;
- construire avec les producteurs des réponses techniques et économiques face aux évolutions régionales et internationales ;
- questionner les modèles de développement promus par les politiques publiques.

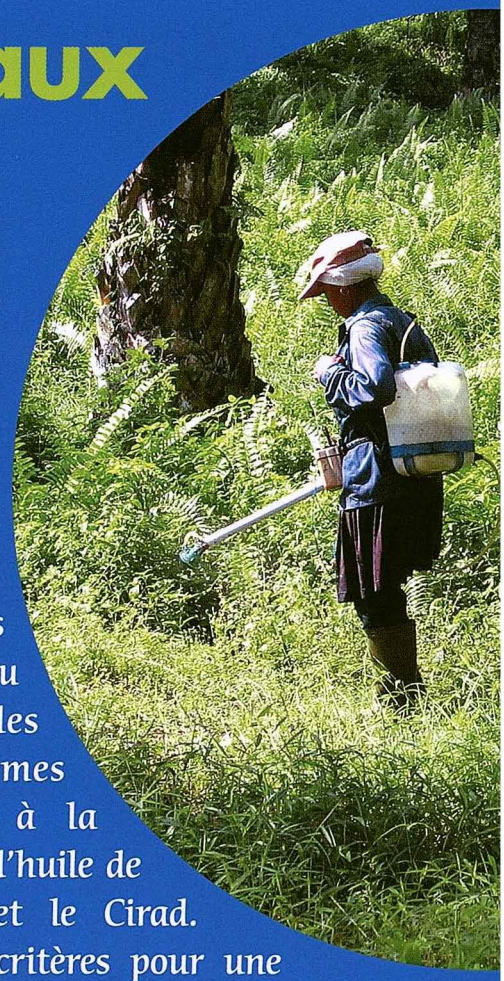
Partenaires

- Pôle de compétence en partenariat Grand-Sud Cameroun
- CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica
- IRAG, Institut de recherche agronomique de Guinée, Guinée
- ICRAF, International Centre for Research in Agroforestry, Kenya
- KEFRI, Kenya Forestry Research Institute, Kenya
- Université d'Antananarivo, Madagascar
- Université de Makerere, Ouganda
- Université de Legon, Ghana

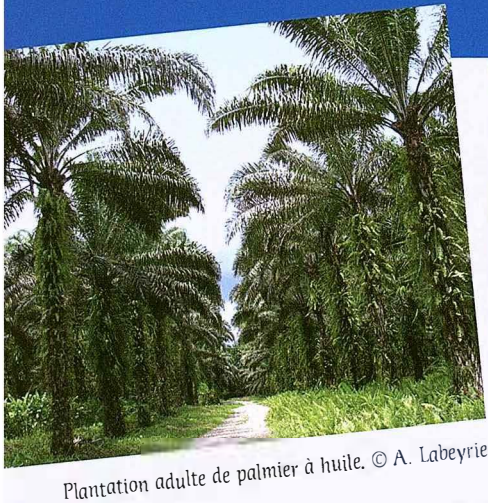
cirad

Impacts agri-environnementaux du palmier à huile

Des **indicateurs** pour une production durable



Un nombre croissant d'organisations non-gouvernementales mettent en cause les systèmes actuels de développement du palmier à huile, accusés d'être responsables d'une dégradation des ressources naturelles et de problèmes environnementaux. Cela a conduit, depuis 2003, à la constitution d'une table ronde pour la production durable d'huile de palme réunissant les différents acteurs de la filière et le Cirad. La démarche s'appuie sur la définition de principes et critères pour une production durable et sur l'utilisation d'un guide de bonnes pratiques. Ces orientations, pour être efficaces, doivent être accompagnées d'indicateurs qualitatifs et quantitatifs précis.



Plantation adulte de palmier à huile. © A. Labeyrie

Evaluation de la durabilité des plantations

La mise en œuvre de ces critères nécessite l'élaboration d'un système normatif et transparent d'évaluation, à partir d'un support scientifique incontestable, en vue de mesurer, évaluer et analyser les effets des pratiques agricoles sur l'environnement, d'informer sur l'état de chaque situation et de suivre les progrès accomplis.

Dans cette optique, le Cirad développe avec ses partenaires un ensemble d'indicateurs agri-environnementaux : la méthode IPALM. La démarche adoptée repose sur la méthode INDIGO® développée pour les cultures tempérées par l'Inra de Colmar. Elle est fondée sur un système croisant les pratiques agricoles et les composantes de l'agro-écosystème qui peuvent être affectées, par exemple la qualité des eaux de surface et souterraines, la qualité de l'air, la fertilité du sol, ou encore la biodiversité.

Contacts

Jean-Pierre Caliman
Cirad
UR Performance des systèmes de cultures pérennes
c/o P.T. SMART,
PO Box 1348
28000 Pekanbaru, Riau
Indonésie

jean-pierre.caliman@cirad.fr

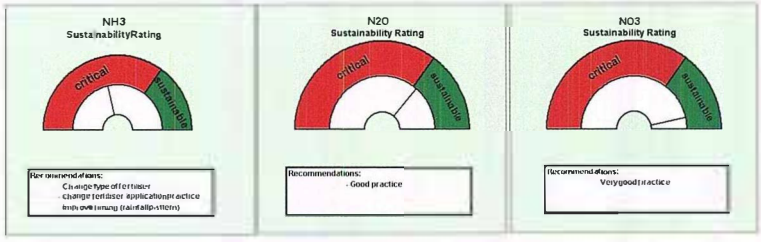
Aude Verwilghen
Cirad
UR Performance des systèmes de cultures pérennes
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France

aude.verwilghen@cirad.fr

Des outils d'évaluation, d'aide à la décision et de communication

Ces indicateurs agri-environnementaux constituent un outil d'évaluation des risques de pollution, mais aussi d'estimation de l'efficience des fertilisants apportés. Les planteurs qui adoptent ces outils montrent ainsi leur implication dans la préservation de l'environnement.

Un système de notation a été développé à partir de connaissances scientifiques et d'une expertise de terrain. Il est construit sur une échelle de 0 à 10. La situation optimale « sans risque » pour l'environnement vaut la note 10. Une note de 7 à 10 se situe dans la zone « acceptable », toujours améliorable cependant. Toute note inférieure à 7 traduit un risque écologique excessif devant conduire à un plan d'actions spécifiques.



Représentation des résultats du calcul de l'indicateur azote (I_N) et recommandations.

I_N : un indicateur pour l'azote

I_N, premier indicateur développé, évalue l'efficience de la gestion de l'azote en palmeraie, particulièrement les apports de fertilisants azotés qui représentent à la fois un facteur clé de la production, un coût important et un risque environnemental de premier ordre. Il permet une estimation des pertes d'azote sous forme d'ammoniac par volatilisation, de nitrates par lessivage et de protoxyde d'azote par émission gazeuse. Il est donc organisé en 3 modules, I_{NH_3}, I_{NO_3}, I_{N_2O}, relatifs à ces compartiments. Pour privilégier l'analyse de l'impact environnemental ou l'établissement d'un diagnostic en vue d'améliorer l'efficience des pratiques, on pourra considérer un seul de ces sous-indicateurs ou les trois. Fondé sur un bilan complet des flux d'azote par rapport aux besoins des palmiers, I_N doit être actualisé chaque année pour chaque parcelle. Il peut être agrégé pour une plantation par une moyenne des valeurs parcellaires pondérées selon les surfaces.

I_{Phy} : un indicateur pour les pesticides

L'utilisation de pesticides constitue une préoccupation majeure des consommateurs. I_{Phy} est un indicateur qualitatif de risque fondé sur des arbres de décision. La logique floue est utilisée pour pouvoir agréger les différents facteurs identifiés comme déterminants dans les processus pris en compte, comme le lessivage, le ruissellement et la volatilisation des pesticides. Il tient compte également des propriétés des molécules, de leurs risques pour la santé humaine et animale, de leur devenir dans l'environnement (demi-vie, infiltration dans le sol, etc.). L'indicateur est composé de quatre modules, trois sur les risques liés aux pratiques phytosanitaires pour le compartiment environnemental – eau de surface, eau de profondeur, air – et le quatrième sur le risque lié à la dose appliquée.

Vers un partenariat élargi

En plus de ces deux indicateurs, I_{om}, indicateur pour la matière organique et I_{cov}, indicateur pour la couverture de sol ont été développés. La validation de ces quatre indicateurs est prévue à travers un réseau de partenaires sensibilisés à ce type d'approche. La construction d'un logiciel de calcul des indicateurs sur le palmier, IPALM, va faciliter l'adoption par les utilisateurs. A l'avenir, les développements porteront sur l'évaluation de l'impact des pratiques sur la biodiversité et sur la qualité de l'eau.

Etude des flux d'azote : dispositif de prélèvement de solutions du sol pour analyse du lessivage de NO_3.
© J. P. Caliman

Etude des bilans des flux d'azote (ici le système racinaire).
© J. P. Caliman

Partenaires

- Université de Nancy, France
- INRA, Institut national de la recherche agronomique, département Environnement et agronomie, Nancy-Colmar, France
- PT Smart Tbk, Indonésie

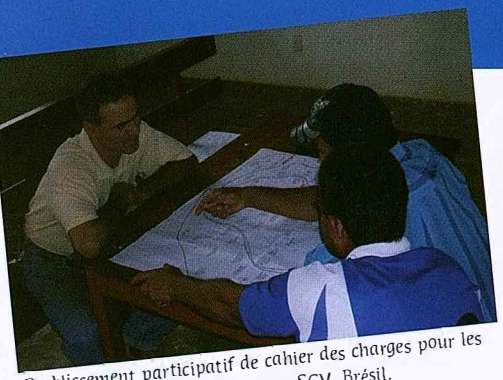
cirad

Production durable en agriculture familiale au Sud

Conception de systèmes de culture innovants

© E. Scopel, Cirad

Les milieux tropicaux présentent généralement des sols fragiles et des climats agressifs. Les modèles prédictifs en matière de changement climatique s'accordent sur une augmentation probable de l'instabilité des conditions climatiques avec une occurrence accrue de sécheresses ou d'inondations catastrophiques. D'autre part, les producteurs les plus pauvres ont difficilement accès au crédit et aux marchés qui de plus les rémunèrent mal. Dans un tel contexte, le Cirad cherche à proposer des systèmes innovants qui protègent et valorisent les ressources naturelles disponibles sur le court et sur le long terme, qui stabilisent, maintiennent voire augmentent la productivité et qui limitent les impacts environnementaux des activités agricoles.


Etablissement participatif de cahier des charges pour les nouveaux systèmes innovants en SCV, Brésil.
© E. Scopel, Cirad

Les processus agronomiques et les services écologiques mobilisés

Les systèmes de culture proposés sont fondés sur le semis direct avec couverture végétale (SCV). Ils visent à minimiser les processus naturels de dégradation physique, chimique et biologique des sols liés à leur mise en culture. Ils s'appuient sur la diversification des espèces cultivées que ce soit dans les rotations, les successions ou même les associations de cultures.

L'introduction de plantes de couverture dans ces systèmes permet de rendre une pluralité de services :
- support nutritif pour la faune du sol et les plantes cultivées ;
- une productivité primaire de biomasse accrue due à l'énergie solaire interceptée entre deux cultures et en début de cycle des cultures principales (céréales, soja, coton, etc.) ;
- le recyclage des éléments nutritifs entraînés dans les horizons profonds du sol grâce à des systèmes racinaires denses et profonds ;
- régulation de l'eau en lien avec la protection totale et permanente du sol qui limite le ruissèlement ;
- régulation des maladies, des insectes ravageurs des cultures et des mauvaises herbes dont l'habitat est modifié ;
- fourniture d'aliments, le fourrage pour l'élevage.

Contacts

Eric Scopel
Cirad
UR Systèmes de culture annuels
FOFIFA, BP 1444
Antananarivo
Madagascar

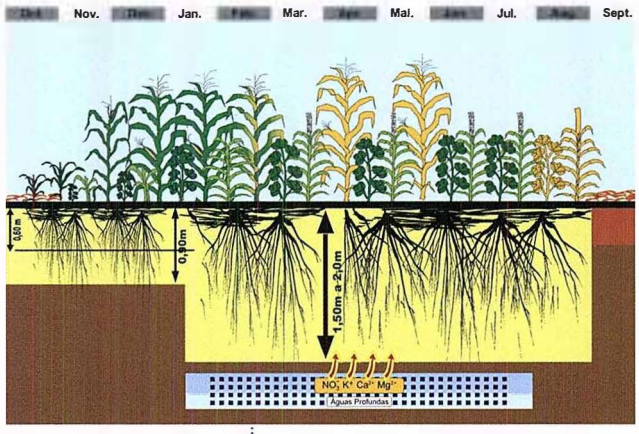
eric.scopel@cirad.fr

François Affholder
Cirad
UR Systèmes de culture annuels
SupAgro
2 place Viala
Montpellier Cedex 1
France

francois.affholder@cirad.fr

L'échelle de l'exploitation agricole

Toutefois, la mise en œuvre de SCV par les agriculteurs pour un service particulier passe par le pilotage délicat d'un équilibre entre divers processus écologiques. Cela nécessite de mieux connaître l'impact des techniques culturales sur cet équilibre entre processus de manière à mieux les orienter et à atteindre les finalités à la fois agronomiques et écologiques recherchées. Le développement de l'utilisation de couverts vivants nécessite des connaissances spécifiques, adaptées au contexte local des conditions du milieu et des acteurs de la production agricole.

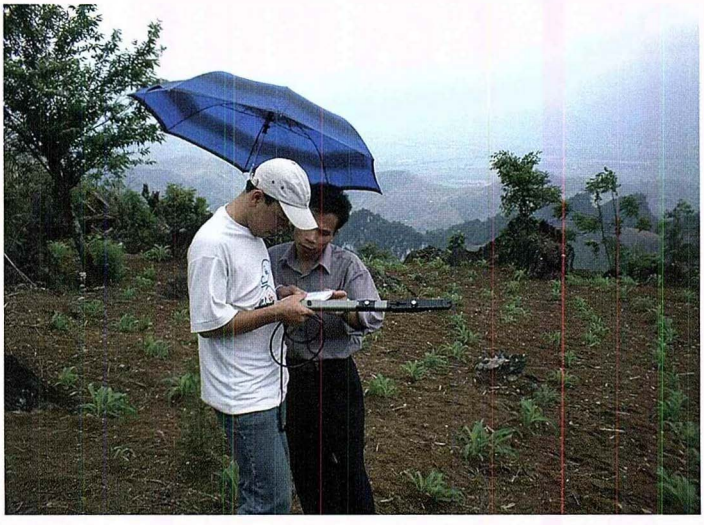


Les SCV font intervenir des plantes de couverture en succession, en relais ou en association avec les cultures principales afin de mieux valoriser les ressources disponibles dans le temps et dans l'espace. © E. Scopel, Cirad

Ce type d'innovation complexe suppose en outre des modifications significatives dans la mobilisation des ressources de l'exploitation, dans l'organisation des chantiers et peuvent entrainer une diversification des produits et des revenus, autant de changements pas toujours acceptables pour certains producteurs. Dans le cas du Vietnam, par exemple, l'attrait des producteurs pour les SCV par rapport aux systèmes traditionnels de production de riz ou de mais pluvial est déterminé par l'aptitude à faire face au surcoût que la technique représente, surtout en termes de main-d'œuvre.

Des nouveaux systèmes pour et avec les producteurs

Le processus d'évaluation et de conception dépend donc largement des points de vue des acteurs impliqués dans le processus de changement, et en particulier celui des différents types d'agriculteurs amenés, par choix ou par nécessité, à s'intéresser à ces systèmes de culture. Ces considérations soulignent l'importance du choix du Cirad de s'engager dans des processus participatifs de co-conception de systèmes de culture innovants. Une telle démarche contribue fortement à la familiarisation des producteurs avec de nouvelles propositions techniques et aux apprentissages croisés nécessaires pour la gestion adéquate de tels systèmes.
Le Cirad co-construit des nouveaux systèmes de culture avec les producteurs dans plusieurs régions tropicales :
- au centre du Brésil, pour les petites exploitations issues de la réforme agraire dans les Cerrados ;
- dans les collines du nord Vietnam, pour les petites exploitations de montagne, après interdiction de la défriche-brûlis ;
- au Zimbabwe et au Mozambique, avec les petits producteurs de céréales et de coton des savanes locales ;
- à Madagascar, avec les petits producteurs de riz pluvial des zones de moyenne à haute altitude ;
- au Mali, au Niger et en Guinée, avec les petits producteurs des zones semi-arides.



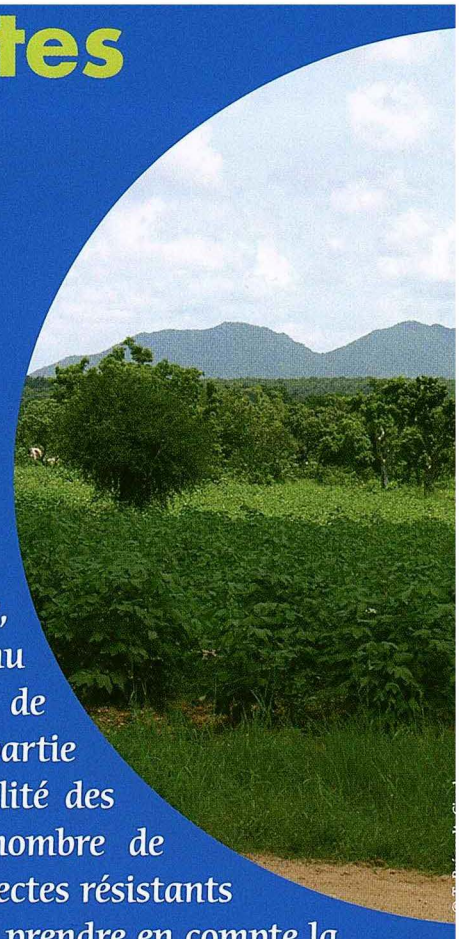
Suivi de la croissance des plantes en système SCV de culture du maïs, Vietnam. © E. Scopel, Cirad

Partenaires

- FOFIFA, Centre de recherche agronomique de Madagascar
- EMBRAPA Cerrados, Centre de recherche agronomique Brésilien pour la région des Cerrados
- VASI, Centre de recherche agronomique du Vietnam
- IIAM, Centre de recherche agronomique du Mozambique
- Montpellier SupAgro, France
- INRA, Institut national de la recherche agronomique, France
- IRD, Institut de recherche pour le développement, France

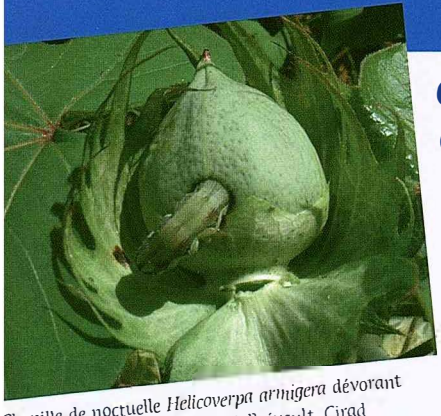
cirad

Lutte contre les insectes ravageurs en culture cotonnière



Une agriculture **moins dépendante** des pesticides

Par leur impact sur la production et la qualité de la fibre, les insectes ravageurs conditionnent fortement le revenu des paysans qui cultivent le coton. L'utilisation de produits phytosanitaires a permis de lever en grande partie cette contrainte. Cependant, elle menace aujourd'hui la viabilité des systèmes de production par la perte d'efficacité de bon nombre de molécules insecticides, suite à l'apparition de populations d'insectes résistants et par une rupture des équilibres biologiques. La recherche doit prendre en compte la dynamique des populations d'insectes et ses interactions avec le milieu, bien au-delà de la seule parcelle cultivée, pour inventer de nouvelles stratégies de protection durables réconciliant production agricole et respect de l'environnement.



Chenille de noctuelle *Helicoverpa armigera* dévorant une capsule de cotonnier. © T. Brévault, Cirad

Comprendre le système de vie des insectes

Dans les savanes africaines, deux insectes provoquent des dégâts importants en cultures de coton : la chenille de la noctuelle *Helicoverpa armigera*, qui s'attaque aux organes fructifères, et le puceron *Aphis gossypii*, qui, en prélevant la sève pour se nourrir, affaiblit les jeunes cotonniers et altère la qualité de la fibre par des dépôts de miellat lorsque les capsules s'ouvrent. Le Cirad cherche à caractériser les mécanismes impliqués dans la dynamique des populations de ces insectes afin d'identifier des leviers pour les maintenir en dessous de leur seuil de nuisibilité.

Une étude a été conduite dans plusieurs régions d'Afrique sur les populations du Puceron. A priori capables de coloniser plus de 250 espèces de plantes, les populations sont en réalité génétiquement différenciées et spécialisées sur des groupes de plantes hôtes. Ainsi, certaines populations ne se rencontrent que sur le cotonnier pendant la saison des pluies, puis sur d'autres malvacées comme le gombo ou l'oseille de Guinée dans les périmètres maraîchers pendant la saison sèche. D'autres populations préfèrent des plantes de la famille des cucurbitacées (melon, pastèque, etc.) ou des solanacées (poivron, aubergine, etc.). A l'inverse, l'analyse de chenilles de la Noctuelle prélevées sur différentes plantes montre une absence de spécialisation. Des déplacements opportunistes à courte et à longue distance permettent aux populations d'exploiter les ressources éphémères de plantes cultivées (maïs, coton, niébé et tomate par exemple) ou de certaines mauvaises herbes (*Cleome* sp. ou *Hyptis* sp.).

Pucerons *Aphis gossypii* sur une feuille de cotonnier. © T. Brévault, Cirad

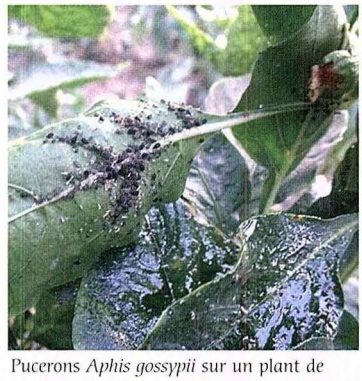
Contact

Thierry Brévault
Cirad
UR Systèmes de culture annuels
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France
thierry.brevault@cirad.fr

Suivre le déplacement des populations

Chenille de noctuelle *Helicoverpa armigera* sur tomate. © T. Brévault, Cirad

Des nouveaux marqueurs, comme la composition de la flore bactérienne des insectes, sont en cours de développement pour suivre le déplacement des populations. La connaissance des profils de migration des populations et de la séquence de plantes leur servant de refuge ou de réservoir de multiplication au gré des saisons permet de prédire les infestations. Elle permet d'agir sur les phases de survie de l'insecte par des pratiques culturales adaptées : destruction de plantes relais, semis précoce, écimage des cotonniers pour diminuer l'attractivité des plantes, etc. Il est aussi possible d'aménager l'habitat pour retarder la dispersion de l'insecte : arrangement spatial du parcellaire, associations ou successions de cultures, barrières végétales, etc. Cette connaissance permet également d'alimenter les modèles d'évolution de la résistance aux insecticides.



Pucerons *Aphis gossypii* sur un plant de poivron. © T. Brévault, Cirad

Réaménager les paysages agricoles

Par la simplification des paysages et l'utilisation croissante de pesticides, l'agriculture intensive entraîne une perte de la biodiversité végétale et animale dans les agro-systèmes, et par conséquent de ses services comme la régulation naturelle des insectes ravageurs des cultures. Réaménager le paysage agricole avec des haies, des arbres ou encore des bandes enherbées est une nécessité pour restaurer cette biodiversité.

Chenille de noctuelle *Helicoverpa armigera* sur une mauvaise herbe. © T. Brévault, Cirad

Des plantes dites « de service » sont susceptibles de jouer un rôle de piège pour les ravageurs, de refuge ou de banque pour les prédateurs et les parasitoïdes. Elles peuvent aussi avoir un effet répulsif pour les ravageurs. La connaissance de ces plantes de service mais aussi de la faune auxiliaire et de son impact sur les populations d'insectes ravageurs est nécessaire pour exploiter au mieux la biodiversité.

Parcelles de cotonnier en paysage de savane. © P. Schwarz

Dans les savanes africaines, ces plantes peuvent être associées aux cotonniers ou installées en bordure de parcelle, pour stimuler la production d'auxiliaires « tueurs » de chenilles ou de pucerons. Par exemple, certaines plantes offrent une opportunité pour le développement de populations de pucerons et de leur cortège de parasitoïdes, avec la perspective d'un transfert des parasitoïdes vers les parcelles de coton. D'autres plantes sont à l'essai pour jouer un rôle de piège, en attirant les femelles de la Noctuelle en quête d'un site de ponte.

Une autre étude réalisée au Cameroun montre qu'un semis direct de cotonnier, sous un couvert végétal à base de légumineuses ou de graminées, favorise l'établissement d'une macrofaune du sol, plus abondante et plus diversifiée, notamment en espèces prédatrices des insectes ravageurs.

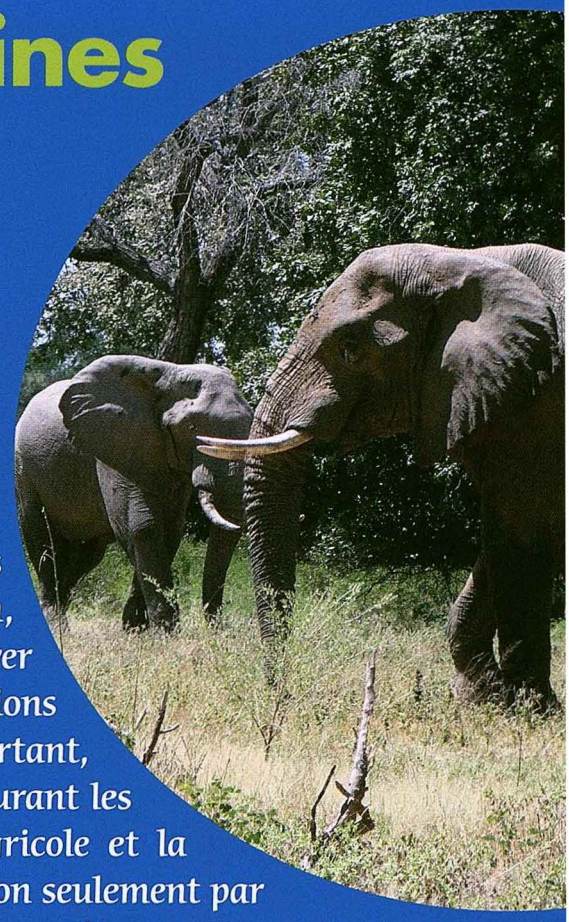
Partenaires

- INRA, Institut national de la recherche agronomique, France
- PRASAC, Pôle régional de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique centrale, Tchad
- IRAD, Institut de recherche agricole pour le développement, Cameroun
- Société de développement du coton, Cameroun

cirad

Préserver la faune sauvage des savanes africaines

Généraliser **l'agriculture de conservation** en périphérie des aires protégées



La Moyenne Vallée du Zambèze représente un écosystème remarquablement conservé abritant de larges populations de grands mammifères tels qu'éléphant, buffle, lion, léopard... De nombreuses initiatives visent à conserver cette faune et à augmenter les bénéfices que les populations locales en retirent (chasse sportive, écotourisme). Pourtant, l'habitat de cette faune s'est considérablement réduit durant les deux dernières décennies, en lien avec l'expansion agricole et la production cotonnière. L'expansion agricole se traduit non seulement par une baisse drastique de la biodiversité des zones mises en culture mais aussi par la création d'habitats fragmentés et isolés. Comment concilier l'agriculture et les espaces protégés ?..

lle de cotonnier à l'interface avec l'espace naturel, Zimbabwe.
Baudron, Cirad

Concilier environnement et production

Il s'agit de choisir entre une agriculture respectueuse de l'environnement naturel mais extensive et une agriculture intensive concentrée sur des espaces agricoles les plus restreints possibles. Pour la plupart des espèces animales à protéger, c'est le respect de zones naturelles qui offre la meilleure solution. Toutefois, les activités agricoles intensives ne doivent pas polluer les milieux naturels. Au Zimbabwe, le Cirad s'oriente donc vers une généralisation des techniques de l'agriculture de conservation permettant de concilier productivité et respect de l'environnement.

Ces techniques ont pour objectif de contrôler les pertes horizontales – par ruissellement – et verticales – par lessivage – de l'eau, des éléments minéraux et des produits de synthèse (engrais, pesticides). Ainsi, le potentiel de production (sol, eau, nutriments, matière organique) est maintenu et les impacts négatifs (érosion, pollution de l'environnement par les produits de synthèse) sont réduits.

Contacts

Frédéric Baudron
Cirad
UR Systèmes de culture annuels
French Embassy
PO Box 1378
Harare
Zimbabwe

frederic.baudron@cirad.fr

Marc Corbeels
Cirad
UR Systèmes de culture annuels
TSBF-CIAT
PO Box MP228, Mazowe Road
Harare
Zimbabwe

marc.corbeels@cirad.fr

Des systèmes de culture « autonettoyants »

De nombreux travaux de recherche montrent que la rétention d'un paillis de résidus de culture à la surface du sol contrôle efficacement les pertes horizontales d'éléments nutritifs et le ruissellement. De plus, les résidus de culture agissent comme un amendement. Dans les sols à texture fine, ces résidus peuvent aussi participer à l'accroissement du stock de matière organique. Dans les systèmes de culture, les éléments mobiles, tels que l'azote, qui ne sont pas absorbés par la culture sont perdus par lessivage. Ici, l'association ou l'assolement avec des plantes à enracinement profond assure le recyclage des nutriments depuis les horizons profonds jusqu'en surface. Cette « culture secondaire » accroît significativement la production de biomasse, et peut même fixer l'azote atmosphérique si on utilise des légumineuses telles que *Cajanus cajan* (L.) Millsp ou pois d'Angole, *Canavalia ensiformis* (L.) et *Mucuna pruriens* (L.) DC.

Les systèmes utilisant un paillis et des légumineuses « à usages multiples » accroissent significativement la biodiversité des sols et leur activité biologique. Ainsi, les pesticides sont non seulement retenus dans ces systèmes, piégés par la matière organique, mais sont également soumis à des processus de biorémédiation en lien avec l'activité des enzymes extracellulaires à large spectre sécrétées par les racines et par la microflore du sol. Le pouvoir « autonettoyant » de tels systèmes est à l'étude.

Promouvoir les systèmes de semis direct sur paillis

Cotonniers en semis direct à travers les résidus de la culture précédente, Zimbabwe. © F. Baudron, Cirad

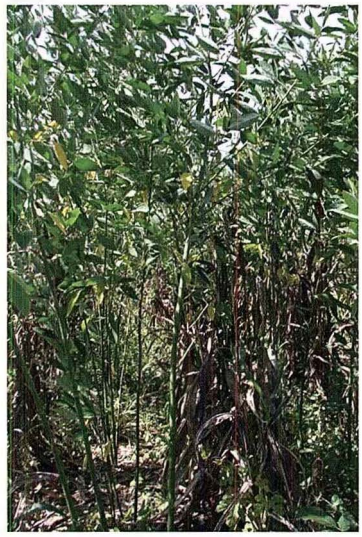
Le système le plus prometteur est basé sur une rotation annuelle de sorgho, principale culture vivrière dans la Moyenne Vallée du Zambèze, associé à *Cajanus cajan*, avec le coton. Les résidus de céréale et de *Cajanus cajan* sont conservés comme paillis et le coton est directement semé au travers de ce paillis, sans labour. *Cajanus cajan* est la légumineuse à usages multiples la plus appréciée des paysans : cette plante produit des grains riches sur le plan nutritif, a une bonne valeur commerciale ; elle produit en outre un fourrage intéressant et une litière riche en azote, sa tige ligneuse peut même être utilisée comme combustible.

L'évaluation de tels systèmes requiert des essais sur d'importantes superficies. Dans le cadre du projet PARSEL (Public-Private-Community Partnerships to improve food security and livelihoods in South East Lowveld and Mid Zambezi Valley), 300 hectares ont été cultivés en coton et en sorgho selon les techniques de l'agriculture de conservation, avec des rendements supérieurs à ceux obtenus en culture conventionnelle. L'enjeu est de susciter l'intérêt commun des paysans et des opérateurs privés autour de l'agriculture de conservation. Le Cirad et ses partenaires travaillent également à la mise en place d'un label environnemental qui permettrait d'accéder à un marché textile à forte valeur ajoutée.

Janvier

Sorgho associé à *Cajanus cajan* à différentes périodes du cycle cultural (janvier, mai). © F. Baudron, Cirad

Mai



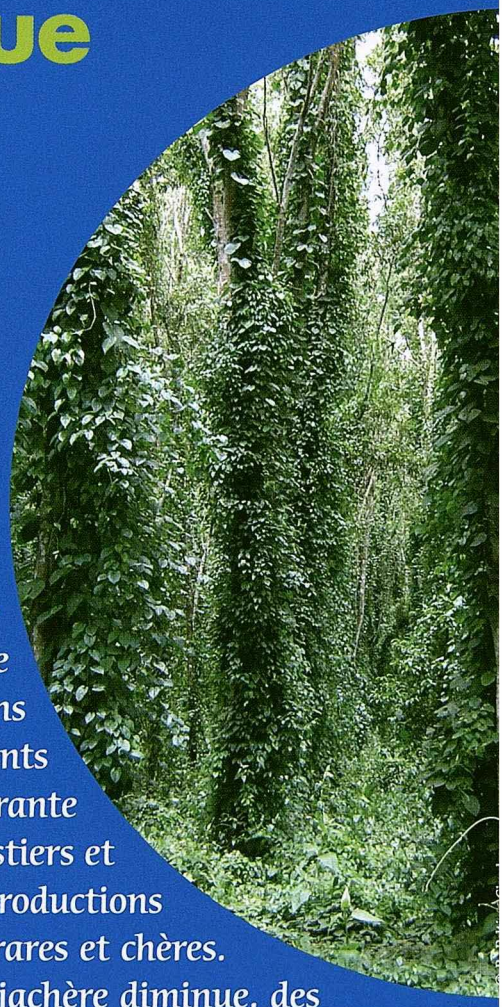
Partenaires

- Alliance Ginneries, Zimbabwe
- Mbire Rural District Council, Zimbabwe
- Université du Zimbabwe

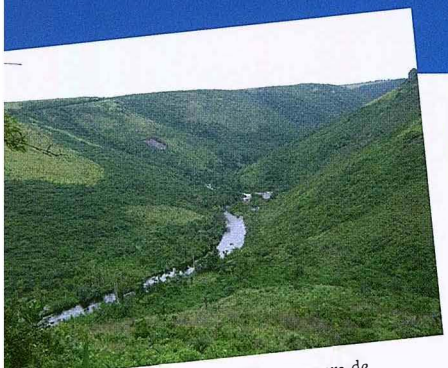
cirad

Production durable de charbon de bois en République démocratique du Congo

Les jachères arborées enrichies



Kinshasa, capitale de la République démocratique du Congo, a une population de 8 millions d'habitants qui consomme jusqu'à 6 millions de tonnes d'équivalent bois-énergie par an. Or, cette ville est entourée de savanes et d'îlots forestiers. Les besoins en charbon, mais aussi l'essentiel de la nourriture en féculents de base (manioc et maïs) sont assurés par la culture itinérante sur brûlis et par la carbonisation des arbres de ces îlots forestiers et des savanes arborées qui vont en se dégradant. Les productions autrefois assurées par ces formations arborées deviennent rares et chères. La fertilité des sols baisse, la production des cultures après jachère diminue, des problèmes de tarissement de source et d'incendie se multiplient. Comment continuer à approvisionner les populations tout en limitant l'impact environnemental sur les forêts ?



t des versants du plateau Batéké en cours de ichement pour la production de charbon et la mise culture agricole. © R. Peltier, Cirad

L'enrichissement des jachères arborées

Les cultures sur brûlis laissent place à des jachères arborées après une à trois années de culture, du fait de l'épuisement des réserves du sol. L'enrichissement des jachères arborées consiste à planter des légumineuses, dont les racines associées à des micro-organismes fixent l'azote atmosphérique. Le stockage de matière organique et d'azote dans le sol est ainsi accéléré. Ceci est particulièrement vrai pour les arbres comme les acacias, qui produisent en outre de grandes quantités de bois. Les arbres sont plantés pendant la période de culture, afin qu'ils puissent pousser rapidement après les récoltes, pendant la mise en jachère.

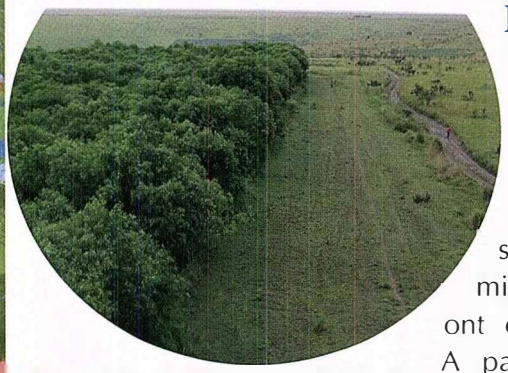
Depuis les années 1990, le Cirad a sélectionné des espèces arborées, associées à des bactéries symbiotiques (rhizobium), ayant une forte capacité de croissance et de fixation d'azote, en particulier en Côte d'Ivoire et au Congo. Depuis 2009, le Cirad conduit un projet de recherche-développement avec un financement de l'Union européenne, le projet « Makala », qui doit diffuser ces techniques de jachères arborées enrichies ou de gestion durable des derniers îlots forestiers, dans toute la zone périphérique de Kinshasa.

Contacts

Jean-Noël Marien
Régis Peltier
Cirad
UPR Ressources forestières
Campus international
de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5
France

jean-noel.marien@cirad.fr
regis.peltier@cirad.fr

Les jachères arborées de Mampu

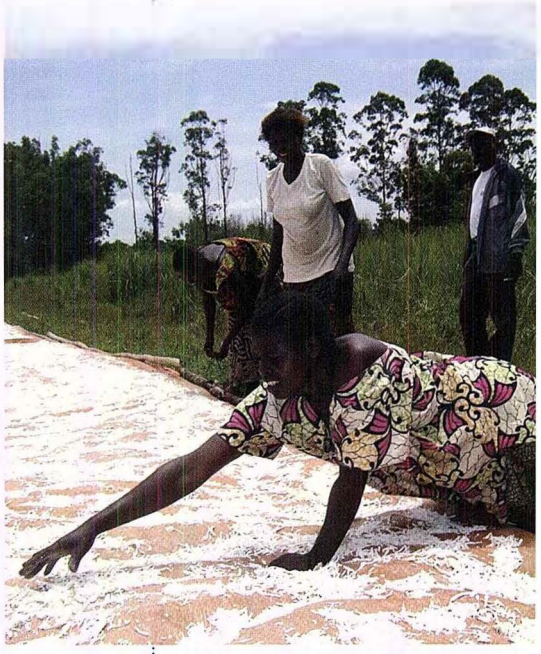


Boisement de savane dégradée, principalement à l'aide d'*Acacia auriculiformis*. © R. Peltier, Cirad

A une centaine de km à l'Est de Kinshasa, la plantation de Mampu a été conçue comme la phase pilote d'un vaste projet de reboisement de 100 000 hectares sur les sols sableux du plateau Batéké. Huit mille hectares d'*Acacia auriculiformis* ont été plantés entre 1987 et 1993. A partir de 1994, la plantation de Mampu a été divisée en lots de 25 hectares attribués à 320 familles d'agriculteurs. Ceux-ci doivent gérer leur plantation en suivant une technique agroforestière innovante qui associe la culture de produits vivriers avec celle de l'acacia. Après les récoltes des produits agricoles, les acacias atteignent 3 mètres de hauteur. Après une dizaine d'années, c'est une véritable forêt d'acacias, mélangée à quelques espèces locales, qui s'est installée. L'agriculteur peut alors l'exploiter, transformer le bois en charbon et le vendre en ville. Dans l'humus non détruit, il pourra replanter un nouveau cycle de culture. Une bande de sol sera conservée non cultivée pour que les graines d'acacia y germent et reconstituent le futur peuplement forestier.

Des charbonniers de plus en plus performants. © R. Peltier, Cirad

Actuellement, la production totale de charbon du massif varie de 8 000 à 12 000 tonnes annuelles (t/an), à laquelle il faut ajouter 10 000 t/an de manioc, 1 200 t/an de maïs et 6 t/an de miel. Le reboisement du massif de Mampu est considéré comme un succès.



Récolte de manioc après culture sur brûlis de plantation d'acacia et transformation en cossettes. © R. Peltier, Cirad

L'extension aux savanes des plateaux Batéké

Le modèle agroforestier de Mampu sera étendu aux villages installés sur les savanes des plateaux Batéké, en prenant en compte les droits fonciers traditionnels et en poursuivant la diversification et la transformation locale des produits. Ceci contribuera à couvrir une part plus importante des besoins urbains en énergie renouvelable, tout en créant des emplois ruraux.

Cependant, d'autres systèmes agroforestiers méritent d'être testés dans d'autres conditions écologiques et socio-économiques, par exemple en gérant le recru naturel d'espèces locales à usages multiples (fruits, bois, abri d'animaux comestibles, fixation d'azote, etc.). En effet, sur les terrains plus argileux autrefois occupés par la forêt, il existe une grande variété d'espèces arborées dans le recru naturel. Ces arbres ne peuvent pas se développer en raison des coupes incessantes et du passage incontrôlé des feux. Si la parcelle est couverte d'un fourré, l'agriculteur pourra d'abord la protéger par un pare-feu puis sélectionner 100 à 400 brins par hectare d'espèces utiles parmi les milliers de repousses. Ensuite, il pourra exploiter la parcelle pour y récolter du bois de feu, tout en conservant quelques grands arbres semenciers (10 à 100 par hectare), et mettre en place des cultures.

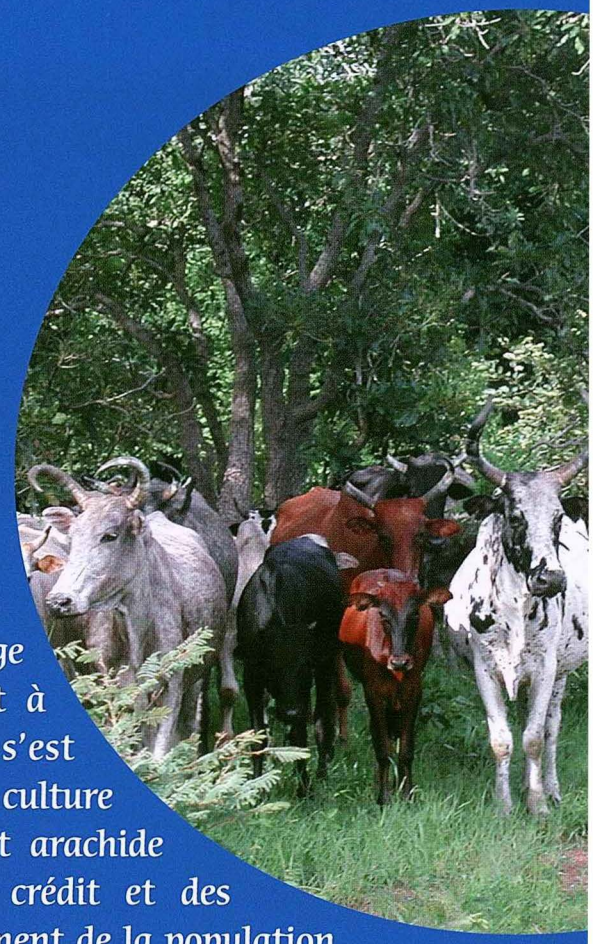
Partenaires

- CIFOR, Center for International Forest Research, Cameroun
- Fondation Hanns Seidel, Allemagne et République démocratique du Congo (RDC)
- Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique
- Jardin botanique de Kisantu, RDC
- Unité de recherche sur la productivité des plantations industrielles, République du Congo
- Université de Kisangani et Ecole régionale post universitaire d'aménagement et de gestion Intégrée des forêts et territoires (ERAIFT), RDC
- Services nationaux du reboisement, RDC et République du Congo

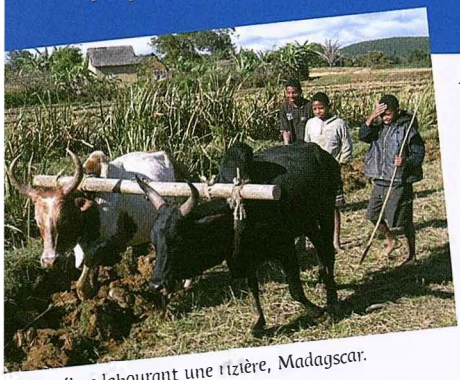
cirad

L'intégration de l'agriculture et de l'élevage

Une forme d'**intensification écologique** dans les pays du Sud



L'association de l'agriculture et de l'élevage a été promue en Afrique subsaharienne et à Madagascar dès les années 60. Elle s'est concrétisée par l'adoption massive de la culture attelée dans des régions où les filières riz, coton et arachide étaient suffisamment organisées pour fournir du crédit et des formations aux agriculteurs. Aujourd'hui, l'accroissement de la population rurale et la pression sur le foncier cultivable amènent à reconsidérer les formes d'association entre agriculture et élevage pour faire face aux nouveaux besoins des populations.



Une de zébus labourant une rizière, Madagascar.
P. Dugué, Cirad

Valoriser les synergies entre l'agriculture et l'élevage

Si la culture attelée a été bien acceptée en Afrique subsaharienne car elle permettait d'accroitre la surface cultivée par actif agricole et de réduire la pénibilité du travail, la production de fumier de qualité et le développement des cultures fourragères pour des ateliers d'élevage intensif ont été rarement mis en œuvre. Aujourd'hui, la demande des villes en produits vivriers progresse (céréales, légumineuses, lait, viande de ruminants mais aussi d'animaux à cycle court, volaille et porc) ; les prix des engrais minéraux continuent à augmenter avec celui du pétrole ; la motorisation des opérations culturales et du transport se heurte aussi à l'augmentation du carburant.

Dans ce contexte, l'intégration de l'agriculture et de l'élevage permet de valoriser les complémentarités entre les systèmes de culture (production fourragère, fixation symbiotique de l'azote et recyclage des éléments minéraux) et les systèmes d'élevage (production de fumure organique et d'énergie) pour réduire la consommation de carburant, de fertilisants chimiques et d'aliments concentrés. L'élevage doit aussi être considéré comme un bon « valorisateur » des sous-produits agricoles comme le son des céréales, les résidus de culture… et des zones marginales non cultivables. Enfin, l'intégration d'ateliers d'élevage intensifs de quelques bovins d'embouche dans les exploitations familiales crée des emplois et limite la création de grands élevages en périphérie des villes qui sont le plus souvent sources de pollution.

Contact

Patrick Dugué
Cirad
UMR Innovation
1573 rue Jean-François Breton
34398 Montpellier Cedex 5
France

patrick.dugue@cirad.fr

Eric Vall
Cirad
UR Systèmes d'élevage et produits animaux
C/o CIRDES, BP 454
Bobo-Dioulasso Cedex 01
Burkina Faso

eric.vall@cirad.fr

Synergies à l'échelle des unités de production

Meule de paille de riz alimentant le troupeau de zébus, Madagascar. © P. Dugué, Cirad

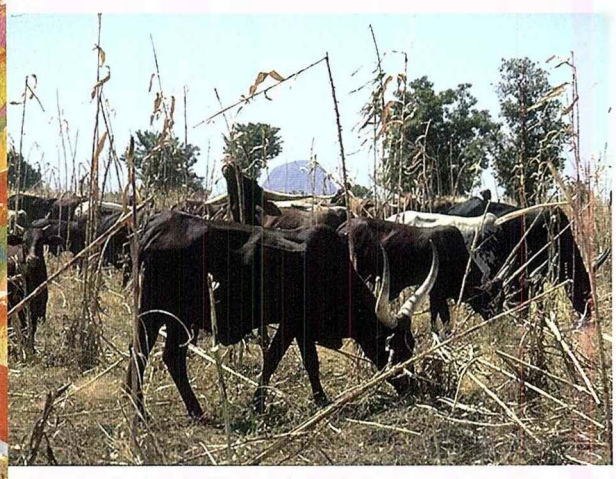
Le Cirad explore diverses voies d'intégration de l'agriculture et de l'élevage à l'échelle des unités de production. Il s'agit d'aider les producteurs à concevoir des systèmes agricoles innovants, économiquement rentables, socialement acceptables et valorisant au mieux les investissements en intrants (engrais, aliments du bétail concentrés). Ces recherches s'appuient sur les résultats techniques déjà acquis et les savoir-faire paysans. La participation des acteurs ruraux est intégrée dans les différentes phases de recherche. Ainsi, on évalue avec les producteurs les possibilités d'adoption de ces acquis ou les besoins d'adapter certaines propositions techniques. Au-delà du travail expérimental mené avec les producteurs, le Cirad développe des outils informatisés de modélisation du fonctionnement des exploitations de polyculture-élevage qui permettent de réfléchir à l'avenir des exploitations. Ces outils permettent aux producteurs, mais aussi aux conseillers agricoles, d'évaluer différents scénarios d'évolution de leur unité de production en termes de revenu monétaire et de sécurité alimentaire, de bilan de fertilité des sols ou encore de capacité à nourrir des ateliers d'élevage. On peut ainsi évaluer la faisabilité de l'insertion d'une culture fourragère dans l'assolement ou de l'augmentation du nombre d'animaux à emboucher.

Vache laitière alimentée par de la vesce coupée en vert, Madagascar © P. Dugué, Cirad

Cette démarche permet aux chercheurs de mieux collaborer avec les producteurs mais elle peut être aussi utilisée par les techniciens des structures de développement pour enrichir leurs méthodes de conseil aux exploitations de polyculture-élevage.

Synergies à l'échelle des territoires agropastoraux

Il s'agit d'adapter les règles d'utilisation des espaces et des ressources naturelles utilisées collectivement (parcours, points d'eau) pour garantir une exploitation durable des ressources agro-sylvo-pastorales. Les activités agropastorales qui dépendent de ces ressources sont ainsi soutenues et les conflits entre les différents utilisateurs de ressources (agriculteurs, éleveurs, forestiers...) sont limités. Cela peut déboucher sur de nouveaux accords entre ces différentes catégories socioprofessionnelles. Ainsi, elles pourront s'entendre sur l'utilisation des résidus de cultures (vaine pâture), la garde et la mobilité des troupeaux, la gestion des feux de brousse, la préservation des berges de cours d'eau et l'exploitation raisonnée des arbres fourragers. Ces nouvelles coordinations, qui pourront induire des synergies plus durables entres unités de production, s'inscrivent dans l'élaboration de chartres locales de gestion des territoires agropastoraux reconnues par les différentes catégories socioprofessionnelles, les collectivités locales comme les communes rurales et l'administration.



Bovins, vaine pâture. © P. Dugué, Cirad

Partenaires

- CIRDES, Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, Burkina Faso
- INERA, Institut de l'environnement et de recherches agricoles, Burkina Faso
- Université de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
- Union des producteurs de coton du Tuy, Burkina Faso
- FOFIFA, centre de recherche agronomique de Madagascar
- Projet BV-Lac, Madagascar
- EMBRAPA, Office brésilien de la recherche agricole
- IRAD, Institut de la recherche agricole pour le développement, Cameroun
- SODECOTON, Société de développement du coton, Cameroun

cirad

Diffusion des systèmes de semis direct avec couverture végétale à Madagascar

Développer une **démarche d'apprentissage**

Dans les zones de moyenne altitude de Madagascar, les systèmes de culture fondés sur le semis direct, la présence d'une couverture végétale et une rotation des cultures sont diffusés en milieu paysan depuis le début des années 2000 avec un certain succès. Afin de diffuser ces systèmes innovants, le Cirad et ses partenaires du développement à Madagascar ont mis au point des outils de modélisation pour le suivi et l'évaluation des systèmes de culture. Pour les producteurs, ces outils constituent une aide à la décision dans le choix des technologies à mettre en œuvre sur leur exploitation.

Visite de terrain et évaluation des pratiques, Madagascar.
© E. Penot, Cirad

Optimiser les efforts de vulgarisation

Dans les projets de développement agricole, l'aide à la décision et à la négociation entre opérateurs et avec les agriculteurs est une priorité afin que les actions perdurent après la fin du projet. Le Cirad s'efforce d'optimiser les efforts de vulgarisation en proposant, pour chaque type d'exploitant, des techniques et des services qui lui soient vraiment adaptés.

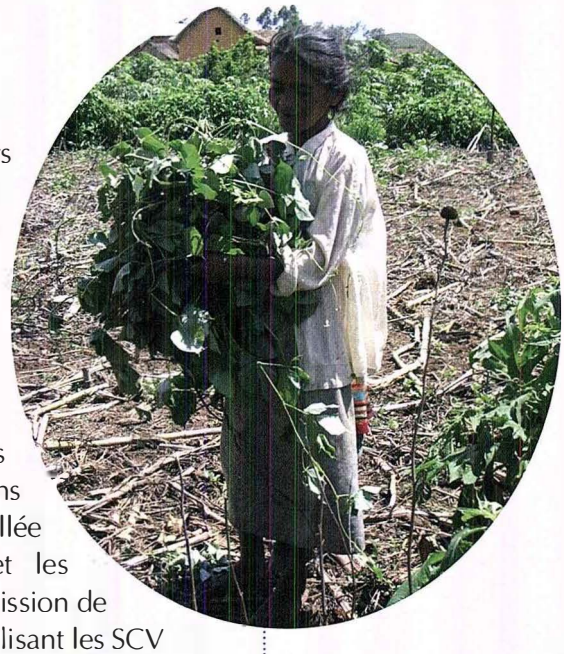
Ce type de démarche est mis en œuvre dans les projets de développement des régions du lac Alaotra (projet BV-lac, Bassins versants du lac Alaotra) et du Vakinankaratra (projet BVPI/SEHP, Bassins versants des périmètres irrigués du Sud-Est et des hauts plateaux). L'objectif est d'adapter les messages techniques et organisationnels aux réalités paysannes et de favoriser les processus d'innovation incluant les systèmes de semis direct avec couverture végétale (SCV) pour une production durable et l'intégration agriculture-élevage. Une méthode d'auto-évaluation des producteurs et des réseaux de fermes de références ont été développés. Ces outils permettent aussi d'évaluer les actions techniques et d'apporter un appui à la définition d'éléments de politique publique de développement agricole.

Contact

Eric Penot
Cirad
UMR Innovation
Ampandrianomby, BP 853,
99 Antananarivo
Madagascar

eric.penot@cirad.f

Identifier les processus d'innovation



Mulch de dolique dans un système SCV à rotation maïs-dolique-riz, Madagascar. © E. Penot, Cirad

Le Cirad propose des sessions d'auto-évaluation où les agriculteurs et les organisations de producteurs identifient eux-mêmes les processus d'innovation qui leur sont adaptés, en utilisant la méthode API « Accélération de la Propagation de l'Innovation ». La méthode nécessite une mise en condition du participant afin qu'il puisse réfléchir sur une situation puis agir en conséquence. Cette mise en condition est assurée par des animateurs en socio-organisation.
Ainsi au lac Alaotra, le Cirad a appliqué la méthode API avec les associations d'usagers de l'eau, la fédération des associations d'usagers du réseau des deux périmètres irrigués « PC15 » et « Vallée Marianina », les groupements d'intensification agricole et les groupements d'agriculteurs intégrant des pratiques SCV. La transmission de l'information technique au sein des groupements d'agriculteurs utilisant les SCV a été un franc succès. L'analyse a permis d'identifier les formes d'appropriation des techniques SCV et une volonté d'intensification croissante à partir de la 4e ou 5e année de SCV.

Les partenaires des projets de développement ont ainsi acquis une expérience dans l'organisation et la conduite de ces sessions. La méthode a été formalisée sous forme d'un document de travail du projet BV-lac disponible au Cirad.

Séance de restitution en milieu paysan, Madagascar. © E. Penot, Cirad

Développer un réseau de fermes de références

Les nouveaux systèmes de culture sont évalués dans des réseaux de fermes de référence. Un réseau de fermes de références est un ensemble d'exploitations représentatives des différentes situations agricoles et socio-économiques. Les exploitations sont suivies tous les ans permettant ainsi de mesurer l'impact des actions techniques et des politiques de développement et de faire des analyses prospectives.

Le logiciel Olympe est un outil de simulation du fonctionnement de l'exploitation agricole développé par le Cirad, l'Inra et l'Institut agronomique méditerranéen de Montpellier. Il permet de tester la robustesse d'un choix technique ou de l'exploitation face à une série d'aléas. Les simulations d'adoption de nouvelles techniques sont effectuées avec des itinéraires techniques standards qui fournissent des données fiables sur un grand nombre de parcelles. L'application de cette démarche à l'adoption des systèmes de semis direct avec couverture végétale au lac Aloatra a permis de faire évoluer le travail des opérateurs de développement. Ainsi l'offre technique aux agriculteurs est devenue plus adaptée aux contraintes des différents types d'exploitation agricole. En particulier, les niveaux d'intensification des systèmes de culture proposés sont mieux adaptés aux niveaux de risques acceptables par les producteurs.

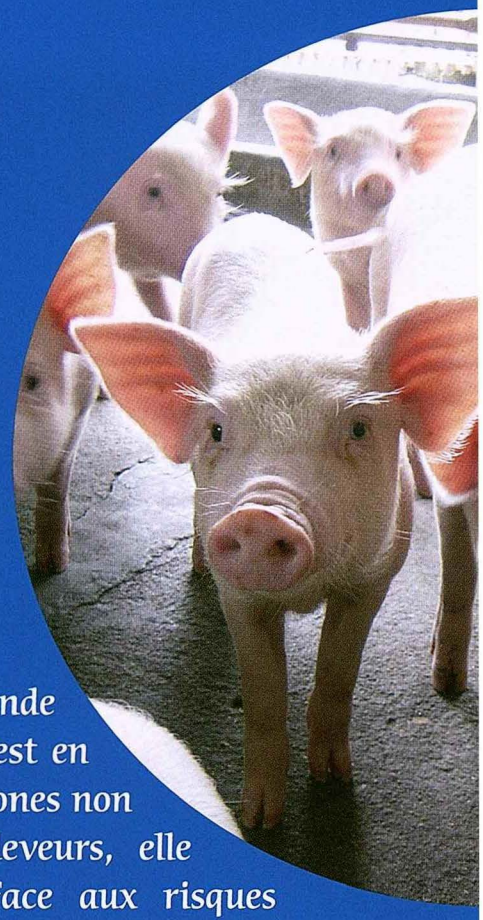
Partenaires

- FOFIFA, Centre de recherche agronomique de Madagascar
- Université d'Antananarivo, Madagascar
- Partenaires du développement associés aux projets BV-Lac et BVPI-SEHP, Madagascar

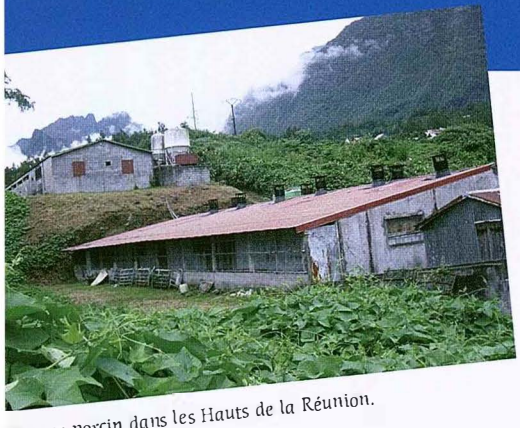
cirad

Production porcine dans les régions chaudes

Favoriser la durabilité pour nourrir les populations du Sud



L'élevage porcin fournit près de 40 % de la viande consommée dans le monde. La production porcine est en expansion en Asie, en Amérique latine et dans les zones non islamisées d'Afrique. Pratiquée par des petits éleveurs, elle assure des revenus essentiels dans les zones rurales. Face aux risques techniques, économiques, environnementaux et sanitaires liés au développement de cette activité, l'intensification écologique constitue une perspective intéressante pour la durabilité des exploitations porcines paysannes. Les experts du Cirad adoptent une démarche interdisciplinaire pour accompagner ce processus d'innovation.



Elevage porcin dans les Hauts de la Réunion.
© V. Porphyre, Cirad

Mieux comprendre les changements dans les exploitations d'élevage

La plupart des élevages porcins des pays en développement sont constitués de petites unités familiales, selon des modes de production très diversifiés allant de l'élevage extensif peu consommateur en intrants jusqu'au mode de production industriel hors-sol. En partenariat étroit avec les institutions de recherche et de développement du Sud, le Cirad conduit des projets pour :

- évaluer les ressources alimentaires et animales disponibles localement ;
- analyser les performances techniques et économiques des systèmes d'élevage porcin dans les pays tropicaux ;
- caractériser la diversité des élevages en comprenant mieux leurs logiques techniques, économiques et sociales ;
- comprendre la place de l'élevage de porc dans les stratégies socio-économiques pluri-actives des paysans du Sud et dans les filières de commercialisation ;
- modéliser les trajectoires de développement des exploitations et des filières de production et de transformation afin d'accompagner leur changement.

Contact

Vincent Porphyre
Cirad
UR Systèmes d'élevage
et produits animaux
Station Ligne Paradis
7 chemin de l'Irat
97410 Saint Pierre
La Réunion - France

vincent.porphyre@cirad.fr

En savoir plus :
http://pigtrop.cirad.fr

Favoriser le recyclage et la valorisation des déjections porcines

Elevage porcin, Nord Vietnam
© V. Porphyre, Cirad

Les élevages porcins rejettent des effluents qui conduisent à des problèmes de pollution de l'environnement. Le Cirad propose des méthodes de gestion de ces effluents d'élevage pour protéger l'environnement et fertiliser les cultures. Il détermine la composition des effluents pour raisonner leur recyclage sur les cultures et pour concevoir des procédés de traitement innovants ; il analyse les pratiques de gestion des déchets et les adapte aux itinéraires techniques ; il aide à améliorer le recyclage des lisiers au sein du système agricole pour un risque minimum sur l'environnement ; il modélise les impacts environnementaux au niveau de la filière de production en utilisant la méthode d'Analyse du Cycle de Vie pour une meilleure aide à la décision.

Truie de race Mong Cai et sa portée, Vietnam © V. Porphyre, Cirad

Association entre élevage porcin artisanal et pisciculture de carpes, Nord Vietnam. © V. Porphyre, Cirad

Association entre élevage porcin, maraîchage et pisciculture, delta du fleuve Rouge, Vietnam. © V. Porphyre, Cirad

Accompagner les systèmes d'élevage porcin de demain

Le Cirad accompagne les filières porcines du Sud vers l'appropriation de modes de conduite alternatifs, fondés sur les critères d'une intensification écologique de l'élevage reconnue par l'ensemble des acteurs locaux. Il met au point des méthodes innovantes pour le développement durable des élevages en explorant les modes d'intensification écologique, la maîtrise des maladies animales et la valorisation des produits. Ses recherches visent à optimiser l'utilisation des ressources locales, à améliorer les bilans énergétiques des élevages pour un développement plus économe en énergie et à accompagner les acteurs vers une labellisation multicritère de la qualité de leurs produits.

Partager les résultats de la recherche

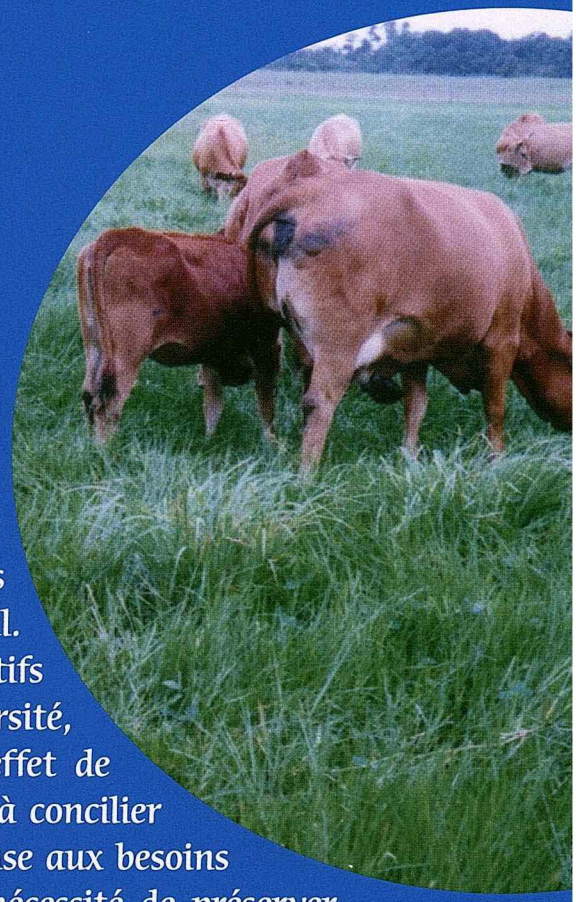
Le Cirad propose le portail d'information PIGTrop sur internet : http://pigtrop.cirad.fr, qui donne accès aux actualités et aux derniers résultats de recherche sur les thèmes originaux des productions porcines des pays du Sud. Ce site internet est dédié aux chercheurs, étudiants, professionnels, éleveurs et agences de développement intéressés par le développement durable des filières porcines des régions chaudes. Il présente les résultats de la recherche internationale sur la santé animale et les maladies émergentes, l'organisation socio-économique du secteur porcin, la gestion intégrée des déchets, la gestion génétique des populations, les stratégies d'alimentation, la valorisation de la biodiversité et la qualité des produits. PIGTrop s'impose désormais comme le portail scientifique de référence en recherche porcine pour le développement des filières tropicales.

Partenaires

- National Institute of Animal Science, Vietnam
- Hanoi University of Agriculture, Vietnam
- National Institute of Veterinary Research, Vietnam
- Soils and Fertilizers Institute, Vietnam
- Institute of Policy and Strategy for Agricultural and Rural Development, Vietnam
- FOFIFA, Centre de recherche agronomique de Madagascar
- Coopérative des producteurs de porcs de la Réunion
- Fédération régionale des coopératives agricoles, Réunion
- Qualitropic, Pôle de compétitivité Agro-Nutrition en milieu tropical, Réunion
- Lycée agricole de Saint-Joseph, Réunion
- Institut national de la recherche agronomique, France
- Royal Veterinary College, University of London, Royaume-Uni
- Montpellier SupAgro, France

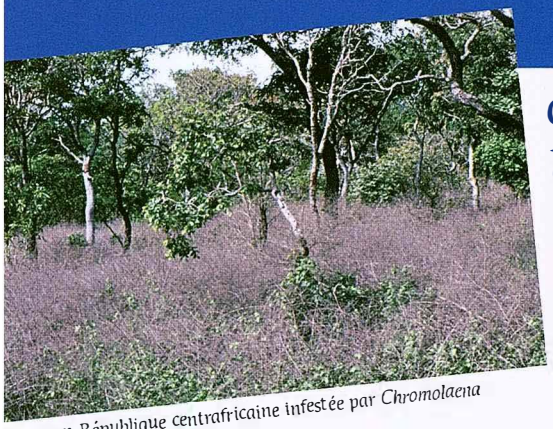
cirad

Concilier production fourragère et protection de l'environnement en zone tropicale humide



Gestion durable des **systèmes fourragers**

L'élevage des ruminants a connu une forte progression en zone tropicale humide depuis les années 1970. Actuellement ces régions comptent près du quart du cheptel bovin mondial. Cette évolution est souvent dénoncée pour ses effets négatifs sur l'environnement : déforestation, perte de biodiversité, embroussaillement des milieux, production de gaz à effet de serre.... Le Cirad mène des travaux de recherche visant à concilier le développement de l'élevage dans ces régions, en réponse aux besoins alimentaires et économiques des populations, et à la nécessité de préserver l'environnement.



rcours en République centrafricaine infestée par *Chromolaena orata*. © J. Huguenin, Cirad

Contrôler la dégradation des patûrages

Les pâturages implantés après déforestation sont des milieux fragiles qui s'embroussaillent très rapidement. Leur restauration étant délicate, ils sont souvent abandonnés et remplacés par d'autres prairies implantées sur de nouveaux terrains déforestés. Pour limiter la déforestation, le Cirad a mis au point des conditions de gestion des prairies évitant les processus d'embroussaillement. Les recommandations visent à assurer une couverture rapide et dense du sol. Les prairies doivent être exploitées régulièrement pour maintenir un couvert dense et homogène (chargement animal élevé, pâturage en rotation), apte à limiter la germination puis le développement des adventices. Ainsi, ce contrôle de la dégradation des prairies permet indirectement de freiner l'ouverture de nouvelles prairies en zone forestière.

Conduite agro-écologique des milieux fourragers

Les écosystèmes fourragers en zone tropicale humide peuvent être conduits de façon durable. Cet objectif nécessite une organisation précise et interactive de la gestion des prairies et de la conduite des troupeaux pour concilier productivité animale, durée de vie des prairies et services environnementaux.

Contacts

Johann Huguenin
Cirad
UR Systèmes d'élevage et produits animaux
Campus International de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5
France

johann.huguenin@cirad.fr

Vincent Blanfort
Cirad
UR Systèmes d'élevage et produits animaux
BP 701
97387 Kourou cedex
Guyane - France

vincent.blanfort@cirad.fr

En savoir plus :
http://greforec.cirad.fr

La croissance végétale est très rapide en zone humide mais l'optimum alimentaire de la végétation dure peu de temps. D'autre part, l'effet des saisons peut aussi être une contrainte pour la productivité fourragère (saison froide, saison sèche, saison trop pluvieuse).

Un zébu Brahmane broute une prairie en *Brachiaria humidicola* en Guyane française. © J. Huguenin, Cirad

Pour une conduite intensive et agro-écologique des prairies, plusieurs mesures doivent être prises en compte :

- maintenir des couverts végétaux denses en ajustant la structure des couverts végétaux par les charges animales (2 à 4 têtes par hectare) et les rythmes de rotations (3 à 6 semaines) ;
- diversifier les espèces végétales pour tenir compte des effets de saison et favoriser des complémentarités nutritionnelles. L'avoine, par exemple, maintient une offre fourragère au cours de la saison froide dans certaines zones tropicales humides ; les associations graminées-légumineuses telles que *Panicum maximum* et *Stylosanthes hamata* équilibrent les apports nutritionnels ;
- choisir des ressources fourragères complémentaires : les jardins fourragers où la végétation est coupée et apportée aux animaux en complément de leur pâture, les arbres fourragers comme les *Leucaena*, broutés ou exploités par émondage.

Ces orientations agro-écologiques d'intensification fourragère permettent de gagner en productivité tout en préservant l'environnement et en limitant l'extension des surfaces.

Offrir des services écologiques

Envahissement de parcours par *Jatropha gossipifolia* en Nouvelle-Calédonie. © V. Blanfort, Cirad

Survol de la zone de la transamazonienne, Etat du Para, Brésil. © J. Huguenin, Cirad

Le Cirad étudie les dynamiques biologiques favorables à la restauration d'équilibres écologiques de milieux perturbés par l'élevage d'herbivores. L'objectif est de renforcer la stabilité des exploitations d'élevage tout en atténuant leurs impacts négatifs sur l'environnement et en assurant au mieux certains services éco-systémiques.

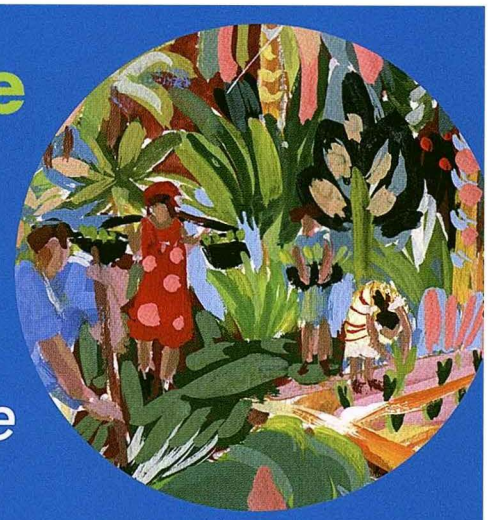
- Limiter les gaz à effet de serre : l'élevage des ruminants contribue à l'émission de gaz à effet de serre, mais les agrosystèmes herbagers compensent cette émission en séquestrant du carbone dans le sol (1 à 2 tonnes par hectare et par an). En zone tempérée, le stock de carbone dans des sols sous prairie peut atteindre 65 tonnes par hectare.
- Protéger les sols : les prairies à couvert continu offrent une protection majeure contre l'érosion des sols ; la fertilité des sols sous prairies connaît des baisses d'acidité, une augmentation du stockage des éléments nutritifs et des teneurs élevées en matière organique active ; la toxicité du sol en alumine diminue…
- Le maintien de la biodiversité : les rotations avec de fortes charges animales permettent de contrôler les phénomènes d'embuissonnement en évitant le développement de plantes envahissantes qui engendrent d'importantes baisses de biodiversité, y compris dans les espaces forestiers voisins des terres de pâtures.

Partenaires

- EMBRAPA, Office brésilien de la recherche agricole
- Université fédérale de l'Etat du Para, Brésil
- INRA, Institut national de la recherche agronomique, France
- Montpellier SupAgro, France
- Coopérative des éleveurs de bovins, Guyane
- Sica Lait et Sica Revia, La Réunion
- Institut agronomique calédonien, Nouvelle Calédonie
- Agence nationale de développement de l'élevage, République centrafricaine
- FOFIFA, Centre de recherche agronomique de Madagascar
- FIFAMANOR, Centre de développement rural et de recherche appliquée, Madagasca
- National Institute of Animal Science, Vietnam

cirad

Inventer une agriculture écologiquement intensive pour nourrir la planète



Bibliographie / *Literature*

Comment mieux contrôler les invasions de criquets / *More effective control of locust invasions*

• Chapuis M.-P., Loiseau A., Michalakis Y., Lecoq M., Franc A., Estoup A., 2009. Outbreaks, gene flow and effective population size in the Migratory locust, *Locusta migratoria:* a regional scale comparative survey. *Molecular Ecology* (Oxford), 18(9): 792-800.

• Franc A., Rabesisoa L., Luong-Skovmand M.H., Lecoq M., 2005. Phase polymorphism in the Red locust, *Nomadacris septemfasciata* (Orthoptera: Acrididae) in Madagascar. *International Journal of Tropical Insect Science* (Nairobi), 25(3): 182-189.

• Lecoq M., 2005. Desert locust management: from ecology to anthropology. *Journal of Orthoptera Research* (Ann Arbor, MI), 14(2): 179-186.

• Maiga I.H., Lecoq M., Kooyman C., 2008. Ecology and management of the Senegalese grasshopper *Oedaleus senegalensis* (Krauss 1877) (Orthoptera: Acrididae) in West Africa: review and prospects. *Annales de la Société Entomologique de France (nouvelle série)* (Paris), 44(3): 271-288.

• Magor J.I., Lecoq M., Hunter D.M., 2008. Preventive control and desert locust plagues. *Crop Protection* (Oxford), 27(12): 1527-1533.

Maitriser le scolyte des baies du caféier / *Coffee berry borer control*

• Dufour B.P., Franco F., Hernández A., 2007. Evaluación del trampeo en el marco del manejo integrado de la broca del café. *In:* La broca del café en América tropical: hallazgos y enfoques, workshop internacional, junio 2007, Acapulco, Guerrero, México. Ed. por Barrera J.F., García A., Domínguez V., Luna C., ECOSUR y Soc. Mex. Ent., México, Mexique, 89-99.

• Dufour B.P., González M.O., Mauricio J.J., Chávez B.A., Ramírez Amador R., 2005. Validation of coffee berry borer (CBB) trapping with the BROCAP® trap. *In:* XX International Conference on Coffee Science, 11-15 October 2004, Bangalore, India. ASIC, Paris, France, 1243-1247.

• Dufour B.P., 2007. Condiciones de uso de las trampas en el control de la broca del café. *In:* Manejo da broca-do-café, workshop internacional, 28 nov. 2004, Londrina, Paraná, Brasil. IAPAR, Londrina, Brésil, 85-93.

Régulation des bio-agresseurs dans les agrosystèmes tropicaux / *Regulating pests and diseases in tropical agrosystems*

• Avelino J., Willocquet L., Savary S., 2004. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. *Plant pathology,* 53 (5), 541-547.

• Avelino J., Zelaya H., Merlo A., Pineda A., Ordoñez M., Savary S., 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecological modelling,* 197 (3-4): 431-447.

• Ratnadass A., Togola M., Cissé B., Vassal J-M., 2009. Potential of sorghum and physic nut *(Jatropha curcas)* for management of plant bugs (Hemiptera: Miridae) and cotton bollworm *(Helicoverpa armigera)* on cotton in an assisted trap-cropping strategy. *Journal of SAT Agricultural Research, 7.*

Gestion agro-écologique des cultures fruitières et maraîchères / *Agro-ecological management of fruit and market garden crops*

• Malézieux E., Crozat Y., Dupraz C., Laurans M., Makowski D., Ozier-Lafontaine H., Rapidel B., de Tourdonnet S., Valantin-Morison M., 2008. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development,* 29: 43-62.

• Ratnadass A., Michellon R., Randriamanantsoa R., Séguy L., 2006. Effects of soil and plant management on crop pests and diseases. *In:* Uphoff N., Ball A., Fernandes E., Herren H., Husson O., Laing M., Palm C., Pretty J., Sanchez P., Sanginga N., Thies J., Biological Approaches for Sustainable Soil Systems. Boca Raton, Etats-Unis, CRC Press, p. 589-602.

Les mouches des fruits et des légumes en milieu tropical / *Fruit and vegetable flies in the Tropics*

• Rousse P., Gourdon F., Quilici S., 2006. Host specificity of the egg pupal parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in La Réunion. *Biological Control,* 37 (3): 284-290.

• Duyck P.F., Junod P., Brunel C., Dupont R., Quilici S., 2006. Importance of competition mechanisms in successive invasions by polyphagous tephritids in La Réunion. *Ecology,* 87 (7): 1770-1780.

• Rousse P., Chiroleu F., Veslot J., Quilici S., 2007. The host- and microhabitat olfactory location by *Fopius arisanus* suggests a broad potential host range. *Physiological Entomology,* 32: 313-321.

• Vayssières J.F., Cayol J.P., Perrier X., Midgarden D., 2007. Impact of methyl eugenol and malathion bait stations on non-target insect populations in French Guiana during an eradication program for *Bactrocera carambolae. Entomologia Experimentalis et Applicata,* 125 (1): 55-62.

• Van Mele P., Vayssières J.F., Van Tellingen E., Vrolijks J., 2007. Effects of the African weaver ant *Oecophylla longinoda* in controlling mango fruit flies (Diptera Tephritidae). *Journal of Economic Entomology,* 100 (3): 695-701.

• Vayssières J.F., Goergen G., Lokossou O., Dossa P., Akponon C., 2005. A new *Bactrocera* species detected in Benin among mango fruit flies (Diptera Tephritidae) species. *Fruits,* 60 (6): 1-9.

Optimiser la production de biomasse en minimisant l'impact sur l'environnement / *Optimizing biomass production whilst minimizing environmental impact*

• Barczi J-F., Rey H., Caraglio Y., de Reffye P., Barthelemy D., Dong QX., Fourcaud T., 2008. AmapSim: a structural whole-plant simulator based on botanical knowledge and designed to host external functional models. *Annals of Botany,* 101: 1125-1138.

• Barthelemy D., Caraglio Y., 2007. Plant architecture: A dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. *Annals of Botany,* 99: 375-407.

• De Reffye P., Barthélémy D., Cournède P. H., Jaeger M., 2008. Modélisation et simulation de l'architecture et de la production végétales. *In:* Hallé, F. (Ed) Aux origines des plantes : des plantes anciennes à la botanique du XXIe siècle. Paris, Fayard, p. 187-229.

• Leroy C., Sabatier S., Wahyuni S., Barczi JF., Dauzat J., Laurans M., Auclair D., 2009. Virtual trees and light capture: a method for optimizing agroforestry stand design. *Agroforestry Systems,* 77: 37-47.

• Mathieu A., Cournede P.H., Letort V., Barthelemy D., de Reffye P., 2009. A dynamic model of plant growth with interactions between development and functional mechanisms to study plant structural plasticity related to trophic competition. *Annals of Botany,* 103: 1173-1186.

• Rey H., Dauzat J., Chenu K., Barczi J-F., Dosio GAA., Lecoeur J., 2008. Using a 3-D virtual sunflower to simulate light capture at organ, plant and plot levels: contribution of organ interception, impact of heliotropism and analysis of genotypic differences. *Annals of Botany,* 101: 1139-1151.

L'intégration de l'agriculture et de l'élevage / *Integrating agriculture and animal production*

• Andrieu N., Dugué P., Le Gal P.Y., Schaller N., 2009. Modéliser le fonctionnement d'exploitations agricoles de polyculture élevage pour une démarche de conseil. Cas de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso *In:* Actes du colloque Savanes africaines en développement : Innover pour durer, 21-24 avril 2009, Garoua, Cameroun, 11 p.

• Vall E., Diallo M.A., 2009. Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux aux pâturages (ouest du Burkina Faso). *Natures sciences sociétés,* 17 (2): 122-135.

• Projet FERTIPARTENAIRES **http://food-fertipartenaires.cirad.fr**

Production porcine dans les régions chaudes / *Pig production in tropical and subtropical regions*

• Porphyre V., 2009. Enjeux et contraintes des filières porcines en Afrique de l'Ouest. Revue Grain de Sel, 46-47 : Répondre aux évolutions alimentaires, un défi majeur pour l'élevage africain, Mars-Août 2009, p. 26-27.

• Porphyre V., Nguyen Q.C., 2006. Pig production development, animal-waste management and environment protection: a case study in Thai Binh province, Northern Vietnam. PRISE publications, Hanoi, Vietnam, 224 p.

• Mikolasek O., Trinh D.K., Médoc J.M., Porphyre V., 2009. L'intensification écologique d'un modèle de pisciculture intégrée : recycler les effluents d'élevages porcins de la province de Thai Binh (Nord Vietnam). *Cahiers Agriculture,* 18 (2): 235-241.

• Maclec, F., Hurnik, D., Porphyre, V., Cardinale, E., 2009. Good practices for biosecurity in pig sector: issues and options. FAO/OIE/World Bank - Animal Production and Health Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. In press 2009.

• Médoc J.-M., Guerrin F., Courdier R., Paillat J.-M., 2004. A Multi-modelling approach to help agricultural stakeholders design animal wastes management strategies in the Reunion Island. *In:* Pahl-Wostl C., (ed.), Schmidt S., (ed.), Rizzoli A.E., (ed.), Jakeman A.J., (ed.). Complexity and integrated resources management. Transactions of the 2nd Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society. Volume 1. Manno, Switzerland: iEMSs, 462-467. Complexity and Integrated Resources Management, 2004/06/14-17, Osnabrück, Germany.

• Farinet J.L., Nuttens F., Vanai P., 2005. 2Co-composting of pig manure with green wastes to prevent environmental impact of pig production in the Wallis archipelago, Pacific ocean. *In:* Proceedings of the International Workshop on green pork production, Paris, France, May 25-27, 2005, p. 111-112.

Concilier production fourragère et renouvellement des ressources en zone tropicale humide / *Reconciling fodder production and environmental protection in the humid tropics*

• Blanfort V., Orapa W., 2008. Ecology, impacts and management of invasive plant species in pastoral areas. Proceedings of the Regional Workshop on invasive Plant Species in Pastoral Areas, 24-28 november 2003, Koné, New Caledonia. IAC/SPC, Suava, 201 p.

• Hostiou N., Tourrand J.-F., Huguenin J., Lecomte P., 2006. La diversité de gestion des systèmes herbagers en Amazonie : cas des élevages bovins brésiliens. *Fourrages,* 187: 377-392.

• Huguenin J., Duru M., Blanfort V., Tourrand J.F., Bergère H., 2009. Conduite et organisation agropastorale des prairies pâturées dans les élevages guyanais. Communication *In:* Actes des Rencontres des Recherches Ruminants, Paris, 2-3 déc. 2003, p. 353-356.

• Rippstein G., Escober G., Motta F., 2001. Agroecologia y biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. CIAT et CIRAD, Colombie, 302 p.

• Salgado P., Lubbers M., Schipper R.A., Van Keulen H., Alary V., Lecomte P., 2009. Adoption of new forage technology: impact on the socio-economic sustainability of milk production in Moc Chau, Vietnam (DAIVIE model). *In:* Proceedings-AgSAP 2009, Netherlands 10-12 march, p. 272-273.

• Vayssières J., Guerrin F., Paillat J.M, Lecomte P., 2009. GAMEDE: A global activity model for evaluating the sustainability of dairy enterprises, Part I – Whole farm dynamic model. *Agricultural Systems,* 101: 128–138.

Lutte contre les insectes ravageurs en culture cotonnière / *Controlling insect pests in cotton growing systems*

• Brévault T., Couston L., Bertrand A., Thézé M., Nibouche S., Vaissayre M., 2009. Sequential pegboard to support small farmers in cotton pest control decision-making in Cameroon. *Crop Protection*, 28: 968-973.

• Brévault T., Carletto J., Linderme D., Vanlerberghe-Masutti F., 2008. Genetic diversity of the cotton aphid, *Aphis gossypii*, in the unstable environment of a cotton growing area. *Agricultural and Forest Entomology*, 10: 215 – 223.

• Brévault T., Bikay S., Maldès J.M., Naudin K., 2007. Impact of no till with mulch on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. *Soil & Tillage Research*, 97: 140-149.

Gestion du risque pesticide en horticulture / *Managing pesticide risks in horticulture*

• Cabidoche Y.-M., Jannoyer M., Vanniere H., 2006. Conclusions du Groupe d'étude et prospective, aspects agronomiques, Contributions Cirad – Inra. Montpellier, Cirad, 64 p.

• Cabidoche Y.-M., Achard R., Cattan P., Clermont Dauphin C., Chabrier C., Lafont A., Sansoulet J., 2006. Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : relation avec les systèmes de culture, Rapport final d'exécution Programme 2003-2005 « Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides » du MEDD, Inra Cirad, 99 p.

• Lesueur Jannoyer M., Cabidoche Y.-M., Vannière H., 2007. La chlordécone aux Antilles françaises, Synthèse sous l'angle agronomique établie par le Groupe d'étude et prospective, sur les pollutions par les organochlorés. *Phytoma - La défense des végétaux*, 606: 29-31.

• De Roffignac L., Cattan P., Mailloux J., Herzog D., Le Bellec F., 2008. Efficiency of a bagasse substrate in a biological bed system for the degradation of glyphosate, malathion and lambda-cyhalothrin under tropical climate conditions. *Pest Management Science*, 64 (12): 1303-1313.

Culture des vergers en milieu insulaire / *Orchard cultivation on islands*

• Bockstaller C., Girardin P., 2003. How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems*, 76: 639-653.

• Boullenger G., Le Bellec F., Girardin P., Bockstaller C., 2008. Évaluer l'impact des traitements des agrumes sur l'environnement. *Phytoma - La défense des végétaux*, 617: 22-25.

• Lançon J., Wery J., Rapidel B., Angokaye M., Gerardeaux E., Gaborel C., Ballo D., Fadegnon B., 2007. An improved methodology for integrated crop management systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 27: 101-110.

• Le Bellec F., Le Bellec V., 2008. Le jardin créole : produire en respectant l'environnement. Chevagny-sur-Guye, Ed. Orphie, 44 p.

• Le Bellec F., Herzog D., Fournier P., Mauléon H., Renard-Le Bellec V., Ramassamy M., 2005. The integrated fruits production in Guadeloupe, *In:* CFCS, Guadeloupe. 41st Annual Meeting of the Carribean Food Crop Society, Annual Meeting of the Carribbean Food Crops Society (CFCS), 41, 2005-07-10/2005-07-16, Gosier, Guadeloupe.

• Loyce C., Wery J., 2006. Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception des systèmes de culture. *In:* Doré T. *et al.* (Eds). L'agronomie aujourd'hui. Versailles, Editions Quae, p. 77-95.

Le semis direct avec couverture végétale / *Direct seeding mulch-based cropping*

• De Moraes Sá, Séguy L., Gozé E. *et al*, 2009. Carbon balance and sequestration rates in a long-term tillage experiment in a Brazilian Oxisol. *Soil tillage research*, in press.

• De Moraes Sá, Séguy I., Gozé E. *et al*, 2009. C sequestration rates in no-tillage soils under intensive cropping systems in tropical agroecozone. *Soil Science Society of America Journal*, in press.

• Séguy L., Bouzinac S., Husson O., 2006. Direct-seeded tropical soil systems with permanent soil cover: Learning from Brazilian experience. *In:* Uphoff Norman T. (ed.), Ball Andrew S. (ed.), Fernandes Erik C.M. (ed.), Herren Hans R. (ed.), Husson. Olivier (ed.), Laing Mark V. (ed.), Palm Cheryl (ed.), Pretty Jules (ed.), Sanchez Pedro (ed.), Sanginga Nteranya (ed.), Thies Janice (ed.). Biological approaches to sustainable soil systems. Boca Raton, CRC Press, p. 323-342.

• Séguy L., Bouzinac S., 2008. La symphonie inachevée du semis direct dans le Brésil central : le système dominant dit de « semi-direct » : limites et dégâts, éco-solutions et perspectives : la nature au service de l'agriculture durable. [Cd-Rom]. Montpellier, Cirad, 1 disque optique numérique (CD-ROM).

Intensification écologique chez le bananier / *Ecological intensification of banana growing*

• Côte F.-X., Abadie C., Achard R., Cattan P., Chabrier C., Dorel M., de Lapeyre de Bellaire L., Risède J.M., Salmon F., Tixier P., 2009. Integrated pest management developed in the French West Indies to reduce pesticide use in banana production systems. *Acta Horticulturae*, 828: 375-382.

• Chabrier C., Carles C., Desrosiers C., Quénéhervé P., Cabidoche Y.M., 2009. Nematode dispersion by runoff water: Case study of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on nitisol under humid tropical conditions. *Applied soil ecology*, 41: 148-156.

• Tixier P., Malezieux E., Dorel M., Wery J., 2008. SIMBA, a model for designing sustainable banana-based cropping systems. *Agricultural systems*, 97 (3): 139-150.

Améliorer les systèmes agroforestiers en zone tropicale humide / *Improving agroforestry systems in the humid tropics*

• Camara A., Dugué P., Kalms J.-M., Cheylan J.-P., 2009. De la forêt naturelle aux agroforêts cultivées en Guinée forestière. *Cahiers Agriculture*, 18 (5): 425-431.

• Deheuvels O., Penot E., 2008. Olympe, a multiscale tool to explore management options in Agroforestry Systems. *In:* B. Rapidel, O. Roupsard and M. Navarro (Eds), Modelling agroforestry systems with perennial crops: connecting agroforestry researchers with modellers. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 25-28 Feb 2008.

• Jagoret P., Malézieux E., 2007. Complex cocoa agroforests can be successfully established on savannahs: a local innovation in the central region of Cameroon. 2nd International Symposium on Multistrata Agroforestry Systems with Perennial Crops, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

• Lamanda N., Michel-Dounias I., Canet M., Kalms J.-M., 2008. Les pratiques de gestion des agroforêts à base de café de Guinée forestière sur le temps long. Atelier international de réflexion à partir de visites de terrain « Les agroforêts d'Afrique de l'Ouest et du Centre : dynamiques, performances et avenir ? 2008, Sérédou, Guinée, CD-Rom.

• Madelaine C., Malézieux E., Sibelet N., Manlay R. 2008. Semi-wild palm groves reveal agricultural change in the forest region of Guinea. *Agroforestry systems*, 73 (3): 189-204.

• Marie C., Sibelet N., Dulcire M., Rafalimaro M., Danthu P., Carriere S., 2009, Taking into account local practices and indigenous knowledge in an emergency conservation context in Madagascar. *Biodiversity and Conservation*, 18 (10): 2759-2777.

• Ruf F., 2009. Libéralisation, cycles politiques et cycles du cacao : le décalage historique Côte d'Ivoire-Ghana. *Cahiers agricultures*, 18 (4): 343-349.

Impacts agri-environnementaux du palmier à huile / *Agri-environmental impacts of the oil palm*

• Caliman J.P., Carcasses R., Girardin P., Pujianto A., Dubos B., Liwang T., 2005. Development of agri-environmental indicators for sustainable management of oil palm growing. General concept and the example of nitrogen. MPOB International Palm Oil Congress (PIPOC), 25-29 September 2005, Kuala Lumpur, Malaysia.

• Wohlfahrt J., Caliman J.P., Girardin P., Wahyu A., 2006. Development of an agro-ecological indicator (I-PHY Palm) to assess the sustainability of pesticides utilization in oil palm plantations. IOPRI International Palm Oil Conference, 20-24 June 2006, Bali, Indonesia.

• Girardin P., Caliman J.P., Wohlfahrt J., 2007. INDIGO® Palm: a method based on Agro-Ecological indicators to assess the environmental stability of oil palm plantations. International Conference on Oil Palm and the Environment ICOPE 2007. 15-16 November 2007, Bali, Indonesia.

• Caliman J.P., Carcasses R., Perel R., Wohlfahrt J., Girardin P., Wahyu Pujianto A., Dubos B., Verwilghen A., 2007. Indicadores agro-ambientales para la producción sostenible de aceite de palma. *Palmas,* 28(1): 434-445.

Production durable en agriculture familiale au Sud / *Sustainable production on family farms in developing countries*

• Affholder F., Jourdain D., Dang Dinh Quang, To Phuc Tuong, Morize M., Ricome A., 2010. Direct-seeding mulch-based cropping systems on mountainous slopes in Vietnam: a whole farm model for assessing constraints to adoption by farmers. *Agricultural Systems,* 103 (1): 51-62.

• Triomphe B., Sabourin E., Hocclé H., Scopel E., Nascimento de Oliveira M., Valadares Xavier J.H., Da Silva F.A.M., Ramos de Almeida S.C., 2008. Participatory cropping and farming system design among multiple stakeholders to contribute to sustainable agricultural production. Experiences and lessons with the agrarian reform sector in the Brazilian Cerraclos. *In:* Dedieu Benoît (ed.), Empowerment of the rural actors. A renewal of farming systems perspectives: 8th European IFSA Symposium, 6-10 July 2008, Clermond-Ferrand. Paris, INRA, IFSA European Symposium, 8, 2008-07-06/2008-07-10, Clermont-Ferrand, France, 10 p.

• Corbeels M., Scopel E., Cardoso A., Bernoux M., Douzet J.M., Siqueira Neto M., 2006. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. *Global Change Biology,* 12: 1-15.

• Scopel E., Macena da Silva F.A., Corbeels M., Affholder F., Maraux F., 2004. Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid tropical conditions. *Agronomie,* 24: 1-13.

Préserver la biodiversité des savanes africaines / *Preserving biodiversity in African grasslands*

• Baudron F., Corbeels M., Monicat F., Giller K.E., 2009. Cotton expansion and biodiversity loss in African savannahs, opportunities and challenges for conservation agriculture: a review paper based on two case studies. *Biodiversity and Conservation,* 18: 2625-2644.

• Baudron F., Corbeels M., Monicat F., Giller K.E. (submitted). Cotton, more than tsetse eradication, drove habitat loss for the wildlife of the Mid Zambezi Valley, Zimbabwe. *Biological Conservation.*

• Corbeels M., Scopel E., Cardoso A., Bernoux M., Douzet J.M., Siqueira Neto M., 2006. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. *Global Change Biology,* 12: 1-15.

• Scopel E., Macena F., Corbeels M., Affholder F., Maraux F., 2004. Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid conditions. *Agronomie,* 24: 1-13.

Production durable de charbon de bois en République démocratique du Congo / *Sustainable charcoal production in the Democratic Repubic of Congo*

• Bernhard-Reversat F., Diangana D., Tsatsa M., 1993. Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation d'*Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis* au Congo. *Bois et Forêts des Tropiques,* 238 (4), 35-44.

• Bisiaux F., Peltier R., Muliele J-P., 2009. Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux Batéké, Mampu, en République démocratique du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques,* 301 (3): 21-31.

• Harmand J.-M., Njiti C.F., Peltier R., 1997. Restauration de la fertilité des sols par la jachère arborée. L'agroforesterie pour un développement rural durable. Atelier international, Montpellier, France 23-29 juin 1997, p. 135-142.

• Harmand J.-M., Njiti, C.F., Bernhard-Reversat, F., Puig H., 2004. Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. *Forest Ecology and Management,* 188: 249-265.

• Marien J.-N., Mallet B., 2004. Nouvelles perspectives pour les plantations forestières en Afrique centrale. *Bois et Forêts des Tropiques,* 282 (4): 67-79.

• Peltier R., Balle Pity, 1993. De la culture itinérante sur brûlis au jardin agroforestier en passant par les jachères enrichies (From Slash and burn to sustainable agroforestry system). *Bois et Forêts des Tropiques,* 235 (1): 49-57.

• Peltier R., Balle Pity, Galiana A., Gnahoua G.M., Leduc B., Mallet B., Oliver R., Oualou K., Schroth G., 1995. Produire du bois énergie dans les jachères de zone guinéenne. Intérêts et limites à travers l'expérience d'Oumé en Basse Côte d'Ivoire. *In:* Actes du séminaire « Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides », nov. 1995, Montpellier, France, p. 219-227.

Diffusion des systèmes de semis direct avec couverture végétale à Madagascar / *Dissemination of direct seeding mulch-based cropping systems in Madagascar*

• Penot E., 2008. Document de travail n° 4 : Mise en place du réseau de fermes de références avec les opérateurs du projet. Projet BV-lac/AFD, lac Alaotra, Madagascar, 2008.

• Penot E., Garin P., 2009. Des savoirs aux savoirs faire : l'innovation alimente un front pionner : le lac Alaotra de 1897 à nos jours. Colloque « Localisation et circulation des savoir-faire en Afrique ». Maison méditerranéenne des sciences de l'Homme, Aix-en-Provence, France, 19 et 20 mars 2009.

• Penot E., 2008. Mise au point d'outils et d'approche pour l'aide à la décision technico-économique et organisationnelle dans les projets de développement agricole à Madagascar. Séminaire international sur la capitalisation des expériences pour l'apprentissage social et le développement. ICRA, Antananarivo, Madagascar, 10-12 novembre 2008.

• Terrier M., Penot E, 2008. Document de travail/AFD/BV-lac n° 18 : conventions de modélisation pour le RFR. Projet BV-lac/AFD, lac Alaotra, Madagascar, 2008.

• Cauvy S., Penot E., 2009. Document n° 43 : mise au point des scénarios en analyse prospective et des simulations sur les exploitations agricoles du réseau de fermes de référence. Projet BV-lac/AFD, lac Alaotra, Madagascar, 2009.

Inventer une agriculture écologiquement intensive pour nourrir la planète

Alors que l'accroissement de la production agricole demeure une préoccupation majeure, le modèle d'une agriculture fondée sur l'utilisation intensive et massive de pesticides, d'engrais chimiques, d'eau et d'énergie fossile est aujourd'hui remis en cause. Il est devenu une nécessité autant qu'un défi de rompre avec une agriculture qui artificialise et standardise toujours plus le système biologique. Pour effectuer cette rupture, l'agriculture doit s'appuyer sur les processus écologiques qui permettent de réguler les populations de bio-agresseurs, de réduire les nuisances, de mieux valoriser les ressources rares comme l'eau, ou encore d'améliorer les services écologiques (stockage du carbone, diversité biologique...) : c'est l'intensification écologique.

Les compétences et les savoir-faire du Cirad présentés dans ce recueil de fiches sur l'intensification écologique contribuent à concevoir des systèmes de production durables, plus économes en intrants et plus respectueux de l'environnement, à créer des variétés mieux adaptées à leur milieu, à inventer de nouvelles techniques de lutte contre les maladies et les ravageurs et à comprendre le fonctionnement de la nature pour exploiter ses ressources sans la détruire.

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

42, rue Scheffer
75116 Paris
France

www.cirad.fr

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

En partenariat avec les pays du Sud, il produit et transmet 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 203 millions d'euros dont les deux tiers proviennent de l'Etat français.

© Cirad, 2010. Réalisation : Delphine Guard-Lavastre et Isabelle Guinet, Cirad, département Bios. Impression : Impact Imprimerie, Hérault (34). Illustration de couverture : Nathalie Le Gall.