



cirad

Changement climatique et agriculture

L'ENVIRONNEMENT ET LA SÉCURITÉ
ALIMENTAIRE EN JEU

Décembre 2009



CHANGEMENT CLIMATIQUE ET AGRICULTURE

L'ENVIRONNEMENT ET LA SECURITE ALIMENTAIRE EN JEU

CIRAD, DECEMBRE 2009

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
ADAPTATION DES PLANTES CULTIVEES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	6
AMELIORATION GENETIQUE DES PLANTES ET GESTION DE L'AGROBIODIVERSITE....	8
CARACTERISATION DES SERVICES ENVIRONNEMENTAUX ET INDICATEURS DE FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES.....	10
EVALUATION ENVIRONNEMENTALE GLOBALE DES PRODUITS AGRICOLES ET ALIMENTAIRES D'ORIGINE TROPICALE.....	14
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET MALADIES ANIMALES EMERGENTES.....	16
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SANTE VEGETALE.....	18
ADAPTATION DES SYSTEMES DE CULTURE IRRIGUES	20
ADAPTATION DES SYSTEMES D'AGRICULTURE-ELEVAGE.....	22
ELEVAGE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	25
BIOMASSE - ENERGIE.....	28
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SECURITE ALIMENTAIRE	32
PAIEMENTS POUR SERVICES ENVIRONNEMENTAUX ET CHANGEMENT CLIMATIQUE	34
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET RENFORCEMENT DES CAPACITES NATIONALES ET LOCALES.....	36
NEGOCIATIONS INTERNATIONALES ET POLITIQUES NATIONALES CLIMATIQUES.....	38

Ce dossier a été rassemblé par un groupe de travail constitué de :

Patrick Caron, du département Environnement et Sociétés

Michael Dingkuhn, Ur Adaptation agro-écologique et innovation variétale

Sylvie Lewicki Dhainaut, Ur Adaptation agro-écologique et innovation variétale

Bruno Locatelli, Ur Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux

Christine Nouaille, délégation à la communication

Hubert Omont, direction de la recherche et de la stratégie

© Cirad, 2009, Direction de la recherche et de la stratégie

Introduction

Le changement climatique est un processus planétaire, récent dans sa forme contemporaine et pour une large part d'origine anthropique. La dynamique à laquelle il contribue va bouleverser rapidement et durablement l'agriculture mondiale dès les prochaines années. Dans le même temps, l'agriculture est identifiée comme l'une des causes anthropiques majeures de ce processus. L'épuisement annoncé des réserves en énergies fossiles, la croissance démographique et le développement rapide de certains pays très demandeurs d'énergie (Chine, Brésil, Inde...) entraînent des comportements aggravants. L'émergence des bioénergies comme nouveau débouché agricole majeur et le phénomène d'appropriation des terres sont autant de témoins et d'amplificateurs des raretés qui affectent la sécurité alimentaire et l'environnement –et au-delà la stabilité même des sociétés et les grands équilibres planétaires- et viennent compléter les menaces liées au changement climatique. C'est pourquoi ce dernier exige une mobilisation sans précédent de la communauté scientifique internationale.

Le défi principal est d'assurer la sécurité alimentaire des populations les plus pauvres. Mais il ne faut pas limiter la réflexion aux enjeux traditionnels de la recherche pour le développement, ni se contenter de proposer simplement des technologies de production plus performantes, comme celles de la révolution verte, ou bien doublement verte, dans l'objectif d'une intensification écologique. Le transfert de technologie et un appui économique du « Nord » vers le « Sud » seront non seulement insuffisants mais tout simplement peu pertinents. En effet, les bouleversements attendus sont véritablement planétaires, radicaux et de nature structurale, ils nous obligent à repenser profondément les paradigmes qui guident nos recherches pour le développement. Le Cirad, avec son réseau mondial de partenaires sur plus de 90 pays relève ce défi.

> Le Cirad et la problématique du changement climatique

Le Cirad est un centre de recherche français qui répond, avec les pays du Sud, aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement. La mission du Cirad est de produire et de transmettre de nouvelles connaissances en partenariat avec les pays du Sud, pour accompagner leur développement agricole dans sa diversité et contribuer aux débats sur les grands enjeux mondiaux de l'agriculture, de l'environnement et des sociétés rurales. Les problématiques liées au changement climatique sont bien au cœur de la tâche qui lui est confiée.

Son dispositif de recherche intègre différentes disciplines et compétences au service de sa stratégie scientifique : les biotechnologies, l'amélioration génétique et l'écophysiologie des plantes cultivées ; l'agronomie et l'agro-écologie des systèmes de production ; l'écologie et le fonctionnement des systèmes forestiers, agropastoraux et d'élevage ; la pathologie végétale et animale ; les sciences humaines et sociales et les sciences de la complexité. Elles lui permettent d'aborder les différentes problématiques aux échelles pertinentes, de la molécule à la politique agricole.

Du fait de son histoire et de son mandat international, Cirad a développé une philosophie de partenariat unique avec des organismes publics et privés : une grande partie de ses effectifs est déployée chez ces partenaires, créant ainsi une infrastructure de recherche très proche du terrain, appuyée par des laboratoires performants en France.

Le Cirad participe activement à la construction de l'espace français et européen de la recherche agronomique. Il joue notamment un rôle moteur dans l'émergence de réseaux entre des instituts de recherche, de formation et des universités. Il a construit des partenariats scientifiques avec les organisations internationales spécialisées dans la recherche agronomique, avec des organisations régionales et nationales dans 25 dispositifs de recherche en partenariat à l'étranger et possède 7 centres scientifiques à vocation régionale dans l'outre-mer

> Le Cirad en bref

- 800 chercheurs, dont 200 expatriés et 200 temps pleins de missions dans plus de 90 pays ;
- des centres de recherche à Montpellier, en Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, à la Réunion et en Nouvelle-Calédonie ;
- 6 axes prioritaires de recherche : Intensification écologique ; Biomasse énergie et sociétés du Sud ; Alimentation accessible et de qualité ; Santé animale et maladies émergentes ; Politiques publiques, pauvreté et inégalités ; Agriculture, environnement, nature et sociétés ;
- 25 dispositifs de recherche en partenariat à l'étranger ;
- un budget annuel de 203 millions d'euros

français. A ce titre, il est un interlocuteur majeur dans le dialogue entre l'Europe et les pays du Sud. Il participe à de grands projets multi-partenariaux liés à la problématique du changement climatique, financés en particulier par l'Union européenne ; dans ces projets, des relations privilégiées avec ses partenaires apportent une dimension planétaire indispensable à ce défi global.

Cette infrastructure partenariale et cette expertise multidisciplinaire constituent des conditions idéales pour la conception et la réalisation d'approches innovantes. Le Cirad les mobilise pour relever le défi du changement climatique.

Les activités du Cirad dans le contexte du changement climatique sont présentées dans les fiches de ce document. Elles concernent notamment :

- l'évaluation de l'impact des changements climatiques sur l'agriculture, sur l'environnement et sur les sociétés rurales ;
- l'amélioration génétique des plantes cultivées pour une meilleure adaptation aux contraintes environnementales, notamment thermiques et hydriques, associées au changement climatique ; elle s'appuie sur des études génétiques et agroécologiques approfondies, et sur une analyse approfondie de l'agrobiodiversité in situ et ex situ ;
- l'adaptation des systèmes de production, avec l'objectif de réduire la vulnérabilité de ces systèmes aux changements climatiques ;
- la conception et l'évaluation d'innovations techniques et institutionnelles, éventuellement de rupture, qui ont pour objectif d'atténuer les impacts des changements climatiques sur les performances des systèmes de production, et notamment de mieux anticiper les risques et de mieux les gérer ;
- les effets négatifs et positifs des pratiques agricoles sur le changement climatique ;
- la conception et l'évaluation d'innovations agro-environnementales (telles les techniques agroécologiques favorisant le piégeage du carbone) et d'instruments institutionnels et politiques afin de réduire les effets négatifs des pratiques agricoles sur les évolutions climatiques ;
- l'accompagnement de la mise en œuvre de ces approches pour évaluer et structurer la fourniture, le maintien et le financement de services environnementaux ainsi que l'évaluation de l'impact de cet accompagnement sur l'état de l'environnement et sur le développement à l'exemple des Mécanismes de Développement Propre liés au carbone.

Ce chantier est en pleine évolution. Il s'adaptera aux nouveaux paradigmes de recherche pour le développement qui émergeront du processus de réflexion en cours au Cirad et chez ses partenaires, en tenant compte et en intégrant les réflexions des grandes conférences internationales, notamment celle de Copenhague, mais aussi en contribuant à leur réalisation.

> Repenser les stratégies de recherche finalisée face à des changements anticipés

Repenser la stratégie et les objectifs de recherche finalisée face aux contraintes (et aux opportunités !) liées à la prochaine grande transition de l'agriculture mondiale n'est pas une démarche simple. Cela nécessite d'abord un diagnostic approfondi de l'état de la pensée, des idées reçues ou généralement admises et parfois issues d'un réflexe conservateur, et des facteurs moteurs des transitions en cours ou à venir, analyse qui ne peut pas se limiter aux effets directs du changement climatique sur les cultures, systèmes de production et marchés. Sont à prendre en compte les rétroactions par ajustements tactiques et stratégiques des systèmes concernés, et les interactions avec les autres facteurs moteurs des transitions agricoles (nouvelles filières comme celle des biocarburants, accaparement des terres, etc.), qui agissent sur les marchés et sur les conditions de production. A chacun de ces facteurs sont associés une incertitude et un niveau de variabilité souvent difficilement quantifiables. Tout acteur fondera toutefois ses décisions sur la perception de cette incertitude et sur l'analyse qu'il fait de son environnement.

En effet, le changement climatique n'agit pas seulement sur les conditions biophysiques moyennes (thermiques, pluviométriques), mais aussi sur la variabilité intra- et inter-annuelle et sur l'occurrence et la fréquence d'événements extrêmes. L'amplification des risques associés à toute décision, qu'elle soit le fait d'un producteur, d'un assureur, d'un décideur politique..., invite ainsi à mettre en œuvre de nouveaux mécanismes de résilience économique et biophysique.

Seule une approche intégrative et systémique permettra de concevoir des stratégies efficaces de développement face au changement climatique et aux facteurs qui lui sont associés. La recherche scientifique

finalisée se trouve confrontée à l'obligation d'une plus grande pertinence pour que ses actions et produits contribuent aux innovations des décideurs et des producteurs. Elle devra incorporer systématiquement la prise en compte de l'incertitude et des démarches de prévision, de simulation et de perspective des systèmes complexes. La stratégie, les objectifs et les méthodes doivent changer dans l'objectif d'assurer la sécurité alimentaire et le fonctionnement durable des agro-écosystèmes.

> Perspectives

Les perspectives de recherche finalisée pour le Cirad reposent sur une analyse des enjeux, des projets et des actions des autres intervenants sur cette thématique et des investissements déjà consentis (projets scientifiques, partenariats, moyens humains et matériels). Ainsi, même si la distinction entre atténuation et adaptation a du sens au regard des processus biologiques et écologiques et est à ce titre utile d'un point de vue analytique, même si elle interpelle des échelles distinctes, elle ne semble pas toujours pertinente pour préciser les thématiques futures dans lesquelles investir. En effet, elle ne représente pas toujours l'entrée privilégiée pour accompagner ou même imaginer des processus d'innovation. Il convient à l'inverse d'intégrer la complexité du problème et de mobiliser des connaissances et données hétérogènes.

Cette réflexion se traduit en quatre champs d'action, à différentes échelles (filières, régions, écosystèmes, etc.) mais aussi par des approches transversales :

- comprendre les processus en jeu, et en particulier les processus biologiques et écologiques impliqués dans la relation entre évolutions agricoles et changement climatique ; cela concernera également les mécanismes économiques et sociaux ;
- repenser l'acte technique, tant dans ses dimensions techniques qu'organisationnelles, à différentes échelles, en développant la capacité d'évaluation des performances et des effets générés par les actes de gestion du vivant (critères, indicateurs) ;
- accompagner l'organisation des filières environnementales par la production ou l'expérimentation de normes, de procédures de certification, de mécanismes de coordination entre acteurs, de cadres politiques, de mécanismes de paiement de biens et services environnementaux, en tenant compte des relations entre filières alimentaires et filières environnementales ;
- saisir les interactions générées avec d'autres préoccupations et la manière dont le couple climat-agriculture y contribue, en particulier dans les domaines de la santé et de l'énergie.

Adaptation des plantes cultivées au changement climatique

Les facultés d'adaptation des plantes aux variations climatiques sont exploitées de longue date par les agriculteurs. Mais face aux aléas et aux événements extrêmes plus fréquents, des approches nouvelles sont envisagées.



*Rizières en terrasse à Bali.
© Cirad, G. Trebuil*

L'origine de l'adaptation peut être génétique (utilisée dans la sélection), agronomique (gestion), géographique (zonage) ou temporelle (calendriers culturels, idéalement appuyés par des prévisions climatiques et des outils d'aide à la décision). Les recherches du Cirad visent à approfondir les connaissances sur les relations entre les plantes et leur environnement aux échelles de la plante, du peuplement végétal et, par extrapolation, de la région. La modélisation, appuyée par des expérimentations en milieu réel et contrôlé, permet de relier les différentes échelles et processus entre eux et de les traduire en impacts sur le terrain.

Les facteurs dont l'impact est le plus important sont le stress hydrique (sécheresse essentiellement, mais l'excès d'eau en fait partie) et le stress thermique (chaleur, froid). Le stress hydrique perturbe la phénologie (feuillaison, floraison...), la croissance et le remplissage. Le facteur thermique agit sur la phénologie (durée du cycle...) et les rendements potentiels (nombre de fleurs ou d'épis fertiles, taille des fruits ou des grains, qualité...). Les recherches concernent principalement riz, le sorgho et le palmier à huile. L'adaptation à la sécheresse est également très étudiée pour l'hévéa, les agrumes...

Les recherches sur l'effet du CO₂ atmosphérique sur les plantes nécessitent un dispositif d'expérimentation propre, en collaboration.

Certains travaux ont en outre un objectif d'atténuation (mitigation) du changement climatique : le projet Sweetfuel (plantes pluri-usage « FFF » Food-Feed-Fuel), par exemple, étudie le potentiel de plantes énergétiques (alternatives à l'énergie fossile) tolérantes à la chaleur et à la sécheresse.

> Activités et résultats

- Analyse fine des caractères d'adaptation : fonctionnement, contrôle génétique, interactions avec l'environnement ;
- Phénotypage de ces caractères pour caractériser la diversité génétique et identifier des gènes et allèles d'intérêt et des marqueurs utiles ;
- Modélisation de ces caractères aux échelles pertinentes (plante, parcelle...) pour mesurer leur valeur adaptative et agronomique ;
- Confrontation de plantes virtuelles (idéotypes améliorés) aux scénarios du changement climatique à l'échelle régionale par modélisation ;
- Applications pratiques : développement de nouvelles variétés et mise en place d'outils de prévision agricole.

Produits :

- des connaissances opérationnelles sur les bases biologiques de l'adaptation au changement climatique,
- des outils pour la sélection (marqueurs moléculaires et physiologiques),
- de nouvelles variétés mieux adaptées au changement climatique

Contact

Michael Dingkuhn :
michael.dingkuhn@cirad.fr



Variétés de sorghos.
© Cirad, M. Dingkuhn

Publications

Kouressy M. *et al.* (2008). Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agr Forest Meteorol* 148: 357-371

Baron C *et al.* (2005). From GCM grid cell to agricultural plot : Scale issues affecting modelling of climate impact. *Phil Trans R Soc Lond Biol sc.* 360: 2095-2108

Sultan B *et al.* (2005). Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon. . *Agr Forest Meteorol* 128: 93-110

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

> Projets de recherche

- Adaptation de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés au changement climatique (ADAGE, projet français, ANR)
- Développement de sorghos sucrés F/FF/FFF (Food-Feed-Fuel) adaptés aux environnements secs (SweetFuel, projet européen FP7)
- Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine (AMMA, projet européen FP6)
- Analyse et modélisation de l'adaptation du riz et du sorgho aux facteurs du changement climatique (RISOCAS, projet allemand GTZ-BMZ)
- Phénotypage et analyse génétique des caractères d'adaptation du riz aux stress hydrique et thermique (ORYTAGE, action thématique Cirad)
- Phénotypage et analyse génétique du riz sous stress hydrique (Gcp GenPhen, Generation challenge programme du GCRAI)
- Phénotypage et sélection récurrente assistée par marqueur pour la tolérance à la sécheresse, sorgho et riz (Gcp BC-NAM et Gcp Riz Bas-Fonds du GCRAI) (débutent en 2010).

> Partenaires

- Adaptation des plantes par amélioration génétique, instituts du GCRAI : International Rice Research Institute (IRRI), International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO), Centre international d'agriculture tropicale (CIAT) ; Institut d'Economie Rurale (IER, Mali)
- Plantes FFF adaptées à la sécheresse : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, Brésil), Corporacion Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA, Colombie), Allemagne, Italie, Inde, Mexique, Afrique du Sud, Mali
- Modélisation de l'adaptation des plantes : universités de Hohenheim (Allemagne), de Wageningen (Pays-Bas), de Queensland (Australie), de Tsukuba (Japon), Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO, Australie), China Agricultural University (CAU) et China Academy of Science (CAS, Chine), ADRAO (Sénégal), Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (FOFIFA, Madagascar), IER (Mali)... ; producteurs d'huile de palme en Asie de Sud-Est
- Modélisation à l'échelle régionale : AGRHYMET, centre du Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS).

> Perspectives

Une meilleure connaissance du contrôle génétique des caractères d'adaptation permettra de construire des variétés plus robustes et productives.

Des technologies « de rupture », comme l'adaptation de plantes tout à fait nouvelles à la culture, sont à concevoir.

En modélisant plus précisément les effets des changements climatiques sur les cultures, il sera possible de proposer des stratégies d'amélioration des plantes. Il faut également adapter les systèmes d'aide à la décision aux nouveaux enjeux.

Le nouveau Challenge program du GCRAI, Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), est l'un des réseaux émergents dans lesquels le Cirad s'engage.

Amélioration génétique des plantes et gestion de l'agrobiodiversité

C'est en utilisant intelligemment la diversité génétique des plantes que les sociétés humaines se sont adaptées aux évolutions et aux variations imprévisibles des conditions climatiques. La biologie intégrative adossée à la révolution génomique et informatique devrait permettre de poursuivre cette adaptation.



Recherche de marqueurs chez le riz pour la résistance à la sécheresse.
© Cirad, E. Guiderdoni

Contact

Nourollah Ahmadi :
nourollah.ahmadi@cirad.fr

Publications

Courtois B. *et al.* 2008. The Rice root system: from QTLs to genes to alleles. In Serraj R., (ed.), *Drought frontiers in rice: crop improvement for increased rainfed production*. Singapore: IRRI, World Scientific Books, p. 171-188.

L'utilisation intelligente de la diversité génétique des plantes a toujours reposé sur au moins deux composantes : la valeur adaptative intrinsèque de chaque plante, variété, et espèce végétale cultivée, qui est liée à son patrimoine génétique, et la valeur adaptative de leur agencement spatiotemporel, qui relève de la gestion de l'agrobiodiversité.

La connaissance plus approfondie des processus biologiques et anthropiques qui régissent ces valeurs adaptatives permettra de créer des variétés et de concevoir des modalités de gestion de l'agrobiodiversité adaptées aux effets des changements climatiques, qu'ils soient prévisibles (stress hydriques, élévation des températures,...) ou moins prévisibles (cycles des pathogènes, salinité des sols,...). Il s'agit de prévenir l'impact négatif de ces changements, notamment les contraintes hydriques et thermiques, sur la phénologie de la plante, la production de biomasse et l'indice de récolte, ainsi que sur les qualités organoleptiques et technologiques des produits. Il s'agit aussi de raisonner l'agencement spatiotemporel des variétés et espèces végétales pour augmenter la résilience des systèmes agraires face aux effets des changements climatiques.

> Activités et résultats

Au Cirad, l'adaptation aux contraintes hydriques et thermiques est étudiée chez une large gamme de plantes annuelles (arachide, cotonnier, riz, sorgho...) et pérennes (agrumes, bananier, caféier, hévéa, eucalyptus...) à différentes échelles, du moléculaire au peuplement végétal en passant par la cellule, le tissu, l'organe et l'individu. Ces études s'appuient sur :

- le phénotypage et le génotypage de ressources génétiques (panel d'accessions représentatif de la diversité de l'espèce, descendance de croisements, mutants, ...) se prêtant à la décomposition génétique des réponses adaptatives (quasi-totalité des plantes suscitées) ;
- l'analyse de l'expression différentielle de gènes chez une plante, en absence et en présence de la contrainte étudiée (agrumes, caféier, riz...) ;
- depuis peu, l'analyse des bases génétiques et évolutives de l'adaptation liée à l'hétérogénéité des pressions de sélection (spatiales, temporelles), au sein d'écosystèmes anthropisés (riz, sorgho...) ;
- l'étude de l'évolution des génomes et la génomique comparative ;
- les recherches en bioinformatique qui, à travers des représentations des connaissances et des données massives, facilitent l'intégration multi-échelle : génome, cellule, plante, population et environnement.

Des ressources génétiques porteuses de caractères adaptatifs et des régions génomiques impliquées dans l'expression de ces caractères ont été identifiées, ainsi que des voies métaboliques sous-jacentes et les modalités de leur régulation.

Publications (suite)

Bezançon G. *et al.* 2009. Changes in the diversity and geographic distribution of cultivated millet and sorghum varieties in Niger between 1976 and 2003. *GRCE*, 56 : 223-236.

Khong N.G. *et al.*, 2008. Modulating rice stress tolerance by transcription factors. In Harding S., (ed.). *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*. Volume 25. Nottingham, UK: Nottingham University Press, p. 381-404.

Joët T. *et al.* 2010) Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. *Food Chem*, 118: 693-701.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

Les connaissances ainsi acquises sont remobilisées pour accélérer la création de nouvelles variétés mieux adaptées au sein de programmes que le Cirad conduit avec des partenaires africains, asiatiques et sud-américains.

> Quelques projets en cours

- Plasticité phénotypique et réponse au stress hydrique des cultures pérennes (ATP Cirad).
- Etude d'association pan-génomique pour l'adaptation du riz aux stress hydrique et thermique (ATP Cirad).
- Amélioration de la tolérance à la sécheresse et du potentiel de production des riz inondées au Burkina Faso, Mali et Nigeria par la sélection récurrente assistée par marqueur (GCP Rice challenge initiative).
- Amélioration de la productivité du sorgho pour les environnements semi-arides du Mali, par la sélection récurrente assistée par marqueurs (GCP-Syngenta)
- Développement de sorgho tolérant à la sécheresse pour l'Afrique par l'approche backcross-NAM (GCP-Sorghum challenge initiative)
- Gestion durable de la biodiversité agricole dans les systèmes d'exploitation du Mali (FFEM)
- Dissection des bases génétiques de la tolérance à la sécheresse au sein du genre *Arachis*. Construction et caractérisation d'une population de lignées de substitution de segments chromosomique (GCP-Cirad)
- Adaptation des cultures aux changements climatiques : processus génétiques et évolutifs impliqués dans la réponse phénologique de la luzerne tronquée, du mil et du riz (Fondation Agropolis-ARCAD)
- Developing drought-tolerant cereals to support efficient water management in the Mediterranean area (projet européen Cedrome 015468)
- Transformation génétique du cotonnier pour la résistance à la sécheresse et à la salinité (projet Euréka « Cotton Stress » Cirad – Evogène)
- Approche QTL du déterminisme génétique de la croissance, production de latex et qualité (Genmap)

> Quelques partenariats

En amélioration variétale : centres de CGIAR (Ciat, Africa Rice Center, Icrisat) ; centres régionaux de recherche (Catie ; Carbap), centres nationaux (Fofifa, Madagascar ; IER, Mali ; Isra, Sénégal ; Cenargen, Brésil ; Irad, Cameroun ; Inrab, Bénin ; IAN, Paraguay ; RRIT, Thaïlande ; Ibriec, Indonésie), interprofession agricole (ITBAN-UGPBAN, Guadeloupe ; Domaines Kabbage, Maroc), entreprises privées (Evogène, Israël ; Ecom, Mexique et Nicaragua)

En génétique et génomique : partenaires français, universités européennes (IVIA, Espagne ; CSIC, Espagne ; CRA, Italie) centre internationaux de recherches (Irri, Ciat, Icrisat), autres universités et centres de recherche (NIAS, Japon ; BRI, Chine ; INAT, Tunisie).

> Perspectives

L'ampleur des changements en cours et des besoins à venir, peu prévisibles, impose que l'amélioration génétique augmente sa flexibilité, sa précision et sa rapidité.

Mieux comprendre la dynamique adaptative des plantes cultivées au cours du processus de domestication permettra de mieux accompagner les adaptations à venir.

L'intégration des connaissances, issues de l'analyse fonctionnelle des caractères adaptatifs aux différentes échelles, tout au long du cycle de la plante, permettra d'accélérer l'identification de caractères et de gènes pertinents pour l'adaptation aux contraintes environnementales.

La diversité intraspécifique ne pourra probablement pas répondre à tous les nouveaux besoins engendrés par les changements climatiques. Le recours à la transformation génétique devra être envisagé.

Caractérisation des services environnementaux et indicateurs de fonctionnement des écosystèmes

Comment augmenter durablement les services des plantations pérennes et des forêts naturelles tropicales ? Ces écosystèmes jouent en effet un rôle majeur dans la séquestration de carbone et dans le cycle de l'eau.



*Caféier sous Inga densiflora (légumineuse), Costa Rica
© Cirad, J.-M. Harmand*

Les écosystèmes plantés tropicaux, plantations forestières ou d'hévéa, systèmes agroforestiers et les forêts naturelles tropicales peuvent jouer un rôle significatif dans l'atténuation (mitigation) des changements climatiques. De plus, les forêts naturelles et les agroforêts peuvent abriter une grande diversité d'espèces et sont une source importante de revenus pour les populations locales. Les changements climatiques et les pressions sur l'usage des terres risquent d'entraîner rapidement la dégradation et la fragmentation de ces écosystèmes et, avec elles, la perte des fonctions et des services qu'ils remplissent.

Le premier enjeu des recherches est de comprendre les lois biologiques, physiques et socio-économiques qui assurent la pérennité de ces écosystèmes et de leurs fonctionnalités. Un second enjeu est de caractériser les modifications de leur fonctionnement en fonction des changements et des pratiques qui les ont influencées, ou sont susceptibles de le faire, à différentes échelles temporelles et spatiales.

Ainsi, mieux connaître l'écologie des espèces végétales qui constituent l'ossature des forêts naturelles, et donc leur sensibilité aux changements globaux, est un préalable pour mettre au point des stratégies d'adaptation des massifs forestiers. De même dans les écosystèmes plantés pérennes, des progrès sont attendus de peuplements complexes, associant des espèces ou des génotypes aux propriétés complémentaires pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau et des ressources du sol et augmenter la résilience de ces agrosystèmes.

> Projets de recherche

- Le Cirad pilote l'un des très rares sites africains (Congo, eucalyptus) de mesures de flux et bilans de gaz à effet de serre en plantations forestières : Quantification, understanding and prediction of carbon cycle, and other GHG gases, in Sub-Saharan Africa (CarboAfrica, projet européen Strep FP6-2005).
- Substitution pour l'aciérie du coke par le charbon végétal (cas des plantations d'eucalyptus au Congo et au Brésil) : bilans d'eau, de carbone et d'éléments minéraux de l'échelle locale (parcelle) à l'échelle régionale (millions d'ha) : Ultra Low CO₂ Steelmaking (Ulcoss, projet intégré de l'Union européenne).
- Evaluation et indicateurs des services environnementaux des systèmes agroforestiers café : Sustainability of Coffee Agroforestry Systems in Central America: coffee quality and environmental impacts (Casca, projet européen Inco-Dev/2001). Coffee agro-forestry in Central America, East Africa and India (Cafnet-suite de Casca, projet européen EuropeAid/ENV/2006).

Contacts

Jean-Pierre Bouillet :
jean-pierre.bouillet@cirad.fr

Jean-Michel Harmand :
jean-michel.harmand@cirad.fr



Forêt naturelle indonésienne
(Kalimantan). © Cirad

Impact des changements climatiques passés sur la structure et le fonctionnement des forêts denses du bassin du Congo, deuxième plus grand massif mondial de forêts tropicales humides (CoForChange, projet européen Era-Net Biodiversa, Agence nationale de la recherche).

- Capacités de stockage de carbone par les forêts du Bassin du Congo. Les travaux s'appuient sur un dispositif de recherche de long terme en République Centrafricaine et sur le Projet d'appui à la réalisation de plans d'aménagement forestier (PARPAF).
- Projets bilatéraux : Soil and carbon balance of rubber ecosystem (partenariat Hubert Curien, Thaïlande) ; bilans d'eau, de C et d'éléments minéraux en plantations d'eucalyptus (MAE, Brésil et Euflux – entreprises brésiliennes) ; évaluation et optimisation des systèmes agroforestiers à base de cacaoyer (pôle de compétence en partenariat Grand Sud Cameroun) ; mise au point d'indicateurs d'impacts environnementaux pour le palmier à huile (sociétés de plantations).

> Activités et résultats

Un réseau unique de sites ateliers permet d'étudier les processus-clés de fonctionnement des **écosystèmes plantés pérennes** (Congo-eucalyptus et savane, Brésil-eucalyptus, Vanuatu-cocotier, Thaïlande-hévée, Indonésie-palmier à huile, Costa Rica-systèmes agroforestiers avec caféiers, Cameroun-systèmes agroforestiers avec cacaoyers) :

- études des déterminants des cycles de l'eau et du carbone et des émissions de gaz à effet de serre (sensibilité de la production primaire et de la respiration du sol au changement climatique, rôle des espèces végétales, des organismes du sol, des pratiques de gestion et d'exploitation sur la stabilisation ou la dégradation de la matière organique...)
- étude des déterminants des cycles des nutriments contribuant à une meilleure efficacité d'utilisation des ressources du sol (rôle des espèces végétales, des peuplements complexes et de leur mode de gestion dans la biodisponibilité des nutriments et l'évolution des bilans minéraux...)
- optimisation des pratiques culturales en écosystèmes plantés pérennes (ex : fertilisation permettant d'équilibrer les bilans minéraux)
- modélisation du fonctionnement des systèmes sol-plantes sous l'effet des changements globaux et des pratiques culturales et spatialiser les bilans de C, d'eau et de nutriments.

Pour les **forêts naturelles**, les recherches visent à :

- identifier les relations entre communautés végétales, facteurs du milieu et perturbations anciennes ;
- expliquer et prédire les évolutions possibles des forêts tropicales africaines ;
- étudier les relations entre facteurs du milieu, perturbations et stockage de carbone par les forêts ;
- développer des outils d'aide à la gestion afin d'atténuer les effets des changements globaux.

Les sites tropicaux du Cirad sont rares et recherchés pour les analyses et la modélisation, continentales ou globales, de gaz à effet de serre, car ils permettent d'étendre les gammes d'analyse jusqu'à des biomes extrêmes de la planète.

Quelques résultats, à titre d'exemple.

- Il est possible d'augmenter l'efficacité hydrique et nutritionnelle des plantations d'eucalyptus : pour préserver les ressources, la mise en place de plantations sur des surfaces réduites avec un apport adéquat de fertilisation est préférable à l'entretien de plantations extensives sur de plus grandes surfaces.

Analyse chimique de dépôts
atmosphériques
en plantation d'eucalyptus.
© Cirad, JP. Bouillet

Publications

Fisher J.B. *et al.*, 2009. The land-atmosphere water flux in the tropics. *Global Change Biology*, 15: 2694-2714.

Hergoualc'h K. *et al.*, 2009. The utility of process-based models for simulating N₂O emissions from soils: a case study based on Costa Rican coffee plantations. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 2343-2355.

Laclau J.P. *et al.*, 2009. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations. Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. *Forest Ecology and Management*, Sp. "Productivity of tropical plantations".

Marsden C. *et al.*, 2008. Two independent estimations of stand-level root respiration on clonal *Eucalyptus* stands in Congo: Up scaling of direct measurements on roots versus the trenched-plot technique. *New Phytologist*, 177: 676-687.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>



- Au Brésil, l'évapotranspiration de plantations d'eucalyptus, après deux ans, est égale aux précipitations : la quantité d'eau transférée dans l'atmosphère comme en forêt naturelle est importante, mais la recharge des nappes phréatiques a diminué par rapport à la végétation d'origine (pâturages dégradés) ; il faut donc aménager le territoire avec des espaces non boisés entre les plantations.
- Dans les pays sahéliens, les acacias africains augmentent la séquestration de carbone et d'azote dans le sol et la biodisponibilité de l'azote.
- Les systèmes agroforestiers avec caféiers, qui permettent de tempérer les variations de température au niveau des plants de café, ont une résilience a priori plus forte que les plantations pures.
- Des variétés hybrides de caféiers plus productives, adaptées à des températures plus élevées, avec une bonne qualité à la tasse, ont été sélectionnées.

> Partenaires

- **Organismes de recherche européens** : Max Plank Institute (Allemagne), université de Tuscia (Italie), Centre for Ecology and Hydrology d'Edimbourg et université de Leeds, University of Wales (Royaume-Uni), École polytechnique fédérale de Zurich (ETH, Suisse), université de Wageningen (Pays-Bas), Swedish Faculty of Agricultural Sciences...
- **Hors Europe** : North Carolina State University, United States Department of Agriculture (Etats-Unis) ...
- **Dans les pays du Sud** : centres de recherche nationaux (CRDPI-Congo, Iret-Gabon, RRIT-Thaïlande, Embrapa-Brésil, Irad-Cameroun), centres de recherche régionaux (Catie, Costa-Rica), centre de recherche international (TSBF-Ciat-Kenya), universités (São Paulo-Brésil, Kasetsart-Thaïlande, Bangalore-Inde, Gadjah Mada-Indonésie). Certains participent à des pôles structurants du Cirad (Hevea Research Platform in Partnership, Thaïlande ; Agroforestry Systems with Perennial Crops, Costa-Rica ; Centre de recherche sur la durabilité et la productivité des plantations industrielles, Congo ; Pcp Grand-Sud Cameroun).
- Partenaires du développement : ministères des Eaux et forêts et concessionnaires forestiers (Centrafrique et Congo) ; Eucalyptus fibre Congo ; Ptsm/Ipef-Brésil, Orraf-Thaïlande ; Promecafe-Amérique Centrale ; Crf-Afrique de l'Est, Cbi-Inde ; sociétés de plantations : Indonésie, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Cameroun, Brésil, Equateur et Colombie
- Le projet CoForChange compte 14 partenaires : 7 européens (Universités d'Aberdeen et d'Oxford, Faculté des sciences universitaires de Gembloux, DG-JRC Ispra, IRD, CNRS, FRM), 6 africains (universités de Bangui, Yaoundé I, Marien Ngouabi, DG Recherche Congo, CRDPI, Congo, Iret Gabon), 1 international (CIFOR).
- Réseaux nationaux et internationaux : Ore F-ORE-T, réseau ex Cifor « Site management and productivity of tropical plantation forests », Fluxnet, AsiaFlux, CarboAfrica, Irrdb, Ngara.

> Perspectives

- Evaluer les services environnementaux hydrologiques et de séquestration de carbone à l'échelle du bassin versant.
- Parvenir à une approche écologique du fonctionnement du sol intégrant les principaux cycles biogéochimiques et leurs déterminants biologiques associant les organismes du sol et les plantes.
- Préciser les flux de matières entre compartiments et mieux comprendre les mécanismes sous-jacents en utilisant les techniques isotopiques et les traceurs.
- Poursuivre l'optimisation des pratiques culturales en écosystèmes plantés pérennes en combinant productivité, réduction des impacts environnementaux et acceptabilité sociale.
- Coupler les cycles du carbone, de l'eau et de l'azote dans les modèles de fonctionnement des écosystèmes plantés pérennes et spatialiser ces modèles à l'échelle régionale.
- Etendre les travaux sur les forêts aux forêts naturelles d'Afrique de l'Ouest : établir des ponts avec les projets développés en Amazonie (notamment avec l'Umr EcoFoG, l'IRD et l'INRA sur l'histoire des forêts de Guyane).
- Conforter la participation du Cirad aux réseaux continentaux et mondiaux (CarboAfrica, Fluxnet...) et aux méta-analyses (comparaison de sites aux échelles des régions, des grands biomes et de la planète) sur les flux de CO₂ et H₂O.

Evaluation environnementale globale des produits agricoles et alimentaires d'origine tropicale

Parmi toutes les activités humaines qui ont un impact sur l'environnement – air, sol et eau –, la fonction alimentaire est la plus importante. Or la production devra augmenter de 57 % à 100 % d'ici 2050. Le Cirad a décidé de s'investir massivement dans l'étude de ces impacts selon une procédure internationale : l'analyse de cycle de vie.



Mangue © Cirad

Comprendre – et si possible quantifier – les effets de nos modes de production et de consommation alimentaires sur l'environnement, en termes d'effet de serre, mais aussi d'effets plus locaux (écotoxicité, eutrophisation, usage de l'eau...), est devenu indispensable à la mutation de nos systèmes alimentaires. La France s'est récemment engagée dans un programme d'affichage environnemental de l'ensemble des produits vendus en grandes surfaces (Grenelle de l'environnement). Dans ce cadre, l'évaluation environnementale des aliments, qu'ils soient produits sur le sol français ou importés (thé, café, cacao, fruits et légumes frais ou en conserve, coton, viande...) doit être réalisée de la façon la plus harmonisée possible.

La méthodologie Analyse de Cycle de Vie (ACV) est devenue une référence internationale, faisant l'objet d'une norme ISO (14044, 2006) qui permet d'évaluer globalement les fonctions nécessaires à l'homme. Ce cadre conceptuel puissant fait intervenir les notions de fonction (et d'unité fonctionnelle), de cycle de vie d'une fonction, d'évaluation multicritère, et permet de rendre visibles d'éventuels transferts de pollution entre deux étapes du cycle de vie d'un produit, ou bien entre deux impacts environnementaux (ex : effet de serre – eutrophisation). Cependant, sa mise en œuvre pour les systèmes de production agricole et alimentaire, particulièrement complexes et variables, représente différents défis scientifiques, posés à la recherche depuis plus de dix ans. Sa déclinaison au contexte tropical est plus récente et encore plus délicate, en raison du manque de données sur ces systèmes (pénurie de publications sur l'ACV des produits tropicaux), mais aussi du manque de connaissances fondamentales sur leurs interactions avec l'environnement.

Le Cirad a décidé de s'investir massivement dans ce nouveau défi pour tenter de répondre aux questions scientifiques posées par l'application de l'ACV aux systèmes de produits agricoles et alimentaires tropicaux :

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

Contact

Claudine Basset-Mens :
claudine.basset-mens@cirad.fr

Publications

Basset-Mens C. et al., 2009. Uncertainty of global warming potential for milk production on a New Zealand farm and implications for decision making. The international journal of life cycle assessment, 14 (7) : 630-638.

Basset-Mens C. et al., 2007. Methods and data for the environmental inventory of contrasting pig production systems. Journal of cleaner production, 15 (15) : 1395-1405.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

- Comment prendre en compte et quantifier l'incertitude attachée aux résultats d'ACV, en situation de pénurie de données et de mesures ?

> Activités et résultats

Les activités du Cirad sur l'évaluation environnementale globale des aliments, avec le développement de modèles d'analyse de cycle de vie, commencent par grands produits types (tomate, agrumes, manioc, etc.), l'identification des questions méthodologiques propres aux champs d'application et le montage de projets en partenariat. On notera la dimension pluridisciplinaire des projets en cours de montage et déjà acquis. Par ailleurs, une cohésion et une animation interne sont apportées par la construction de projets transversaux ; un projet d'acquisition de références ACV par grandes filières et de développement d'une base de données ACV pour les produits tropicaux au Cirad est en cours de montage.

> Projets de recherche

- Promotion de filières s'inscrivant dans le développement durable à travers un outil d'aide à la décision combinant 3 éléments clés du marché des fruits et légumes : durabilité environnementale, qualité nutritionnelle, aspects socio-économiques (FLONUDEP, projet ANR).
- African Food Tradition Revisited by Research (AFTER, projet européen FP7, 2009-2013) ;
- Plate-forme de recherche transdisciplinaire pour la construction de systèmes de production durables et de produits de qualité pour l'horticulture – application aux filières de la tomate du Nord au Sud. Inter@Tom.
- Eco Challenges for Latin-American (export) food chains (Eco-ALCUE-FOOD, projet européen FP7).
- Evaluation environnementale par l'ACV de quelques grands produits tropicaux importés et consommés en France (choix en cours – fruits, café, cacao, riz Thai) (projet ADEME : dans le cadre de l'affichage environnemental – Grenelle de l'environnement).

> Partenaires

- Europe: laboratoire Agroscope de Zürich (Suisse), Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK, Suède), Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (Irta, Espagne)
- Asie : Asian Institute of Technology (AIT), université de Kasetsart (Thaïlande),
- Amérique Latine : partenaires du projet Eco-ALCUE-Food : Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentine), Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza (CATIE, Costa Rica)
- Comité scientifique de la conférence internationale : Life cycle assessment in the Agri-food sector, 22-24 septembre 2010, Bari, Italie.

> Perspectives

L'analyse de cycle de vie est un outil puissant pour comparer différents modes de pratiques agricoles et d'éco-conception, voire d'évaluation a priori de systèmes prospectifs et innovants.

Une base de données d'analyses de cycle de vie harmonisées pour les produits tropicaux est en développement.

Les effets de la toxicité dans les cultures, sur les produits horticoles notamment, sera mieux prise en compte.

Changement climatique et maladies animales émergentes

Les maladies à transmission vectorielle (insectes, tiques, mollusques, rongeurs...) sont très sensibles aux changements environnementaux, de même que celles pour lesquelles la faune sauvage est un réservoir (pestes aviaires, fièvre aphteuse, etc.) également. Le rôle du Cirad est de comprendre les dynamiques épidémiologiques en jeu afin de proposer des solutions permettant de les prévenir, les surveiller et les contrôler.



*Troupeau commercial de bovins dans une mare temporaire du Ferlo, siège de transmission de la fièvre de la Vallée du Rift.
© Cirad, R. Lancelot*

Les changements climatiques ont un effet direct sur l'habitat et les mouvements des hommes, des animaux, des agents pathogènes et de leurs vecteurs éventuels. Simultanément, notre époque est marquée par un accroissement sans précédent de la démographie humaine et de l'élevage, mais également des crises sanitaires liées aux maladies émergentes. Les changements sociaux et environnementaux, l'intensification des voyages et des échanges commerciaux aboutissent à une diffusion plus rapide de ces maladies et amplifient leurs impacts sanitaires et économiques. Tous les pays sont concernés, mais les nations du Sud, aux infrastructures de santé et aux moyens économiques plus faibles, sont particulièrement fragilisées.

Dans ce contexte, le rôle du Cirad est de comprendre les processus biologiques et écologiques, et d'en déterminer les facteurs climatiques, environnementaux, économiques et sociaux. La compréhension des interactions entre hôtes, vecteurs et pathogènes, associée à l'analyse des dynamiques épidémiologiques, aboutissent à proposer des solutions pour prévenir, surveiller et contrôler les maladies émergentes. La modélisation de ces processus permet de tester des scénarios de changements environnementaux et évaluer *in silico* l'effet de mesures de contrôle. Les objectifs sont de mettre à la disposition des partenaires de meilleurs outils et méthodes de contrôle et d'aide à la décision sanitaire : vaccins, tests de diagnostics, méthodes de surveillance, de réseaux de santé et observatoires pérennes des risques d'émergence.

Le renforcement des compétences (enseignement, formation) joue un rôle fondamental, ainsi que le transfert de technologie (diagnostic, vaccin, modèles...) et l'expertise internationale (laboratoires de référence pour le diagnostic et l'épidémiologie des maladies émergentes, mobilisation des compétences en situation de crise).

> Projets de recherche

- Convention d'appui scientifique et technique avec la Direction générale de l'alimentation, 2008- 2011.
- Réseau montpelliérain vecteurs et maladies émergentes (contrat de projet Etat-Région 2007-2013).
- Emerging vector-borne diseases in a changing European environment (EDEN : 24 pays en Europe, Maghreb et Afrique subsaharienne).
- Climate change and impact research : the Mediterranean environment (CIRCE) : étude de cas sur la fièvre catarrhale ovine .
- Epizootic diseases diagnosis and control (EPIZONE), réseau d'excellence européen sur les maladies animales.
- Surveillance network of bluetongue and African horse sickness, in the Mediterranean basin and Europe (MEDREONET, FP6), sur les maladies transmises par les culicoides ; 21 pays en Europe au et Maghreb.

Contacts

Dominique Martinez :
dominique.martinez@cirad.fr

François Roger :
francois.roger@cirad.fr



La partie sahélienne de l'Afrique est particulièrement sensible et exposée aux changements climatiques.
© Cirad, R. Lancelot

Publications

Bouyer J *et al.*, 2009. Population sizes and dispersal pattern of tsetse flies: rolling on the river? *Mol Ecol*, 18: 2787-2797.

Desvaux S *et al.* 2009. Highly pathogenic avian influenza virus (H5N1) outbreak in captive wild birds and cats, Cambodia. *Emerg Infect Dis*, 15 (3): 475-478.

Lancelot R *et al.*, 2009. Changements environnementaux et émergences de maladies à transmission vectorielle en Europe: comment améliorer la surveillance et la gestion des risques ? *Bull Acad Vet Fr*, 162: 81-88.

Minet C *et al.*, 2009. Infections à Morbillivirus chez les ruminants : la peste bovine en voie d'éradication et la peste des petits ruminants en extension vers le nord. *Virologie*, 13 (2) : 103-113.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

- Projet Ecologie et épidémiologie des gripes aviaires et de la maladie de Newcastle (GRIPAVI, Ministère des affaires étrangères et européennes), 9 partenaires pour 6 observatoires en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud-Est.
- Ecologie des maladies transmises par les rongeurs en Asie du Sud-Est (CEROPATH, projet ANR 2008 – 2010).

> Activités et résultats

- Mise en place et coordination du réseau national de surveillance des culicoïdes permettant de déterminer les périodes d'inactivité vectorielle pour la fièvre catarrhale ovine, et donc d'autoriser les mouvements commerciaux d'animaux sur pied ;
- Mise en place et contribution à la coordination de réseaux et observatoires régionaux de surveillance des vecteurs et maladies émergentes (Caraïbe, Océan Indien, réseau euro-méditerranéen de santé animale...);
- Mise en place et coordination d'un réseau d'observatoires sur l'écologie de la grippe aviaire et des maladies transfrontalières vectorisées par les oiseaux en Afrique subsaharienne et Asie du Sud-Est ;
- Modélisation du risque de résurgence du paludisme dans le bassin méditerranéen ;
- Epidémiologie et modélisation de la fièvre de la Vallée du Rift, de la fièvre West Nile, des trypanosomoses animales.

> Partenaires

- **International** : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Organisation mondiale de la santé animale (OIE), Organisation mondiale de la santé OMS, organisations non gouvernementales...
- **Europe** : services nationaux et internationaux de plus de 20 pays
- **Afrique** : Maghreb (Tunisie, Algérie, Maroc) – réseau euro-méditerranéen pour la santé animale ; Afrique subsaharienne – Centre International de recherche-développement sur l'élevage en zone sub-humide (Cirades), Ecole inter Etats des sciences et médecine vétérinaires de Dakar (EISMV, Sénégal), Centre international de recherches médicales de Franceville (CIRMF, Gabon), centres de recherche du Sénégal, Mali, Ethiopie, Cameroun ; Afrique australe – Zimbabwe, Afrique du Sud ; Océan indien – Centre de Recherche et de Veille sur les maladies émergentes dans l'Océan Indien (CRVOI), Madagascar, Comores et Mayotte
- **Asie** : Institut Pasteur du Cambodge, Université de Kasetsart (Thaïlande) ; GREASE, réseau de compétence en partenariat sur la Gestion des risques émergents en Asie du Sud-Est
- **Caraïbe** : réseau CaribVet et observatoire INRA-Cirad régional en santé animale et maladies émergentes basé en Guadeloupe.

> Perspectives

- Développer des compétences, méthodes et outils génériques pour faire face à de nouvelles émergences.
- Renforcer les réseaux de surveillance et de santé européens et du Sud : réseau euro-méditerranéen pour la santé animale, réseau VBorNet de l'European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), centres régionaux de santé animale (Afrique, Moyen Orient) et réseaux internationaux (OIE-FAO network of expertise on animal influenza, the OIE-FAO-WHO Global Early Warning and Response System, etc.)
- Consolider les alliances avec les grandes équipes européennes
- Renforcer les pôles, réseaux et alliances nationaux, la France étant particulièrement bien placée dans le domaine, avec le réseau montpelliérain « vecteurs et maladies émergentes ».
- Formaliser et animer un réseau d'observatoires transdisciplinaires « Changements climatiques et services environnementaux » intégrant, entre autres, les maladies émergentes animales et zoonotiques.

Changement climatique et santé végétale

A l'échelle planétaire, on s'attend à observer de plus en plus d'étalements, voire de glissements des aires de peuplement des bioagresseurs, entraînant la colonisation de nouvelles régions ou des modifications locales. Le Cirad, du fait de son dispositif géographique, peut suivre les dynamiques d'extension des bioagresseurs à l'échelle planétaire et mettre au point des méthodes pour gérer les risques qu'elles génèrent.



*Mouche des fruits
Bactrocera invadens
sur mangue. ©
Cirad, J-F. Vayssières*

Contact

Jean-Louis Sarah :
jean-louis.sarah@cirad.fr

L'émergence locale de nouveaux bioagresseurs des cultures peut avoir des répercussions sur la santé humaine, dues par exemple à l'augmentation des applications de pesticides, induite par leur méconnaissance. De plus, dans le contexte fragile des pays en développement, on peut s'attendre à ce que les risques de pénurie alimentaire reprennent de l'acuité par l'arrivée d'agents particulièrement agressifs.

Le déploiement pantropical du Cirad lui permet de se positionner en tant qu'acteur privilégié pour étudier et mettre au point des outils et des méthodes de diagnostic, de modélisation des épidémies, de gestion intégrée des bioagresseurs, etc., dans des contextes diversifiés. L'objectif est de développer une capacité d'anticipation (alerte-prévention) importante et adaptée pour apporter des réponses rapides aux problèmes dès leur émergence. Dans ce sens, les approches et les partenariats qu'il privilégie permettent de mettre en œuvre des activités de nature prédictive et préventive.

> Principales activités et résultats

Les recherches portent sur la compréhension de la dynamique d'adaptation des bioagresseurs aux changements climatiques et aux contraintes sélectives de nature chimique dans les agrosystèmes. Les approches et les partenariats privilégient les activités de nature prédictive (modélisation notamment).

Les principaux modèles de bioagresseurs fongiques sur lesquels travaille le Cirad étudient la dynamique de *Mycospherrella fijiensis* sur le bananier et de *Magnaporthe oryzae* sur le riz. Les modèles concernant les insectes vecteurs étudient l'extension panafricaine et méditerranéenne des mouches des fruits du genre *Bactrocera*, et la dispersion et la diversité de *Bemisia tabaci* vecteur du TYLCV (virus) sur tomates.

Ces études nécessitent de développement d'outils de diagnostic, des approches modélisation des épidémies et de génétique des populations (potentiel évolutif) afin de mettre au point des stratégies de gestion intégrée des bioagresseurs dans des contextes diversifiés. Ces recherches permettent au Cirad de développer des compétences utiles en alerte et en prévention afin d'apporter des réponses pertinentes et durables aux problèmes des bioagresseurs dès leur émergence.

> Projets de recherche et partenariats

- Diversifying crop protection (Endure, réseau d'excellence européen FP6 2007-2010) : 16 partenaires de 10 pays européens. Partenaires du Sud associés : Zhejiang Academy of Agricultural Science (ZAAS, Chine), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentine), Institut national de la recherche agronomique (INRA, Maroc), Centre Régional Bananiers et Plantains (CRBP, Cameroun), (Embrapa, Brésil).
- Analyse des risques phytosanitaires : Enhancements of pest risk analysis techniques (Pratique, consortium européen SCP. 12 pays européens + CRCNPB (Australie) et Bioprotection (Nouvelle Zélande).

Quelques publications

Duyck, P.-F., P. David, et al. (2006). Climatic niche partitioning following successive invasions by fruit flies in la Réunion. *J Anim Ecol*, 75: 518-526.

Reynaud, B., H. Delatte, et al. (2009). Effects of temperature increase on the epidemiology of three major vector-borne viruses. *Eur J Plant Pathol*, 123: 269-280.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

- Comprendre les émergences de maladies fongiques de plantes : vers une estimation des risques liés aux changements globaux (Emerfundis, projet ANR 2008-2010).
- Etudes de méthodes inférentielles et logicielles pour l'évolution (Emile, projet ANR 2009-2012).
- Crise phytosanitaire liée aux bioinvasions : cas emblématique du risque *bemisia virus* en culture sous abri en zone méditerranéenne (Bemisiarisk, projet ANR 2007-2009).
- Mieux comprendre les facteurs et les mécanismes (biologiques et moléculaires) impliqués dans l'émergence des bactéries et virus phytopathogènes (sur 3 modèles *Ralstonia*, *Xanthomonas* et TYLCV) (Biorisk projet régional Réunion, Feder 2008-2010)
- Diversité et histoire évolutive des populations de geminivirus dans les îles du Sud Ouest de l'océan Indien : un modèle d'étude dans l'émergence de pathogènes à transmission vectorielle (EmerGe, financement régional CRVOI 2008-2011).

> Perspectives

La Méditerranée est une zone particulièrement stratégique pour l'Europe et la France. Un réseau de protection intégrée méditerranéen est en construction avec International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) et les organismes de recherches nationaux de Syrie, Liban, Tunisie, Algérie et Maroc : ce premier noyau sera étendu à d'autres partenaires méditerranéens (Réunion de lancement à Alep le 1^{er} septembre 2009).

La modélisation et les risques sanitaires en Méditerranée (santé animale et santé végétale) (Emergences, projet Cirad 2010-2012) font l'objet d'un partenariat avec l'INRA, l'AFSSA et l'Institut Pasteur (France) et des organismes de recherche de la région méditerranéenne.

Le Cirad est impliqué dans la poursuite des activités du réseau européen ENDURE au-delà de 2010 : il participe à la mise en place de réseaux régionaux (dont la Méditerranée, mais aussi la Chine, l'Amérique du Sud, l'Afrique subsaharienne...).

Il lance une réflexion pour comprendre les effets de la biodiversité des agents pathogènes sur les cultures dans un contexte de changement climatique. Il a soumis un projet visant à étudier l'impact de l'agriculture sur la biodiversité phytovirale d'un écosystème sauvage, le fynbos du Cap (Afrique du Sud), et à comprendre en quoi la biodiversité existante doit être prise en compte dans l'émergence de maladie dans les agrosystèmes qui le joutent (FYNBOS, appel d'offre FRB 2009). Ses partenaires : université du Cap (Afrique du Sud), CNRS, CEA et Noble foundation (Etats-Unis), leaders actuels sur cette thématique.

Adaptation des systèmes de culture irrigués

Les scénarios d'évolution du changement climatique sont beaucoup moins précis sur l'eau que sur les températures. D'une façon générale cependant, le secteur de l'agriculture irriguée devra s'adapter à des conditions où l'eau devient plus rare, avec des aléas plus fréquents (épisodes de sécheresse). Le Cirad implique les acteurs dans ses recherches pour trouver des solutions acceptables.



Canal d'irrigation au Magreb
© Cirad

Les évapotranspirations et les besoins en eau des cultures augmentent avec les températures. Par ailleurs, la fréquence des événements extrêmes, sécheresses et inondations, croît. En revanche, il y a encore beaucoup d'incertitudes sur le devenir de la pluviométrie de nombreuses régions, y compris les plus fragiles et les plus vulnérables comme le Sahel. Or les agriculteurs restent surtout marqués par les événements extrêmes (sécheresses, inondation), très variables d'une région à l'autre.

Dans ce contexte, l'irrigation est une façon de réduire la vulnérabilité des agricultures aux aléas climatiques. Elle a été développée au Maghreb, où la baisse de la pluviométrie est très sensible depuis vingt ans. En Afrique de l'Ouest, les épisodes de grande sécheresse des années 70-80 ont favorisé le développement de la petite irrigation.

D'autres changements se produisent en même temps, beaucoup plus rapides que le changement climatique – urbanisation, industrialisation, développement du tourisme ou de l'hydro-électricité –, qui tous réduisent fortement l'eau disponible pour l'agriculture. Ces secteurs sont souvent prioritaires dans la plupart des pays et c'est donc à l'agriculture qu'il est demandé de réduire ses consommations en eau.

Ces modifications amènent à développer l'utilisation de « nouvelles » ressources en eau : à côté des eaux de surface (rivières et retenues), ce sont les eaux souterraines (nappes naturelles ou réalimentées) qui sont sollicitées.

Enfin, l'agriculture irriguée joue aussi un rôle dans le changement climatique, principalement les rizières irriguées, du fait de leurs émissions de méthane.

Le Cirad implique les acteurs dans la recherche de solutions qui répondent à la fois aux enjeux planétaires et nationaux (produire plus avec moins d'eau), et aux objectifs des agriculteurs (améliorer leurs revenus).

> Projets en cours

International : le Cirad est engagé dans le Challenge program Water and Food (CPWF) du GCRAI, avec deux projets :

- Outils de gestion intégrée des ressources en eau : applications aux bassins du Limpopo, Mékong et Niger (Echel'Eau, CPWF, FSP MAE)
- Paiements pour services environnementaux visant à inciter les agriculteurs à adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement dans la région du Mekong (PES Mekong) (CPWF)

En Méditerranée :

- Base de connaissances sur la gestion de la demande en eau en Méditerranée (Wademed, projet européen, 2003-2006)
- Mitigation of water stress problems through new approaches to integrating management, technical, economic and institutional instruments (Aquastress ; projet européen, 2004-2008)

Contact

Jean-Yves Jamin :
jean-yves.jamin@cirad.fr



© Cirad, M. Kuper

Quelques publications

Supplement: Irrigation Management in North Africa. *Irrigation and drainage*, Vol 58 Issue S3, Pages S231 - S369 (July 2009)

Burte J. *et al.*, 2009. Simulations of multipurpose water availability in a semi-arid catchment under different management strategies. *Agricultural water management*, 96: 1181-1190.

Hammecker C. *et al.*, 2009. Simulating the evolution of soil solutions in irrigated rice soils in the Sahel. *Geoderma*, 150: 129-140.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

- Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb (SIRMA ; projet bilatéral FSP MAE, 2004-2009)
- Concevoir des stratégies et des instruments de gestion de l'eau souterraine dans les zones côtières Méditerranéennes en stress hydrique, en réponse au changement climatique (Aquimed ; projet ERA-NET)

En Indonésie :

- Organisation d'une plateforme de concertation entre industriels et agriculteurs pour la gestion de l'eau (Danone Indonésie).

Participations à d'autres projets plus généraux :

- Adage. Atelier de réflexion prospective, Adaptation au changement climatique de l'AGriculture et des Écosystèmes anthropisés.
- Amma (Analyse multidisciplinaire de la Mousson africaine)

> Principales activités et résultats

Gouvernance des ressources en eau : mécanismes de partage des ressources et de négociation entre différents secteurs d'activités (agriculture, industrie, eau potable, tourisme, mines) en situation de concurrence pour l'eau (ex. Afrique du Sud, Indonésie).

Techniques d'irrigation pour économiser l'eau (reconversion à l'irrigation goutte-à-goutte au Maghreb par exemple).

Accompagnement du changement technique par de nouvelles organisations des producteurs et leur formation ; diffusion des innovations (ex. Maghreb, Mali, La Réunion).

Utilisation des ressources en eau souterraines (ex. Maghreb, Brésil).

Résultats : des évolutions importantes des performances de l'irrigation sont possibles, mais elles nécessitent de considérer l'ensemble du système irrigué, et pas uniquement l'aspect technique des consommations en eau. L'implication des agriculteurs dans ces processus est fondamentale pour garantir l'appropriation des innovations et leur diffusion. La gouvernance des ressources en eaux souterraines nécessite des outils spécifiques, car elles sont invisibles et leur fonctionnement est mal connu des agriculteurs.

> Partenaires

Centres internationaux (IWMI, IRRI, ADRAO) et écoles internationales (ZiE, Iwega, AIT). Réseau du Challenge program Water and Food (CPWF).

Centres nationaux et universités du Sud (Brésil, Afrique du Sud, Burkina Faso, Ethiopie, Mali, Mozambique, Maroc, Algérie, Tunisie, Vietnam, Thaïlande, Indonésie,). Universités du Nord (Wageningen, Leuven).

Perspectives

Un des enjeux majeurs de ce début de siècle est d'améliorer la disponibilité et l'utilisation des ressources en eau et de favoriser le développement de ressources supplémentaires (ONU-Eau, 2009). Les travaux du Cirad sont consacrés à ces objectifs dans les pays méditerranéens et tropicaux, en travaillant notamment sur :

- l'analyse des évolutions des ressources et des usages face aux changements globaux ;
 - les comportements des acteurs et leurs vulnérabilités face aux risques ;
 - l'évaluation multicritère et multi-échelle des performances des systèmes irrigués ;
 - l'analyse des processus physiques pour concevoir des équipements d'irrigation économe en eau ;
 - la gestion opérationnelle des périmètres irrigués ;
 - l'accompagnement des innovations techniques et institutionnelles en territoires irrigués ;
- la réflexion sur l'action publique, la régulation et la gouvernance à tous les niveaux.

Adaptation des systèmes d'agriculture-élevage

La pression sur les ressources des écosystèmes agropastoraux et agrosylvopastoraux accroît leur vulnérabilité. De plus, ces écosystèmes contribuent au changement climatique du fait de leurs fortes émissions de gaz à effet de serre. Des méthodes conservatrices, limitant les pertes, sont recherchées.



*Attelage en culture cotonnière
©Cirad, M. Berger*

Contact

Florent Maraux :

florent.maraux@cirad.fr

Une large partie de la population rurale des pays tropicaux – 80 % en Afrique – dépend de l'agriculture pluviale. Dans ces systèmes, la perte de carbone liée à la déforestation, à l'érosion et aux lessivages, tout comme les problèmes de fragilité et de fertilité des sols, reste une problématique majeure. La décomposition des matières organiques génère des volumes importants de gaz à effet de serre (CO₂, méthane, protoxyde d'azote).

La recherche agronomique contribue à identifier des indicateurs biophysiques et socioéconomiques de vulnérabilité de ces écosystèmes et des sociétés rurales qui y vivent. Les systèmes de culture ou d'élevage varient selon leur performance, leur résilience et leurs effets sur le bilan de l'eau, du carbone et des gaz à effet de serre. Il importe donc de comprendre la manière dont les agriculteurs et les éleveurs perçoivent la variabilité et le changement climatique, prennent leurs décisions et gèrent les ressources naturelles, à l'échelle de l'exploitation individuelle (gestion de la fertilité du sol, labour, alimentation du bétail, fumure) et de la communauté (gestion des prairies et forêts communales, réseaux sociaux).

Pour atténuer les effets de ces systèmes, la séquestration et le stockage de carbone dans les sols est une priorité. Certaines voies techniques ont déjà fait leurs preuves dans des contextes particuliers (agriculture de conservation). L'adaptation de ces techniques à des situations diversifiées et leur évaluation, avec la participation des acteurs (producteurs et gestionnaires des ressources naturelles et des services), sont indispensables. Les méthodologies utilisées laissent une large place à l'observation, à l'enquête, à l'analyse des processus et à la modélisation pour intégrer qualitatif et quantitatif, échelles, acteurs.

La conception d'une économie liée à la gestion du carbone semble essentielle mais reste complexe à mettre en place. Elle présuppose l'existence de capacités techniques, institutionnelles, une connaissance de la réalité, une capacité à la représenter par des outils fiables (cartes, indicateurs...). La recherche doit fournir des outils permettant de renforcer les politiques publiques et les structures de gouvernance.

> Quelques projets de recherche

- Perception, adaptation et accompagnement des populations face aux changements climatiques, environnementaux et sociaux (PAAPCES, projet AIRD, Fonds de solidarité prioritaire RIPIECSA, MAE)
- Semis sous couverture végétale, Brésil, Madagascar (Pepites, ANR)
- Smallholder Conservation Agriculture Promotion in Western and Central Africa (Scap, projet multipartenaire AFD-MAE)
- Système d'information sur le pastoralisme au Sahel (SIPSA, projet MAE, Tchad, Niger, Burkina Faso, Mali, Sénégal, Mauritanie).

Publications

Sissoko, 2009 Analyse des flux d'eau dans les systèmes de culture sous couverture végétale en zone Soudano sahélienne : cas du coton semé après une culture de sorgho/*Brachiaria* au sud du Mali. Montpellier. Thèse de doctorat : Sciences du sol. Agronomie.

Corbeels *et al.*, 2008. Stockage potentiel de carbone dans les sols avec de systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) dans les Cerrados brésiliens. In: Séminaire International Les sols tropicaux en semis-direct sous couverture végétale, 2007-12-03/2007-12-08, Antananarivo, Madagascar. *Terre malgache* (26, sp): 5-8.

De Cao *et al.*, 2008. An information and early warning system designed for Sahelian pastoral systems : The example of SIPSA implementation in Senegal. *Journal of agriculture and environment for international development*, 102: 141-159.

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

Tittonell P *et al.* 2008. Yield gaps, nutrient use efficiencies and response to fertilizers by maize across heterogeneous smallholder farms of western Kenya. *Plant and soil*, 313 (1-2) : 19-37.

Lahmar *et al.*, 2006 Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. Les enseignements du projet KASSA. In : Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, p. 11-18.

- Evaluation de l'impact des semis sous couverture végétale sur les performances des exploitations agricoles. Programme d'appui multi-pays pour l'agro-écologie (Pampa, AFD-MAE Madagascar, Cameroun, Brésil).
- Modélisation du fonctionnement des exploitations de polyculture élevage en zone cotonnière (projet bilatéral Corus MAE-Burkina Faso).
- Atelier de réflexion prospective, adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés (Adage, ANR 2009).
- Carbone des pâturages de Guyane et gaz à effet de serre : caractérisation de la dynamique du carbone, de l'évolution de la fertilité et des flux de GES dans des systèmes herbagers en lien avec le milieu forestier (Carpagg, projet européen Feader 2007-2013)
- Elevage Climat et Sociétés (ECLiS, projet ANR 2009-2011)

> Activités et résultats

Les travaux du Cirad montrent qu'il est envisageable d'augmenter le taux de carbone des sols tropicaux, notamment à travers la réduction voire la suppression des labours et les systèmes sous couverture végétale (SCV). Les bilans hydriques et minéraux peuvent également être améliorés par SCV.

Le potentiel des techniques de l'agriculture de conservation pour améliorer le stockage d'eau dans le sol par réduction du ruissellement, et pour augmenter la production annuelle de biomasse, est confirmé au Brésil et en Afrique. Le retour au sol d'une part importante de la biomasse peut ainsi améliorer la disponibilité en azote pour la culture et contribuer à la séquestration nette de carbone dans les sols.

Toutefois, les performances de ces systèmes peuvent être inférieures aux systèmes locaux selon le contexte pédoclimatique, notamment si l'eau n'est pas le principal facteur limitant. Les effets d'autres techniques mises en œuvre de façon concomitante sont à prendre en compte, à l'exemple des techniques antiérosives comme le buttage. Par ailleurs, les effets opposés entre C stocké (contribution positive) et N₂O émis (contribution négative) sont encore mal connus. En Afrique, un grand défi pour stocker plus de carbone dans les sols est de maintenir en surface des résidus de récolte sur la parcelle. Mais dans cette situation, ils ne servent plus à l'alimentation des animaux d'élevage et privent l'éleveur ou l'agro-éleveur d'une ressource fourragère.

Des compromis acceptables doivent donc être recherchés. En paysage agricole complexe, des quantités importantes de C sont stockées dans la végétation pérenne présente dans les petites exploitations de subsistance. Dans ces exploitations, il existe une forte corrélation entre la séquestration de carbone dans la biomasse végétale et les niveaux de biodiversité végétale. Ce facteur est donc également à prendre en compte.

Des outils pratiques sont mis à disposition des agriculteurs, comme la mallette pédagogique: « Conduite des systèmes de culture sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières », établie et diffusée à Madagascar.

Enfin, des systèmes d'information sont mis à disposition des communautés pour prévenir des crises climatiques à court terme et analyser les tendances à long terme des systèmes agrosylvopastoraux au Sahel.

> Partenaires

- **Centres internationaux** : Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé (Cimmyt), Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), International Centre for Research in Agroforestry (Icraf), International Livestock Research Institute (Ilri), International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (Icarda), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie).

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

- **Centres nationaux** : Institut d'Economie Rurale (IER, Mali), Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Inera, Burkina Faso), Institut national de recherche agricole du Bénin (Inrab), Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (Inran, Kenya) ; Agricultural Research Institute (KARI), Kenya Sugar Research Foundation (Kesref), Savanna Agriculture Research Institute (Sari, Ghana), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, Brésil), Institut de Recherche Agricole pour le Développement (Irad, Cameroun), Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (Fofifa, Madagascar), Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO, Australie), AgResearch (Nouvelle Zélande)
- **Réseaux internationaux** : ACT, Soil Fertility Consortium for Southern Africa (Sofecsa), African Network for Soil Biology and Fertility (AfNET) ; Cansea, Conservation agriculture network in South-East Asia.
- **Universités** : Wageningen (Pays-Bas), Zimbabwe, Kenyatta (Kenya).

> Perspectives

Rechercher des solutions durables d'intensification agricole dans les zones tampon autour des grandes réserves de biodiversité (projet transcontinental).

Définir un modèle de vulnérabilité pastorale au Sahel, afin de suivre et de cibler les populations les plus à risques.

Caractériser l'évolution de la mobilité des systèmes pastoraux et leur capacité d'adaptation aux crises.

Analyser les contributions des politiques publiques à la lutte contre la vulnérabilité des ruraux.

Utiliser le cas de l'île de la Réunion pour une étude globale de séquestration du carbone dans les agroécosystèmes tropicaux, avec l'appui d'outils de spatialisation et de modélisation incluant les aspects urbains.

Bien comprendre la dégradation de la fertilité des sols dans les zones cotonnières en crise de l'Afrique centrale et de l'Ouest : établissement de collaborations gagnant-gagnant entre le monde de la fertilité minérale et celui de la matière organique.

Elevage et changement climatique

Les productions animales sont appelées à se développer pour répondre à la demande croissante des consommateurs des pays du Sud. Cela nécessite d'adapter les systèmes à l'échelle des territoires. A l'échelle planétaire, atténuer les impacts de l'élevage sur les ressources et sur le climat est un défi majeur pour les scientifiques.



Elevage semi-intensif de poulets au Cambodge
© Cirad, V. Porphyre

Contact

Philippe Lecomte :

philippe.lecomte@cirad.fr

Synthèse

Adaptation au changement climatique Biomes prairies – savanes et filière élevage, (ARPAGE, 15 p.)

En regard du changement climatique, le secteur mondial de l'élevage génère, directement ou indirectement, 18 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre selon la FAO.

Très divers de par le monde, les systèmes d'élevage assurent une multiplicité de fonctions et de services (alimentation, capital, trésorerie, force de travail, fertilisation, religion, dons,..). Leur contribution dans les économies pauvres est majeure. Dans un objectif de développement durable, accroître les productions animales nécessitera d'adapter les systèmes à l'échelle des territoires.

Les dynamiques de concentration de l'élevage engendrent en contexte périurbain des situations d'excédents et de pollution latente. A contrario, dans les systèmes de culture, les pertes de carbone et de fertilité des sols, leur fragilité et la demande en intrants organiques restent une problématique majeure. L'accroissement des coûts des engrais, les émissions de gaz à effet de serre pour la fabrication et le transport, tout comme la raréfaction de ressources telles que le phosphore, incitent à rechercher des solutions d'intégration plus étroites entre l'élevage et l'agriculture.

Vis-à-vis de l'impact climatique, l'élevage n'est pas un puits direct de carbone. Cependant, il peut contribuer indirectement à son stockage lorsque le système utilise des prairies et des terres cultivées sous couvert. Selon les groupes de travail sur le changement climatique, la séquestration de C dans les sols aurait le plus fort potentiel de réduction (90 %) des émissions du secteur agricole. Les prairies et les parcours ont une capacité à stocker du C de l'ordre de 0,9 tonne par hectare et par an, mais variable selon le mode d'exploitation, les régions et les conditions climatiques.

Le Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) encourage une évolution raisonnée de la performance des systèmes afin d'une part, de relever le défi d'une production accrue, d'autre part, de maintenir la capacité des écosystèmes à pourvoir des services. La conception d'une économie liée à la gestion du C semble essentielle mais reste complexe à mettre en place, en particulier là où l'élevage contribue au maintien de vastes espaces. En appui aux politiques, l'apport de connaissances sur les indicateurs les mieux adaptés et sur les mécanismes de certification devient indispensable.

> Projets en cours

- Atelier de réflexion prospective, adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés (ADAGE, ANR 2009)
- Systèmes de production animale et développement durable (SPADD, ANR, 2007-2010)

Publications

Vayssières J. *et al.*, 2009
Gamede: A global activity model for evaluating the sustainability of dairy enterprises Whole-farm dynamic model - Interactive simulation of various management strategies with diverse stakeholders. *Agricultural Systems*, 101: 128- 151.

Vigne M., *et al.*, 2009. Energy use efficiency and greenhouse gases emissions of dairy farms of an isolated territory: case of Reunion Island from 2000 to 2007 Ag-SAP Conference 10-12/03 2009, Egmond aan Zee, the Netherlands. p. 430-431.

Proceedings of the Livestock & Global Climate Change International Conference Hammamet, Tunisia, 17-20 May, 2008 281 p. Online.

Dutilly-Diane C., *et al.* 2007. Could payments for environmental services improve rangeland management in Central Asia, West Asia and North Africa?. Washington : IFPRI, 42 p. (CAPRI Working paper, 62)

Dutilly-Diané C., 2006. Economics of pastoralism - Study of current practices in North Africa (WISP Outcome 1). Final report.

Malette pédagogique:
Conduite des systèmes de culture sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières : guide pour les Hautes Terres de Madagascar. Ed . ARP, 90 p, 7 posters, 9 fiches techniques.

- Guide : Fourrages, semis sous couverture végétale et élevage laitier pour les hautes terres de Madagascar (Fourrages Mada ; projet interregional OI, 2007-2009)
- Adaptation des systèmes fourragers et d'élevage périméditerranéens aux changements climatiques (Climfourrel, Etat – régions, 2008-2010)
- Fonctionnal diversity : an ecological framework for sustainable and adaptable agro-forestry systems in landscapes of semi-arid and arid eco-regions (Funcitree, projet européen, 2009-2013)
- Impact environnemental de l'élevage camelin en Tassili (MAE, 2009-2012)
- Efficience environnementale et productions animales pour le développement durable (Epad, projet ANR 2009-2013)
- Carbone des pâturages de Guyane et gaz à effet de serre (Carpagg, projet européen Feader PO Guyane, 2007-2013)
- Recherche en partenariat pour améliorer la sécurité alimentaire par le relèvement de la fertilité des sols de la province du Tuy (Ferti-Partenaire, projet européen 2008-2012)
- Conduite intégrée des exploitations et filières d'élevage (CIEEL, projet européen Feader PO Reunion, 2008-2013)
- Elevage Climat Société (Eclis, projet français ANR 2009-2012)

> Activités et résultats

Evaluations, impacts

Le Cirad possède un dispositif de 120 parcelles expérimentales à la Réunion pour des recherches à long terme (recyclage N, effluents et stockage de C en prairies). Il y effectue des bilans d'énergie, de carbone et d'émission de gaz à effet de serre pour les filières de l'élevage (180 bilans réalisés, CIEEL 2, la Réunion).

Outils de modélisation des flux de biomasse, de gaz à effet de serre et de carbone dans les exploitations d'élevage.

Bases de données pour la prédiction de la production de méthane sur les spectres proche infrarouge des digestats de ruminants en milieux tropicaux.

Indicateurs de fonctionnement (séquestration du carbone dans les sols et la biomasse, maintien de la fertilité).

Déploiement d'équipements de mesure des flux d'émission et protocole de stockage de C en prairies en Guyane.

Evaluation de l'impact des bovins laitiers dans des systèmes polyculture-élevage de Madagascar : modélisation des flux de biomasses.

Modélisation économique des interactions entre systèmes de culture et d'élevage à l'échelle des exploitations et des territoires (Réunion et Madagascar).

Adaptation des systèmes

Evaluation multicritère de la durabilité des systèmes d'élevage pastoraux méditerranéens et tropicaux : recherche méthodologique et approche comparative des systèmes et des territoires (INRA-CIRAD).

Interactions entre les pratiques décisionnelles de conduite et les flux d'énergie dans des systèmes de production animale localisés : cas de l'élevage laitier en contextes contrastés (INRA-CIRAD).

Génétique et adaptation des espèces et races : caractérisation des réponses physiologiques de l'adaptation à la chaleur chez le porc (INRA-CIRAD)
Elaboration de protocoles en Guadeloupe et à la Réunion.

Montage du Consortium Animal change : KBB integrating mitigation and adaptation options for sustainable livestock production under climate change (projet européen FP7 *Knowledge-Based Bio-Economy*).

> Partenaires

International : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie), Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone Subhumide (CIRDES), European Association for Animal Production (EAAP), Food and Agriculture Organization (FAO), International Livestock Research Institute (ILRI), International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).

Centres nationaux : AgResearch (Nouvelle-Zélande), Centre wallon de recherches agronomiques (CRA-W, Belgique), Consejo Superior de Investigaciones Científicas, (CSIC, Espagne), Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO, Australie), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, Brésil), Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (Fofifa, Madagascar), Isra (Sénégal), Institut d'économie rurale (IER, Mali), université de Wageningen (Pays-Bas).

> Perspectives

A l'échelle internationale, au cours des dernières années, l'élevage, ses perspectives de marché, ses rôles et ses effets créent des questions nouvelles, interpellent la recherche et appellent à un réinvestissement fort dans la recherche et la formation au Sud.

L'atout majeur du dispositif national réside dans le potentiel de recherche-développement assez unique qu'il constitue sur les questions d'élevage. Peu de pays disposent de moyens humains mobilisables aussi conséquents sur les questions de productions animales en régions chaudes, tant pour des travaux de recherche que d'expertise.

Sur cet enjeu majeur de l'adaptation des systèmes d'élevage et de leur rôle dans l'atténuation des changements climatiques, les demandes de connaissance ne feront que croître.

Biomasse-énergie

La consommation d'énergie primaire dépend de la biomasse (source non fossile) dans de nombreux pays du Sud. Comment favoriser la production et le renouvellement de cette ressource au bénéfice des populations du Sud, dont la consommation est appelée à croître considérablement ?



Pépinière d'eucalyptus.
© Cirad

Contacts

Christian Sales :
christian.sales@cirad.fr

Sylvie Mouras :
sylvie.mouras@cirad.fr

Les pays en développement ne consomment que 35 % de l'énergie primaire mondiale, alors qu'ils abritent plus de 75 % de la population. De nombreux experts prévoient que leur consommation va croître de façon considérable au cours des 50 prochaines années.

Les combustibles issus de la biomasse, toutes origines confondues, occupent une part importante de l'énergie domestique : jusqu'à 90 % en Afrique subsaharienne, 70 % dans les familles rurales de Chine et entre 30 et 90% en Amérique latine (AIE, 1997). Cette situation crée des tensions sur les ressources naturelles, dégradant les forêts, notamment dans les bassins d'approvisionnement des grandes villes.

Cependant, dans les pays disposant de terres et de conditions climatiques favorables, la biomasse peut constituer une opportunité forte de développement d'activités pour les populations rurales, y compris pour d'autres usages que domestiques. Mais cette transition d'usages aura des conséquences sur la gestion des ressources (biomasse, eau, sols ...) et induira des concurrences entre activités.

A l'échelle planétaire, la biomasse peut satisfaire les besoins et accroître l'indépendance énergétique des pays tropicaux, avec un impact limité sur le changement climatique. De plus, le développement local d'activités économiques liées à la production et à l'utilisation de biomasse-énergie peut améliorer les conditions de vie en zones rurales. Les travaux du Cirad visent à optimiser les procédés de production et à définir les conditions optimales du développement de cette filière pour les pays du Sud.

> Activités et résultats

Le Cirad a fait de la biomasse-énergie un axe prioritaire de sa stratégie scientifique. Il étudie ainsi les conditions d'émergence et de mise en valeur des bioénergies en faveur des populations du Sud, c'est-à-dire :

- la disponibilité des ressources : estimation des surfaces disponibles à l'échelle planétaire, analyse approfondie sur trois régions du monde ;
- l'amélioration génétique et l'agronomie des cultures énergétiques dédiées : sorgho, jatropha, canne à sucre, plantations forestières ;
- la gestion durable des forêts de production, la réhabilitation des forêts dégradées ;
- l'étude des schémas d'organisation de la production (agricultures familiales, cultures industrielles) et de l'approvisionnement des villes en bois énergie ; l'évaluation de leurs impacts sociaux économiques ;
- les impacts environnementaux des filières, l'analyse du bilan carbone, l'étude de l'accès aux financements de type Mécanisme de développement propre (MDP) ou Réduction des émissions liées à la déforestation et la dégradation (REDD)
- la mise au point de technologies adaptées aux différentes ressources en optimisant les rendements énergétiques et en minimisant les impacts environnementaux : procédés thermo-chimiques de conversion, optimisation de l'utilisation des carburants de première génération ;
- les éléments de politique publique à mettre en place pour un développement équitable et durable de la bioénergie.

Publications

Fassinou W.F., Van de Steene L., Toure S., Volle G., Girard P., 2009. Pyrolysis of Pinus pinaster in a two-stage gasifier: Influence of processing parameters and thermal cracking of tar. Fuel processing technology, 90 (1) : 75-90.

Piketty M.G., Wichert M., Falot A., Aimola L., 2009. Assessing land availability to produce biomass for energy: The case of Brazilian charcoal for steelmaking. *Biomass and bioenergy*, 33: 180-190.

Broust F., Girard P., Van de Steene L., 2008. Biocarburants de seconde génération (Ref RE110). Techniques de l'ingénieur. Bioprocédés.

Falot A., Girard P., 2008. Éléments d'évaluation économique des huiles-carburants. In : Rousset Patrick (ed.). Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales. Montpellier : CIRAD, p. 273-287.

Bedrossian C., Vaitilingom G., 2008. Extraction, conditionnement et utilisation des huiles végétales pures carburant.. In : Rousset Patrick (ed.). Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales. Montpellier : CIRAD, p. 207-272.

Sales C., 2007. Énergie, les promesses de la biomasse. *La Recherche* (406, su) : 24-25.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

> Projets en cours

- Analyse des potentialités mondiales en biomasse lignocellulosique pour la production de biocarburant (avec Total SA, 2008-2010)
- Gestion forestière communautaire pour la production de bois d'œuvre et de bois énergie à Madagascar (projet européen, 2006-2010)
- Approvisionnement de la ville de Kinshasa en bois énergie (Union européenne et République démocratique du Congo, 2009-2012)
- Elaboration de modèles pour une estimation robuste et générique du potentiel en bois énergie (ANR, 2008-2011)
- Evaluation et optimisation du potentiel de développement de la culture du jatropha (Agrogénération SA et Enerbio, 2007-2010)
- Plante énergétique alternative : le sorgho sucrier (projet européen, 2008-2013)
- Production de biocarburants lipidiques par micro-algues (ANR, 2007-2010)
- Impact environnemental de la substitution du charbon minéral par du charbon végétal dans la sidérurgie brésilienne (Union européenne et Arcelor-Mittal, 2004-2010)
- Amélioration des procédés de carbonisation à Madagascar (projet européen, 2006-2008)
- Electrification rurale décentralisée à Madagascar (projet européen, 2008-2011)
- Préconditionnement de la biomasse par torréfaction et broyage (projet européen, 2006-2009)
- Préconditionnement de la biomasse par pyrolyse flash (ANR, 2006-2009)
- Caractérisation physico-chimique des huiles de pyrolyse (Enerbio, Fondation Tuck, 2008-2010)
- Etude du craquage des goudrons de gazéification en condition de lit fluidisé (Fonds unique interministériel, 2010-2013)
- Caractérisation de différentes biomasses en vue de la production de biocarburants par voie thermo-chimique (ANR-Finep, Brésil, 2009-2011).
- Renforcement des capacités des Etats de l'Afrique de l'Ouest dans le domaine de l'énergie (facilité énergie ACP-Europe 2007-2010).

> Partenaires

Afrique : cultures dédiées et procédés de transformation – Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2IE, Burkina Faso), Institut international de recherche sur les cultures pour les tropiques semi-arides (Icrisat, Mali...) ; gestion et valorisation de la biomasse forestière, électrification décentralisée – Agence de développement de l'électrification rurale (Ader, Madagascar)

Amérique latine : procédés thermo-chimiques pour l'accès à l'énergie des populations amazoniennes : – coopération franco-brésilienne (SFB), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) et université du Paraná (Brésil) ; énergie et adaptation de l'agriculture au changement climatique – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Océanie : indépendance énergétique des îles du Pacifique par le développement de la filière huile de coprah pour l'électrification et le transport (collectivités territoriales)



Production d'électricité en milieu rural à partir de bois. © Cirad, P. Girard.

Europe : le Cirad assure la représentation française dans divers réseaux avec, notamment : Aston University (procédés de pyrolyse flash) ; BFH, Hambourg, Allemagne (analyses chimiques des huiles de pyrolyse et des goudrons de gazéification de la biomasse) ; université de Wageningen (Pays Bas).

En France, les partenariats scientifiques concernent l'Inra (projet 3BCAR d'institut Carnot, ARP Vega/biomasse du futur), l'IFP et le CEA (procédés thermochimiques), l'École des mines d'Albi et l'UT Compiègne (procédés thermochimiques), l'institut Prisme de l'université d'Orléans (combustion des biocarburants).

Le partenariat industriel se concrétise soit dans des projets de recherche, soit par des prestations d'étude : Total (potentiel mondial de ressource en biocarburant), EDF (état de l'art sur les technologies de gazéification), GDF-Suez, Véolia, Areva (approvisionnement énergétique d'une activité minière).

> Perspectives

Pour les pays les plus pauvres, un meilleur accès à l'énergie pourrait favoriser le développement de la production alimentaire mais cela reste à démontrer sur plusieurs cas concrets. L'amélioration de la nutrition passe nécessairement par la satisfaction des besoins énergétiques élémentaires.

La question de l'énergie ne se limite pas aux carburants utilisés pour les véhicules, qui ne représentent que le quart de la consommation énergétique mondiale. C'est la production d'énergie calorifique à poste fixe, et sa conversion en force motrice, qui représente l'essentiel de la consommation énergétique mondiale où charbon, gaz naturel et pétrole se partagent le marché à parts égales. Ainsi, la voie de transformation conduisant à un carburant liquide n'est pas incontournable. Les énergies d'origine végétale peuvent prendre des formes diverses, notamment solides ou gazeuses, aussi intéressantes que l'état liquide, recherché pour ses facilités de transport et de stockage. Par exemple, le Cirad travaille sur un concept agro-énergétique visant à concevoir et à promouvoir une filière de production d'électricité à partir de canne à sucre, sélectionnée et cultivée spécifiquement pour cet usage.

Pour les carburants de première génération, il ne subsiste plus de verrou majeur au stade de la transformation, à l'exception de l'estérification à l'éthanol des huiles végétales. Les principales difficultés se rencontrent au stade de la production et de ses interférences avec d'autres productions, en termes de gestion des territoires et d'occupation des sols. Les agrocarburants ne pourront, sur la base de la demande actuelle et des évolutions prévisibles, que couvrir une partie significative mais limitée des besoins, même dans les pays du Sud susceptibles de réunir des conditions de productivité élevées.

Les carburants de deuxième génération semblent présenter un potentiel plus intéressant en raison de la situation des réserves en biomasse lignocellulosique. Les méthodes d'identification spatiale et dynamique de la biomasse et de sa réelle disponibilité restent à développer. Les règles de son exploitation restent à préciser et à valider. En transformation, le Cirad privilégie les recherches visant à développer des unités de petite et moyenne capacité destinées à une production décentralisée, avec stockage intermédiaire éventuel et conditionnement, afin de favoriser le transport d'une matière énergétique déjà transformée et énergétiquement concentrée. Il a retenu la voie de la conversion thermochimique (torréfaction, pyrolyse et gazéification), qui permet de valoriser la plante entière sans procédé chimique lourd à partir de telles unités.

Changement climatique et sécurité alimentaire

Instabilités de la production, multiplication des crises alimentaires, volatilité des prix affecteront les plus vulnérables. La gestion de ces instabilités devient un enjeu prioritaire pour les sciences économiques.



© Cirad

Contact

Nicolas Bricas :
nicolas.bricas@cirad.fr

Le changement climatique va induire deux grands types de conséquences : une multiplication et une aggravation des accidents climatiques (sécheresses, inondations) ; un changement des affectations de terre, compte tenu des élévations de température. Il faut pouvoir modéliser ces changements pour évaluer leurs conséquences sur la production agricole.

La conséquence directe est une instabilité croissante de la production, et donc des disponibilités alimentaires. On s'attend donc à une multiplication de crises alimentaires locales et à une volatilité croissante des prix des aliments qui affecteront les consommateurs les plus vulnérables.

Cet accroissement des incertitudes aura aussi pour conséquence de limiter les investissements des agriculteurs, du fait de leur aversion au risque, et de limiter par conséquent la capacité du secteur à répondre aux enjeux de croissance de la demande alimentaire future.

Dans cette perspective, la gestion des instabilités devient un objet stratégique pour la recherche. En sciences économiques, l'enjeu est d'évaluer les différentes actions possibles pour faire face à ces instabilités.

> Principaux projets

Sur les conséquences des changements d'affectations de terres (Umr Cired) :

- Compétition énergie-alimentation dans l'usage des sols (projet Conseil Français de l'Energie, CFE, 2006-2009)
- Autrement (ANR, 2007-2010)

Sur la gestion des instabilités de prix (Umr Moisa et UR Arena)

- Tools to manage agricultural prices instability (Agence Française de Développement, AFD), 2008-2009)
- Projet Efficacité des politiques de stabilisation des prix alimentaires en Afrique subsaharienne : le cas du Mali (Fondation Farm ; 2009)
- Caractérisation de l'instabilité des prix sur les marchés des produits vivriers en Afrique subsaharienne (Fondation Farm ; 2009).

> Principales activités et résultats

Sur les conséquences des changements d'affectations de terres (UMR Cired) :

- Rétro-prospective des productions et usages mondiaux de biomasses alimentaires
- Modélisation hybride de l'équilibre partiel des terres disponibles
- Développement d'une plateforme de modélisation intégrée agronomie-végétation-économie globale forcée par le climat qui permette :
 - de simuler les rendements des principaux agrosystèmes (cultures, élevage, forêt)
 - d'évaluer l'impact du changement d'utilisation des terres (paramètres de gestion et d'occupation des terres) sur les rendements et le climat
 - de calculer une solution « optimale » de changement d'utilisation des terres.

Publications

Bricas N., 2008. Nourrir le monde : retour aux fondamentaux de l'humanité. *Diplomatie : affaires stratégiques et relations internationales* 33: 58-62.

Bricas N., 2008. Attentes et responsabilité des consommateurs. *OCL. Oléagineux corps gras lipides*, 15 (2) : 142-144.

Bricas N., Daviron B., 2008. De la hausse des prix au retour du "productionnisme" agricole : les enjeux du sommet sur la sécurité alimentaire de juin 2008 à Rome. *Hérodote : revue de géographie et géopolitique* (131) : 31-39.

Voir aussi :

<http://publications.cirad.fr>

Sur la gestion des instabilités de prix (Umr Moisa et Ur Arena)

- Evaluation théorique et sur le terrain de mesures visant à faire face aux instabilités de prix, soit en cherchant à atténuer les fluctuations des prix par une régulation des marchés, soit en cherchant à atténuer les conséquences négatives de fluctuation pour les populations vulnérables, soit les deux à la fois.

Caractérisation des facteurs d'instabilité des prix permettant de distinguer les instabilités liées aux climats des instabilités liées au fonctionnement des marchés.

> Partenaires

National Resources Institute (Royaume Uni), Université de Wageningen (Pays Bas), Institut d'Economie Rurale (Mali), Réseau des Observatoires Ruraux (Madagascar)

> Perspectives

Montage d'un Observatoire des Alimentations du Monde permettant de suivre l'évolution de la vulnérabilité et de la résilience des ménages face aux instabilités de leur environnement (crises climatiques, crises économiques, crises sanitaires).

Paielements pour services environnementaux et changement climatique

Certains écosystèmes jouent un rôle important dans l'atténuation du changement climatique en séquestrant le carbone. Mais ils ont aussi d'autres fonctions, qui réduisent la vulnérabilité des populations et favorisent donc leur adaptation.



Forêts et régulation hydrologique.
© Cirad, B. Locatelli

Contact

Bruno Locatelli,
bruno.locatelli@cirad.fr

La séquestration du carbone est un service environnemental : elle contribue à réduire les gaz à effet de serre dans l'atmosphère et, donc, à atténuer le changement climatique. Ce rôle a été reconnu par les instances internationales et des mécanismes de paiement pour le carbone sont en place (Mécanisme de développement propre, MDP, pour les projets de boisement et reboisement dans les pays du Sud) ou en discussion (Mécanisme de réduction des émissions de la déforestation et la dégradation forestière, REDD).

Mais les écosystèmes ne jouent pas seulement un rôle pour l'atténuation. Ils produisent également des services à une échelle locale ou régionale qui contribuent à réduire la vulnérabilité des sociétés, et donc leur adaptation, au changement climatique. Par exemple, les forêts peuvent modérer la force des vents et des vagues en zones côtière, réduire la température de l'air pendant des vagues de chaleur en zone urbaine, ou réguler la qualité de l'eau et les débits d'étiage pendant une période de sécheresse.

Les paiements pour services environnementaux (PSE) peuvent favoriser le maintien de services nécessaires à la lutte contre le changement climatique. Les PSE supposent une transaction volontaire entre un offreur de services (par exemple un gestionnaire d'écosystème) et un acheteur (par exemple une entreprise désirent compenser ses émissions de gaz à effet de serre ou une ville désirent protéger ses ressources en eau). Les PSE sont actuellement en plein essor, soulevant de nombreuses questions scientifiques.

> Questions scientifiques et activités

Un premier groupe de questions concerne la caractérisation des services environnementaux : comment évaluer les services environnementaux et leur contribution au bien-être humain et à l'adaptation ? Quelles sont les synergies ou conflits entre la provision de différents services ?

Le Cirad mène des recherches sur la mesure et la modélisation du carbone et des bilans hydriques. Les synergies entre services environnementaux et la cartographie des services sont l'objet d'études en Amérique Centrale.

Un deuxième groupe de questions se réfère à la mise en œuvre des PSE : quelles sont les marchés disponibles ? Quelles sont les modalités et les institutions pour impliquer et rétribuer des fournisseurs de services en fonction des réalités locales ?

Le Cirad mène des études sur la façon d'aborder les PSE, par exemple à Madagascar, par le biais de services groupés à l'échelle de territoire. Des activités portent sur les institutions pour les PES dans des contextes de faible institutionnalité et de pauvreté.

Un troisième groupe de questions porte sur les impacts des PSE sur l'environnement et le développement local, le renforcement des capacités des communautés ou leur participation dans la prise de décision. Quels sont les risques des PSE pour les communautés locales ? Un paiement pour le carbone peut-il nuire à la biodiversité ?

Cartographie de services écosystémiques utiles pour la population au Costa Rica (Locatelli & Imbach, 2008).

Quelques publications

Vignola R., Locatelli B., Martinez C., Imbach P., 2009. Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists? *Mitigation and Adaptation of Strategies for Global Change*. doi:10.1007/s11027-009-9193-6

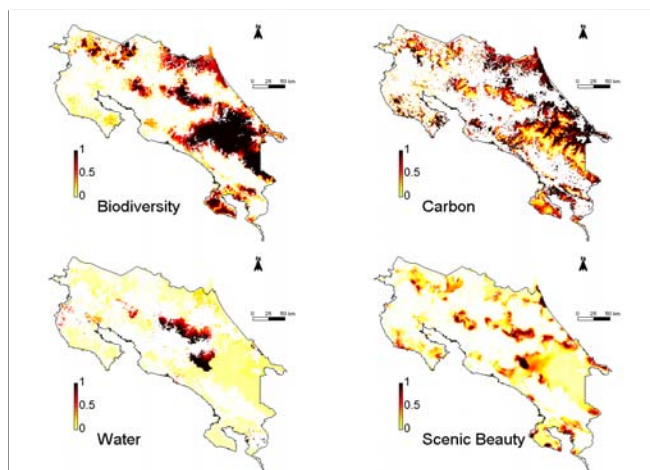
Locatelli B., Vignola R., 2009. Managing watershed services of tropical forests and plantations: Can meta-analyses help? *Forest Ecology and Management* 258(9): 1864-1870.

Locatelli B., Rojas V., Salinas Z., 2008. Impacts of payments for environmental services on local development in northern Costa Rica : a fuzzy multi-criteria analysis. *Forest Policy and Economics* 10(5): 275-285.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

Le Cirad mène des recherches sur les impacts des PSE sur le développement local et la biodiversité, par exemple en Amérique Centrale. Des recherches portent sur les risques potentiels des paiements REDD sur les communautés locales ou sur les liens entre REDD et adaptation des communautés locales, par exemple en Afrique Centrale.



> Quelques projets en cours

- Tropical Forests and Climate Change Adaptation avec Catie-Cifor en Asie, Afrique de l'Ouest, Amérique centrale.
- Services environnementaux et usages de l'espace rural (ANR STRA) au Costa-Rica, les Dom-Tom et Madagascar.
- Exploring the relevance and feasibility of PES approaches for producing environmental services through changes in agricultural practices avec Irri dans la région du Mekong.
- Coffee agro-forestry in Central America, East Africa and India (projet européen).
- Indicateurs des services environnementaux en Amazonie et conditions des PSE (projet européen et ANR)
- Functional diversity: an ecological framework for sustainable and adaptable agroforestry systems in landscape of semi-arid and arid regions (projet européen).

> Partenaires

- Dispositifs structurants du Cirad (Madagascar, Amazonie, Costa-Rica).
- Réseaux scientifiques via les projets.
- Centres internationaux : Cifor (Centre for International Forestry Research) en Indonésie, Catie (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) au Costa Rica.

> Perspectives

Les PSE prennent de l'importance avec le besoin de définir des paiements multiservice au bénéfice du développement et de l'environnement locaux (y compris l'adaptation au changement climatique), et pour l'environnement global (y compris l'atténuation du changement climatique). De nouvelles politiques agricoles, d'environnement ou de changement climatique sont en cours de définition. Cet essor amène de nouveaux enjeux forts pour la recherche, en interaction avec les politiques, les ONG, les organismes bailleurs de PSE et les banques de développement. Les recherches doivent se réaliser dans les réseaux internationaux, comme la plate-forme intergouvernementale science-politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES).

Changement climatique et renforcement des capacités nationales et locales

Le changement climatique représente de nouveaux défis pour de nombreux acteurs nationaux et locaux. Le Cirad apporte son appui au montage de projets e en privilégiant le renforcement des compétences nationales et locales.



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

Contact

Bruno Locatelli,
bruno.locatelli@cirad.fr

La mise en œuvre de projets liés à l'atténuation ou l'adaptation au changement climatique est complexe. Le renforcement de capacités nationales et locales est donc nécessaire, à trois niveaux. D'abord, à l'échelle locale ou sous-nationale : par exemple, les projets forestiers du Mécanisme de Développement Propre doivent suivre des méthodologies et un cycle de projet peu aisés à comprendre. Quant aux projets d'adaptation, ils peuvent recevoir des financements si les développeurs de projets connaissent les fonds disponibles et sont capables de démontrer la valeur de leurs projets pour l'adaptation au changement climatique.

Ensuite, à l'échelle nationale, l'élaboration de politiques d'adaptation ou d'atténuation n'est pas aisée dans la mesure où ce sont des thèmes nouveaux, qui nécessitent souvent une approche intersectorielle et innovante. Par exemple, la définition des règles nationales d'approbation des projets MDP se fait sans que des procédures claires aient été définies. L'élaboration de Plans d'action nationaux d'adaptation pour les pays les moins avancés est un premier pas important dans la mise en œuvre de projets d'adaptation, mais nécessite une vision des enjeux pour les différents secteurs et régions du pays. Les informations disponibles sont souvent insuffisantes pour élaborer des politiques en évaluer l'efficacité.

Enfin, les pays doivent élaborer des positions et des argumentations nationales et régionales pour les négociations dans les conventions internationales. Le grand nombre de thèmes négociés en même temps et le faible nombre de négociateurs pour certains pays du Sud posent des problèmes. Des initiatives régionales et des dialogues politique-science peuvent faciliter le processus de préparation des négociations (voir la fiche « négociations internationales »).

> Activités

A l'échelle locale et sous nationale, le Cirad contribue au renforcement des capacités. Par exemple, de nombreuses formations ont été organisées en Amérique latine et en Afrique sur l'élaboration de projets dans le cadre du Mécanisme de Développement Propre (MDP). Elles ont été données à des personnels d'ONG, de ministères, du secteur privé et des universités. Un projet de renforcement des capacités sur le MDP en Amérique Latine a permis d'accompagner les développeurs de projet dans le cycle du MDP.

A l'échelle nationale, le Cirad apporte des appuis techniques et institutionnels pour l'identification et la formation de points focaux, l'appui à l'élaboration de fiches nationales et de projets. En Amérique centrale, la définition des règles nationales d'application du MDP (seuils de définition de forêts et impacts sur le développement local) a été appuyée dans différents pays. En Afrique Centrale, le Cirad a fourni des données de référence à l'observatoire des forêts sur la déforestation, utiles pour le suivi des projets REDD.

Publications

Locatelli B., Pedroni L., Salinas Z., 2008. Design Issues in Clean Development Mechanism Forestry Projects. In: *Climate Change and Forests: Emerging Policy and Market Opportunities*. Brookings Institution Press, pp.107-120. ISBN 978-0-8157-8192-9.

Martínez C., Imbach P., Locatelli B., 2007. How to select a national forest definition for the Clean Development Mechanism? [¿Cómo seleccionar una definición de bosque en un país para el Mecanismo de Desarrollo Limpio?]. *Recursos Naturales y Ambiente* 51-52 : 184-190.

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

> Quelques projets

La formation et le transfert de connaissances sont des activités importantes de la plupart des projets du Cirad sur le changement climatique. Citons :

- FORMA : Strengthening CDM capacities in Ibero-America avec le Catie.
- Carbon Finance for Agriculture, Silviculture, Conservation, and Action against Deforestation – Cascade avec Uneo and Onfi.
- Tropical Forest Adaptation to Climate Change (avec le Cifor et le Catie).
- Observatoire des Forêts d’Afrique Centrale. Projet européen (avec le Cifor, l’Ucl, leFrm).

> Principaux partenaires

Programme des Nations unies pour l’environnement (PNUE), Food and Agriculture Organization (FAO-UN-REDD), Union européenne, Banque mondiale, Centre International de Recherche Forestière (Cifor), Université Catholique de Louvain (Ucl).

Services agricoles, ministères, collectivités locales, Ong...

> Perspectives

Avec une pression croissante pour s’adapter au changement climatique, l’émergence de nouvelles politiques sur le changement climatique (atténuation et adaptation) et la nécessité de monter des projets locaux, le renforcement de capacités nationales et locales sera de plus en plus important. Les activités du Cirad contribueront à ce renforcement.

Négociations internationales et politiques nationales climatiques

La mise en œuvre de politiques d'atténuation et d'adaptation dans les pays du Sud pour répondre aux accords internationaux sur le climat est un défi planétaire auquel les négociateurs de ces pays doivent se préparer. Le Cirad leur apporte son appui.



. © Cirad, B. Locatelli

Contact

Bruno Locatelli,
bruno.locatelli@cirad.fr

Après la signature de la convention sur le climat en 1992 à Rio de Janeiro, les négociations sur le climat ont abouti au Protocole de Kyoto en 1997. Cet accord implique les pays du Sud par le biais du Mécanisme de Développement Propre et des Napa (programmes d'action nationaux aux fins de l'adaptation), qui peuvent avoir des effets importants sur leur développement, et notamment sur leurs secteurs agricoles et forestiers.

Le futur accord « post Kyoto » ou « post 2012 » aura des répercussions importantes pour les pays du Sud, en particulier à cause des risques et opportunités qu'il présentera face au changement climatique. Les négociateurs de ces pays sont demandeurs d'appui pour définir leurs positions lors des négociations.

> Activités

Sur le sujet des négociations internationales et des politiques climatiques, le Cirad mène des recherches et communique avec les décideurs politiques et les négociateurs. Par exemple, en Amérique latine, avec le groupe Changement global du Catie au Costa Rica, le Cirad a appuyé les négociateurs latino-américains sur des questions en négociation. Une plate-forme latino-américaine de discussion sur l'après Kyoto a été mise en place dès 2006. Des travaux de recherche ont été réalisés en étroite collaboration avant les négociations, par exemple au sujet des modalités de comptabilisation des crédits carbone du MDP (en 2003) et de petits projets forestiers dans le MDP (en 2004). Ces recherches ont des effets directs, par exemple lorsqu'un négociateur latino-américain, au nom d'une dizaine de pays de la région, a argumenté sa position lors de la négociation internationale en citant cette recherche. De même les résultats des travaux sur les petits projets forestiers dans le MDP ont été utilisés dans une lettre de la Banque Mondiale à la Convention Climat demandant une modification des modalités du MDP.

En Afrique, le Cirad appuie les négociateurs et contribue à la diffusion de l'information dans le bassin du Congo, dans le cadre du Partenariat pour les forêts du bassin du Congo. En Amérique latine et en Afrique, il participe à des formations destinées aux décideurs politiques et aux négociateurs à propos du Mécanisme de Développement Propre ou des politiques et instruments pour l'adaptation au changement climatique.

A l'échelle planétaire, le Cirad, en partenariat avec le Cifor, mène des recherches, communique avec les politiques et organise des événements internationaux sur les forêts et le changement climatique autour de la négociation de Copenhague (décembre 2009). Il a organisé des conférences avec l'Iddri sur les politiques climatiques.

Publications

Karsenty A., 2009. Régime international, déforestation évitée et évolution des politiques publiques et privées affectant les forêts dans les pays du Sud. *Natures sciences sociétés* 17: 209-212.

Locatelli B., Pedroni L., 2006. Will simplified modalities and procedures make more small-scale forestry projects viable under the Clean Development Mechanism? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 621-643.

Pirard R., Karsenty A., 2009. Climate change mitigation: Should "Avoided Deforestation" be rewarded? *Journal of sustainable forestry* 28: 3-5

Voir aussi

<http://publications.cirad.fr>

© Cirad, B. Locatelli

> Projets

Le Cirad est impliqué, directement ou par le biais d'agents en poste dans des centres internationaux, dans de nombreux projets en relation avec les politiques climatiques. Les négociations internationales et les politiques nationales n'en sont pas toujours l'objet principal, plutôt une composante importante. En effet, de nombreux projets sont construits en appui aux politiques et les intègrent dans leur recherche. Citons principalement :

- Hydroclimate and Society in La Plata Basin (Claris, projet européen).
- Tropical Forest and Climate Change Adaptation (TroFCCA, projet européen avec le CIFOR et le CATIE).
- Strengthening Capacities for the Clean Development Mechanism in Latin America (Forma, projet européen avec le CIFOR).

Mais aussi

- Compétition énergie-alimentation dans l'usage des sols : perspectives et viabilité des biocarburants.
- Ecoclim, qui vise à construire un modèle intégrant économie, usage des sols et climat.
- Gicc-Ped, qui s'intéresse aux politiques climatiques qui pourraient inciter les pays du Sud à prendre des engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

> Partenaires

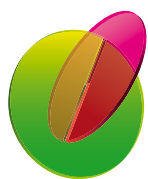
International : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie, Costa Rica), Center for International Forestry Research (Cifor, Indonésie), Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri, France).

Ministères, Ong, décideurs et délégués...



> Perspectives

La négociation internationale de Copenhague pourrait marquer un tournant dans les politiques climatiques internationales. Elle sera l'aboutissement de 2 ans de négociations à la suite de la feuille de route de Bali (décembre 2007). Même si aucun accord n'est signé à Copenhague, les négociations internationales vont continuer et l'appui des chercheurs est nécessaire. Si un accord est signé, les modalités détaillées des accords seront négociées pendant quelques années et les politiques nationales se mettront en place. Les chercheurs auront un rôle important à jouer. A propos du REDD (Réduction des émissions de la déforestation et la dégradation forestière), un accord ne serait que le début d'une série de défis pour la mise en œuvre, qui nécessiteront un appui scientifique. Le Cirad va poursuivre ses activités de recherche, de communication, d'assistance technique et de formation sur ces sujets.



cirad

LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

42, rue Scheffer · 75116 Paris

www.cirad.fr Innovons ensemble pour les agricultures de demain