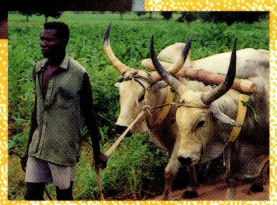
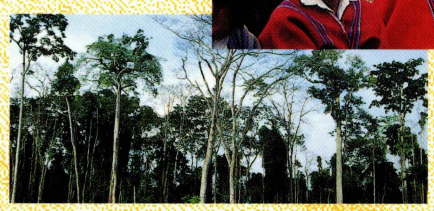
Le Cirad
en 1999





CIRAD

Le Cirad en 1999

Le Cirad, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires des régions chaudes.

Sa mission : contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique.

Il emploie 1 800 personnes, dont 900 cadres, qui interviennent dans une cinquantaine de pays. Son budget s'élève à 1 milliard de francs (152 millions d'euros), dont plus de la moitié provient de fonds publics.

Le Cirad comprend sept départements de recherche : cultures annuelles (Cirad-ca) ; cultures pérennes (Cirad-cp) ; productions fruitières et horticoles (Cirad-flhor) ; élevage et médecine vétérinaire (Cirad-emvt) ; forêts (Cirad-forêt) ; territoires, environnement et acteurs (Cirad-tera) ; amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique (Cirad-amis). Le Cirad travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des opérations de développement.

© Cirad mai 2000

ISBN 2-87614-405-0

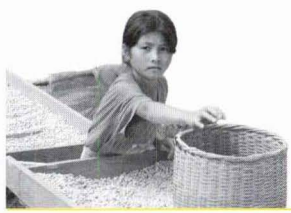
Le Cirad en 1999

Sommaire

7
Le message du président

8
Les producteurs face à un monde nouveau

12
Cultures annuelles



22
Cultures pérennes

32
Productions fruitières et horticoles

Sommaire

40
Elevage
et médecine vétérinaire

48
Forêts

58
Territoires, environnement
et acteurs

66
Amélioration des méthodes
pour l'innovation scientifique

79
Le Cirad en bref

Le message du président

En prenant mes fonctions à la présidence du conseil d'administration du Cirad, j'ai pu mesurer directement l'ampleur du travail accompli par une entreprise publique de recherche dynamique, qui contribue au combat des pays en développement contre la pauvreté et les aide à s'adapter aux évolutions mondiales.

A l'occasion de ma nomination, nos autorités de tutelle ont rappelé l'importance et les responsabilités du conseil d'administration et de son président dans la vie de l'institution : il leur appartient en particulier de définir les grandes lignes de la politique générale du Centre et de veiller à l'accomplissement de sa mission en relation avec celles des organismes œuvrant dans les mêmes domaines.

Par vocation, le Cirad est, pour une large part, orienté vers le développement rural des pays du Sud. En collaborant avec eux, il renforce leurs compétences en matière de recherche, favorise le transfert de technologies adaptées à leurs besoins, et participe à la construction du système international de recherche agricole pour le développement. Cette action s'inscrit désormais dans le cadre des grands enjeux démographiques, de sécurité alimentaire et de gestion durable des ressources naturelles. Les sciences humaines et sociales y prendront une part de plus en plus marquée.

Le Cirad a, de longue date, cherché à mener des actions communes avec d'autres établissements publics. Les rapprochements avec l'Inra, l'Ird, les universités et les établissements d'enseignement supérieur agronomique et vétérinaire prennent une dimension nouvelle nécessaire. Les interventions dans les champs communs d'activité se coordonnent, les échanges de chercheurs devraient se multiplier et des unités mixtes de recherche se construire.

Se situer au meilleur niveau de compétence scientifique est l'ambition constante du Cirad. L'évaluation de notre établissement sera instaurée à plusieurs niveaux d'organisation, car c'est un moyen sûr de nous améliorer et de conforter la qualité de nos actions. Pour cela, l'évaluation doit être externe et indépendante. Par ailleurs, les questions d'éthique que soulèvent nos activités scientifiques par rapport à la société seront prises en compte.

La réflexion sur un nouveau projet stratégique à l'horizon 2010 vient d'être lancée au sein de l'établissement. C'est un processus dynamique, qui implique chacun d'entre nous. J'ai l'espoir qu'il contribuera à augmenter encore notre esprit d'ouverture et notre flexibilité, deux qualités essentielles pour répondre aux besoins de nos partenaires du Sud qui font face, dans tous les domaines, à des changements brutaux. Dans cet esprit, le vaste potentiel du Cirad s'exprimera dans le cadre des priorités qui émergent, dont je veux rappeler que le bénéficiaire principal reste le petit producteur des pays pauvres. J'ai confiance en l'avenir du Cirad.

Daniel Nahon
Président du conseil d'administration du Cirad

Les producteurs face à un monde nouveau

La recherche explore les nouveaux champs ouverts par la mondialisation des marchés et l'apparition de grands phénomènes environnementaux mondiaux. A l'opposé, elle se rapproche toujours plus de ses utilisateurs finaux — producteurs agricoles et leurs organisations —, souvent dans une optique de lutte contre la pauvreté. Dans les départements et territoires d'outre-mer, elle s'adresse aux agricultures locales, mais ses avancées rayonneront dans bien d'autres lieux.

Ces trois courants, qui ont dominé les travaux du Cirad en 1999, sont illustrés par de nombreux exemples dans les pages qui suivent. ■

© G. Trébuil

La mondialisation de l'économie s'est traduite dans la décennie écoulée par une libéralisation de l'agriculture à l'échelle internationale et à celle des nations. La plupart des accords internationaux de régulation de l'offre ont été supprimés. Les Etats ne se chargent plus de la gestion des quotas nationaux et se retirent des circuits commerciaux. Les entreprises internationales de transformation et de commerce se partagent les marchés et cherchent à contrôler des filières locales pour garantir leur approvisionnement. Ces filières locales sont elles aussi profondément transformées par l'extension des mécanismes de concurrence. Dans ce nouveau contexte, le Cirad s'efforce de mieux comprendre les nouvelles configurations et les nouvelles formes des marchés internationaux afin de mesurer leurs conséquences pour les producteurs, les industriels et les consommateurs. Emergent par exemple des politiques de qualité qui impliquent souvent tous les acteurs d'une filière et peuvent modifier les techniques de production ou les objectifs d'amélioration des plantes. Apparaissent aussi des situations périlleuses pour les producteurs : risque et incertitude s'accroissent pour eux lorsque les prix deviennent plus fluctuants ou lorsque les Etats subissent des crises financières.

© H. Saint Macary

Agriculture et crise en Asie du Sud-Est. La crise indonésienne, étudiée sous l'angle inhabituel des agents économiques qui l'ont vécue. Analyse de ses effets sur les productions agricoles. *p. 73*

Les filières face à la libéralisation des marchés mondiaux. Les mécanismes de réaction des filières face à la libéralisation croissante des marchés mondiaux analysés en prévision du prochain cycle des négociations de l'Organisation mondiale du commerce. *p. 74*

Développer les cafés spéciaux avec les pays producteurs. Apprendre à produire et commercialiser les cafés fins ou de terroirs, biologiques ou écologiques, de plus en plus demandés sur le marché. *p. 25*

Mais la mondialisation n'est pas qu'un phénomène économique. C'est aussi un phénomène qui touche beaucoup à l'environnement et à l'écologie. A partir de son expérience, le Cirad a entrepris des recherches sur le changement global : contribution de l'agriculture à la réduction de l'effet de serre par des politiques agricoles appropriées, gestion de la biodiversité et conservation des espèces en danger. Ces études prennent de l'ampleur.

© J. Gutknecht

Ressources génétiques du sorgho : stratégies d'élaboration de core collections. Comment rendre plus facilement exploitables les 22 500 variétés de la collection mondiale de sorghos traditionnels en créant des collections représentatives de taille réduite. Une collaboration Icrisat-Cirad. *p. 17*

Valoriser les ressources génétiques forestières. Recenser et évaluer, gérer et valoriser des espèces comme le bois de rose menacé d'extinction en Amérique latine, le santal surexploité dans la région indo-pacifique, le karité en Afrique subsaharienne. *p. 52*

Un charbon actif ferromagnétique contre la pollution de l'atmosphère. Un brevet pour un procédé applicable à de nombreux traitements dépolluants : élimination des gaz industriels, traitement des déchets, chlorés en particulier, incinération des ordures ménagères. *p. 56*

© D. Rollin

Madagascar : les paysans s'organisent. Résultats remarquables dans les domaines de la structuration du monde rural et de l'amélioration des techniques agricoles obtenus par les organisations professionnelles du Sud-Ouest malgache. *p. 20*

Viabilité des agricultures familiales d'élevage en Amazonie orientale. Une réflexion sur la colonisation des terres accompagnant la construction des voies de communication amazoniennes. Questionnement sur la déforestation, la place de l'élevage, la vulnérabilité des petites exploitations. *p. 44*

L'appui aux organisations professionnelles agricoles. Participation à des projets en Afrique et en Amérique latine sur les choix stratégiques des organisations paysannes, leurs relations avec la recherche et la vulgarisation agricole, le renforcement de leur capacité d'analyse des marchés et de négociation avec les bailleurs de fonds. *p. 59*

Obtenir un effet direct sur la production agricole par une orientation adéquate des recherches est un objectif permanent pour le Cirad, organisme dont la finalité est le développement économique et social. Mais proposer des innovations aux agriculteurs est rarement la démarche la plus efficace. Avec le temps, les chercheurs ont appris à mieux entrer dans la logique de raisonnement des producteurs, lesquels participent aux moments clés de l'orientation de la recherche. Ainsi cette dernière répond-elle mieux aux demandes réelles. Pour aller plus loin dans cette approche, différentes équipes s'attachent à mieux comprendre les « agricultures familiales », conduites par de nombreux petits producteurs, et travaillent avec leurs organisations — organisations de commercialisation, d'achat, de crédit, syndicats de défense de leurs intérêts, institutions vouées au développement local. Dans certains cas, les producteurs participent directement aux recherches ou créent leurs propres organisations de recherche et de diffusion du progrès technique.

© T. Lescot

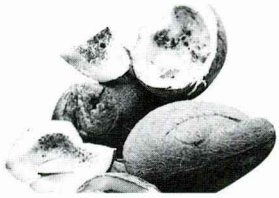
Pour un renouveau de la banane de Guadeloupe. Forte interaction entre producteurs, pouvoirs publics et recherche pour faire sortir la banane guadeloupéenne de la crise. Une option en faveur d'une banane de qualité. *p. 35*

L'agriculture mahoraise traditionnelle. Prendre en compte les activités non agricoles et les groupes familiaux plutôt que des individus pour atteindre les objectifs de développement et de professionnalisation de l'agriculture de Mayotte. *p. 65*

Enfin, le Cirad est très engagé dans les départements et territoires d'outre-mer. Cet engagement est d'abord destiné à servir les intérêts des agriculteurs et des entreprises locales afin de leur permettre de développer leur économie agricole domestique et de conserver leurs parts du marché dans la compétition internationale, en particulier sur les marchés européens. Les produits concernés sont surtout la canne à sucre, la banane et un grand nombre d'autres fruits. Outre ces fonctions, la recherche s'attache aussi à préserver, gérer et valoriser le patrimoine naturel, dont la diversité biologique est importante, mais dont les ressources

peuvent subir une pression d'utilisation du fait de l'accroissement des populations. Enfin, l'expérience accumulée en matière de recherche et surtout la présence d'infrastructures de recherche de grande qualité en milieu tropical offrent des capacités de coopération scientifique régionale utiles aux pays voisins. Ainsi, les centres de Guyane, de Martinique et de Guadeloupe nouent des collaborations dans la Caraïbe, en Amérique centrale et au Brésil ; le centre de la Réunion développe des coopérations avec des pays d'Afrique australe et Madagascar ; le centre de Nouvelle-Calédonie tisse des partenariats dans le Pacifique sud.

Les trois orientations de recherche qui viennent d'être évoquées préfigurent la reprise d'une réflexion à l'échelle de l'établissement qui donnera lieu à l'élaboration d'un projet stratégique puis du nouveau contrat d'objectifs entre l'Etat et le Cirad. Le projet stratégique devra expliciter les choix d'évolution de l'établissement, ses grandes priorités scientifiques, géographiques et de partenariat à l'horizon 2010. Engagé à la fin de 1999, il devrait aboutir au printemps 2001. ■



© G. Vaitilingom

Des biocarburants pour le Pacifique. Comment exploiter l'huile de coprah, issue du cocotier, comme source d'énergie pour les territoires isolés. Utilisés à Ouvéa pour l'électrification rurale et le dessalement de l'eau de mer. Des adeptes dans la région, en commençant par les îles Fidji.
p. 68

Cultures annuelles

En 1999, le département des cultures annuelles a lancé plusieurs initiatives importantes. La prise en compte de la diversité des situations et des objectifs des producteurs, alors que les Etats se désengagent du secteur agricole, exige de la recherche une capacité plus grande à proposer des gammes de solutions techniques et des outils d'aide à la décision pour raisonner les choix et évaluer les risques.

C'est un des objectifs poursuivis par le plan d'action agroécologique que le Cirad a décidé de lancer avec l'Agence française de développement, le Fonds français pour l'environnement mondial et le ministère des affaires étrangères. Le dispositif prévu associera, dans cinq pays au moins, des recherches sur l'adaptation des systèmes de culture fondés sur les couvertures végétales et un programme d'évaluation de leurs effets sur l'environnement. C'est aussi le sens d'un ensemble de travaux visant la mise au point d'une nouvelle culture du cotonnier. Ils s'appuieront sur des équipes pluridisciplinaires dans des implantations représentatives de la diversité des situations agricoles. La construction d'itinéraires techniques tenant compte des besoins des utilisateurs et des stratégies des agriculteurs est au cœur de cette démarche, avec pour but l'amélioration de la compétitivité de la filière.

Des formes nouvelles de partenariat se construisent à l'occasion de la montée en puissance du forum mondial pour la recherche agricole ; les relations

© H. Charpentier

du département avec plusieurs centres du Gcrai en matière de filières alimentaires ou de ressources naturelles lui ont donné une expérience particulière qui peut s'étendre aujourd'hui à la canne à sucre et au cotonnier. Une illustration de ces nouveaux modes de partenariat peut être trouvée dans la relance d'un réseau de sélection de la canne à sucre en Afrique, dont le Cirad s'est vu confier en 1999 l'animation par les opérateurs privés de la filière lors d'un atelier tenu en Côte d'Ivoire. De la même façon, dans le domaine des cultures alimentaires, l'année a vu le commencement de plusieurs projets dans lesquels le Cirad intervient en complémentarité avec les systèmes nationaux de recherche et des partenaires du domaine privé ou public : études et suivis économiques des filières du riz et du haricot au Brésil, du soja en Chine et en Indonésie, du riz à Madagascar ; technologie du fonio en Afrique de l'Ouest ; transformation des racines et tubercules au Bénin ; relance de la filière arachidière au Sénégal. Ces projets visent à mieux adapter les produits à la demande des marchés, en plaçant la qualité des aliments au centre des recherches. ■

Modèles de fonctionnement du couvert végétal

Tant sur les périmètres sucriers d'Afrique que dans les exploitations des départements d'outre-mer, les questions liées aux itinéraires techniques sont nombreuses. Les réponses doivent être rapides, régionalisées et adaptées à des environnements complexes. Dans un tel contexte, et pour des raisons de coût et de temps, les programmes d'expérimentation agronomique traditionnelle sont inadaptés.

Associée à des observations sur le terrain, l'utilisation d'un modèle de croissance de la canne à sucre, prenant en compte les conditions écologiques locales et validé par une expérimentation suffisamment robuste, permet de raisonner les itinéraires techniques et de mieux régionaliser les recommandations.

A la Réunion, où il existe six grands types de sol et vingt-deux zones climatiques différenciées, le Cirad s'est engagé depuis 1993 dans une opération de recherche sur la modélisation pour, d'une part, étudier le fonctionnement du couvert végétal, le formaliser et ainsi construire un modèle, d'autre part, utiliser ce modèle comme outil de diagnostic et d'aide à la décision à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation et de la région.

Modéliser la croissance de la canne à sucre.

© R. Fauconnier

Canne à sucre

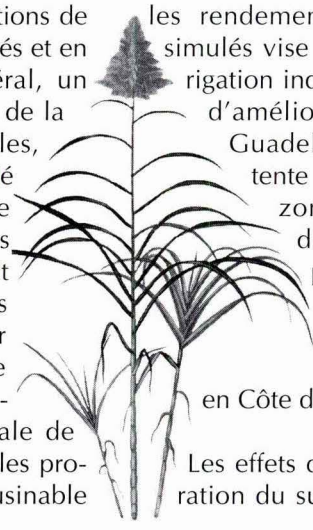
© Cirad

Lutte intégrée contre le foreur de la canne à sucre à la Réunion

Introduit de Java vers 1850, le foreur Chilo sacchariphagus *(Lepidoptera, Pyralidae) est devenu l'insecte le plus nuisible pour la canne à sucre à la Réunion. La sensibilité du foreur aux températures inférieures à 20 °C explique en grande partie son aire de répartition sur le littoral. L'évolution des larves et des dégâts révèle les périodes d'infestation, qui se situent durant la montaison des tiges. L'étude des pertes de rendement, allant jusqu'à 30 % du tonnage de canne en parcelles expérimentales, a permis d'estimer des seuils économiques de dégâts. Par ailleurs, les fourmis, prédatrices des œufs, favorisent une régulation naturelle des populations de foreurs, d'intensité variable selon les pratiques culturales et l'usage du feu à la récolte. L'analyse de la capacité de résistance variétale au foreur confirme l'intérêt de la variété R570 et met en évidence les risques d'une diffusion généralisée de la variété R579. La nature de la résistance de R570 fait l'objet d'une recherche approfondie.*

Les méthodes de mesure de l'indice foliaire, de l'interception du rayonnement solaire, de la biomasse et de ses composantes ont été étudiées et adaptées à la canne. A l'aide d'observations de parcelles faites dans des climats contrastés et en l'absence de stress hydrique et minéral, un modèle de simulation de la croissance de la canne à sucre en conditions optimales, Mosicas, a été mis au point. Il a été calé puis validé sur la production de canne et de sucre d'un ensemble de parcelles récoltées entre 1985 et 1995. Il fournit les rendements potentiels en conditions de culture non limitantes. Des études sur l'élaboration du sucre ont permis de compléter le modèle Mosicas, qui calcule maintenant la production optimale de sucre. Les effets du stress hydrique sur les productions de masse végétale et de tige usinable sont également formalisés. Ce modèle est actuellement associé à un modèle de bilan hydrique, Irricanne, et propose des simulations de rendement en conditions hydriques limitantes. Une plate-forme de simulation, Simulex, a été construite : elle permet d'utiliser de façon cohérente et conviviale des ensembles de données complexes et de tester divers scénarios de culture.

A partir des données de douze stations météorologiques, la variabilité de la croissance et de la production potentielles de canne à la Réunion a été analysée. Cette étude a permis de quantifier les effets de l'altitude, des dates de coupe et des périodes de l'année sur la croissance et sur les rendements potentiels. Les recommandations techniques concernant l'écartement entre les lignes et la lutte contre l'enherbement ont été relativisées. De nouveaux thèmes de recherche sur l'influence de l'écartement entre les lignes et de la longueur des cycles dans les Hauts de la Réunion ont été dégagés. Les récoltes des bassins canniers et dans l'ensemble de l'île de la Réunion ont été estimées à partir d'historiques de rendements et de données climatiques associées. Pour le tiers de la superficie cannière, les prévisions de rendement obtenues sont d'une précision satisfaisante. En revanche, la production reste difficile à estimer sur l'ensemble de l'île en raison du manque de précision sur les surfaces.



Actuellement, le modèle Mosicas est appliqué aux bassins irrigués du sud de la Réunion, pilotés par Irricane : la comparaison entre les rendements réels et les rendements simulés vise à mesurer l'efficience de l'irrigation induite par Irricane et les marges d'amélioration encore possibles. A la Guadeloupe, une autre application tente d'évaluer les potentialités des zones cannières et les effets d'itinéraires techniques comportant des cycles de culture différents. Il est prévu de tester la validité du modèle en Afrique et en particulier en Côte d'Ivoire, en culture industrielle.

Les effets du stress hydrique sur l'élaboration du sucre et sur l'état hydrique des

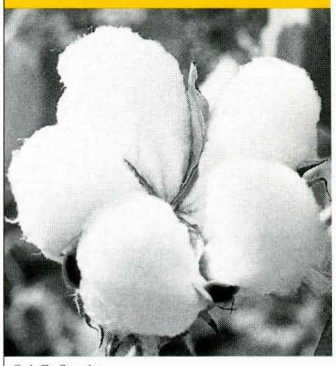
cannes sont plus complexes. Afin de prendre en compte, d'une part, l'existence de couches de sol différenciées, induisant un degré d'enracinement non homogène, d'autre part, le stress azoté, deux modèles sont en cours d'application et de validation. Le premier associe le modèle Mosicas aux bilans hydriques et azotés du modèle Ceres, en partenariat avec le laboratoire de l'Inra à Grignon. Le second adapte à la canne à sucre le modèle multiplantes Stics, en collaboration avec le laboratoire de l'Inra à Avignon. ■

La recherche face à l'évolution des filières : vers une nouvelle culture du cotonnier

La majorité de la production cotonnière des pays du Sud est exportée, alors que la part du coton sur le marché des fibres textiles diminue. Cette évolution met l'économie de ces pays dans une situation délicate. De nouvelles techniques de production, une organisation différente des filières associée à une autre démarche de recherche redonneraient une place de choix à cette fibre naturelle.

En septembre 1999, le Cirad a invité à Montpellier le secteur cotonnier africain à réfléchir sur le rôle et la place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique. Se sont réunis des producteurs africains, des agriculteurs français, des organisations professionnelles agricoles, des organisations non gouvernementales, des sociétés cotonnières publiques ou en cours de privatisation, la Compagnie française pour le développement des fibres textiles, des fournisseurs d'intrants agricoles, des organismes de financement, des organismes de coopération européens, des instituts de recherche nationaux et le Prasac. Tous sont convenus que la phase actuelle de transition comportait des inconnues pour l'avenir des filières ; alors que la Banque mondiale a insisté sur le désengagement des Etats, les bailleurs de fonds ont souligné la difficulté à encourager une forme particulière d'organisation. Si, récemment, les orientations de la recherche se définissaient simplement, force est de constater qu'avec le nombre croissant de partenaires d'autres modalités de dialogue doivent être imaginées : l'idée d'une structure de coordination interprofessionnelle a été évoquée. L'ambition de la recherche, travailler plus directement avec les agriculteurs, a été appréciée. Les participants ont marqué leur

Coton



© J.C. Streito

Arrivée du coton graine dans une cour d'usine d'égrenage au Nicaragua.

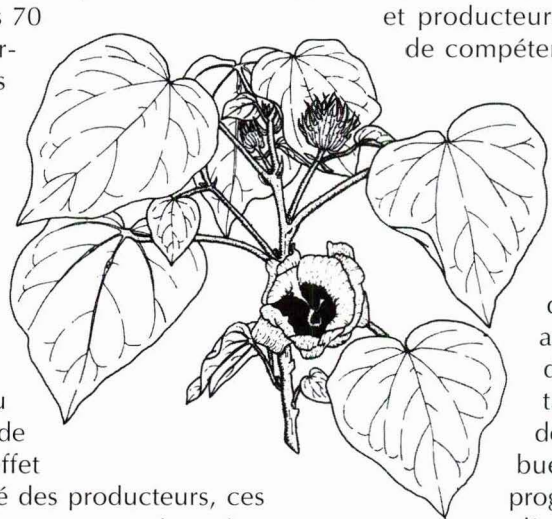
© J. Gutknecht

Qualité du coton : une solution variétale aux fragments de coque

La qualité des fibres de coton conditionne chacune des étapes de leur transformation industrielle (filature, tissage, ennoblissement). Les caractéristiques technologiques de cette matière première régissent la fixation des prix lors des échanges commerciaux et les lots de fibre contenant des impuretés peuvent faire l'objet de décotes. Actuellement, les fragments de coque de graine constituent l'une des sources majeures de pollution. Intimement liés aux fibres et peu sensibles aux systèmes de nettoyage, ils perturbent le fonctionnement des filatures, déprécient la qualité de leur production et provoquent d'importants défauts du fil. Face à ce problème, le Cirad a créé la technologie Trashcam : fondée sur l'analyse d'une image capturée par un scanner, elle identifie et comptabilise les fragments de coque présents dans un échantillon de fibre ou de fil. Elle a permis de montrer que leur formation est en partie sous contrôle génétique. Adaptée à l'analyse de faibles quantités de fibre, Trashcam autorise un tri efficace et précoce des cotonniers dans un programme d'amélioration variétale. Au Cameroun, des lignées de cotonnier à teneur réduite en fragments de coque ont ainsi été sélectionnées et fourniront bientôt une solution aux préoccupations de la filière.

volonté de surpasser le pessimisme lié au marché du coton et aux incertitudes africaines.

En Afrique de l'Ouest et du Centre, la culture cotonnière, moteur du développement entre les années 70 et 90, fait face aujourd'hui à des éléments conjoncturels difficiles, comme la morosité du marché du coton, la restructuration des filières et les prix attractifs des fibres synthétiques. L'acuité des contraintes liées aux caractéristiques des sols, à l'évolution du climat et aux ravageurs de la culture exacerbe l'effet de ces facteurs. Du côté des producteurs, ces modifications se traduisent par une rémunération plus faible de la culture. Leurs décisions relèvent dès lors d'une stratégie du moindre coût. L'itinéraire technique standard vulgarisé n'est pas toujours suivi : les agriculteurs l'adaptent sans maîtriser les conséquences à long terme. La durabilité des systèmes de culture est remise en cause.



C'est dans ce contexte que le programme coton du Cirad réoriente ses actions selon trois objectifs : une compétitivité forte dans un environnement difficile, une responsabilité accrue dans la gestion des ressources naturelles, une culture plus rémunératrice pour l'agriculteur. Cette démarche se veut interdisciplinaire et participative. Elle vise la construction d'outils d'aide à la décision et d'itinéraires techniques qui soient respectueux de l'environnement et qui répondent à la diversité des producteurs soumis à de nouveaux obstacles naturels, sociaux et économiques.

Plusieurs projets vont dans ce sens. L'adaptation d'itinéraires techniques aux contraintes locales est expérimentée au Cameroun, au Bénin, au Mali et au Sénégal ; la modélisation, associée aux essais menés avec les agriculteurs, permet de faire varier la gamme d'itinéraires et de prédire des résultats sur des sujets complexes comme les densités de semis, les régulateurs de croissance et la morphologie variétale. Au Bénin, les producteurs sont directement impliqués dans la sélection variétale. La recherche béninoise veut ainsi atteindre trois buts : améliorer l'information entre chercheurs et producteurs ; anticiper le transfert de compétence vers les agriculteurs en matière de création variétale et de multiplication semencière ; diversifier les centres de sélection afin d'intégrer les effets du milieu dans le choix des variétés. Au Mali, les agriculteurs siègent dans des structures de concertation, les Commissions des utilisateurs, qui contribuent à l'orientation des programmes de la recherche malienne. Ce changement récent montre à quel point la recherche doit être attentive aux mutations institutionnelles qui sont à la source de partenariats d'un nouveau type. ■

Suivi du marché mondial du riz et conjoncture

Le suivi du marché mondial du riz a débuté en 1989 avec le projet d'Observatoire de statistiques internationales sur le riz en partenariat avec l'Office national interprofessionnel des céréales et l'Agence française pour le développement. L'objectif était de mieux analyser les dynamiques rizicoles nationales et régionales des pays du Sud en prenant en compte la dimension internationale des marchés du riz. Aujourd'hui, ces connaissances sont valorisées sous forme de diverses publications, parmi lesquelles on peut citer les notes de conjonctures mensuelles sur le marché mondial du riz et le bilan du marché du riz publié chaque année par le Cirad. Les notes de conjonctures mensuelles sont diffusées par courrier électronique, en français et en espagnol, dans cinq pays d'Afrique, trois pays d'Asie, neuf pays d'Amérique latine et en Europe. De plus, avec l'appui de la coopération française, un réseau d'observatoires sur le riz en Afrique de l'Ouest se constitue, fédérant des partenaires de la recherche et du développement, des bureaux d'études et des services de statistiques africains au Mali, au Sénégal et en Guinée.

Mieux exploiter la diversité génétique du sorgho.

© J. Gutknecht

Ressources génétiques du sorgho : stratégies d'élaboration de *core collections*

Le sorgho, *Sorghum bicolor,* est une céréale aujourd'hui cultivée sur tous les continents. Sa tolérance aux conditions de sécheresse lui confère un grand intérêt dans les régions tropicales semi-arides et sa culture est devenue un élément majeur dans l'alimentation humaine des pays en développement. A l'heure actuelle, il existe une collection mondiale des variétés traditionnelles de sorgho, conservée par l'Icrisat, en Inde, comprenant 22 473 variétés bien décrites sur les plans morphologique et agronomique. Cependant, la taille importante de cette collection pose des problèmes de gestion et de valorisation des ressources génétiques du sorgho. C'est pour rendre cette collection plus facilement exploitable que des *core collections* sont proposées. Une *core collection* est un ensemble de taille réduite qui représente au mieux la diversité génétique contenue dans la collection de base. Elle doit permettre de concentrer les efforts de caractérisation et d'évaluation sur un ensemble restreint.

Comment choisir les variétés pour constituer une *core collection* ? C'est l'objet d'une récente thèse, réalisée en collaboration entre le Cirad et l'Icrisat, où différentes stratégies de choix ont été appliquées à la collection mondiale des variétés traditionnelles de sorgho. L'étude descriptive de cette collection a permis de rendre compte d'une très grande variabilité morphologique et agronomique au sein des variétés traditionnelles de sorgho. Toutes les origines géographiques et les races de sorgho y sont bien représentées. Chaque race peut ainsi être caractérisée par des tendances majeures, comme les panicules lâches, de la race guinea, ou compactes, de la race dura.

La première stratégie employée est fondée sur la stratification de la collection de base selon un critère d'intérêt, suivie d'un tirage aléatoire au sein des groupes formés. La sensibilité à la photopériode, très importante pour la culture du sorgho, a été choisie comme critère. Quatre

© C. Poisson

Création variétale de riz en collaboration avec les Semences de Provence

L'Union des coopératives agricoles des semences de Provence (Ucasp) et le Cirad sont associés depuis 1999 dans un programme de création variétale de riz pour la Camargue, conduit avec le soutien financier du Centre français du riz. L'Ucasp apporte son matériel végétal, un laboratoire performant d'haplodiploïdisation, ses compétences de semencier et la maîtrise de la filière du riz en France méditerranéenne. Le Cirad apporte des ressources génétiques spécifiquement créées depuis dix ans pour la Camargue, ainsi qu'une liaison avec la protection des cultures, la physiologie et la technologie. Exploitant tour à tour les installations du Cirad à la Guadeloupe et le laboratoire de l'Ucasp, le programme optimise le temps d'obtention des lignées haplodiploïdes. En 1999, cinq variétés ont été proposées au catalogue variétal et deux variétés de haute qualité de grain ont fait l'objet d'une demande de protection de la propriété végétale pour leur valorisation commerciale. D'autres variétés vont suivre à court terme pour répondre à la demande des producteurs et du marché. La valorisation de ces variétés en Europe et au-delà, dans l'ensemble des pays rizicoles, est en cours.

groupes de photopériodisme, d'effectifs très déséquilibrés, structurent ainsi la collection de base, avec des variétés photo-insensibles et moyennement photosensibles peu représentées. Ensuite, trois tirages aléatoires ont été effectués en prélevant dans chaque groupe des effectifs constants, des effectifs proportionnels à la taille des groupes et des effectifs proportionnels au logarithme de la taille des groupes. La comparaison des diversités morphologiques et agronomiques retenues avec chacune de ces trois techniques d'échantillonnage a conduit à choisir l'échantillonnage logarithmique (stratégie L). En effet, ce dernier a permis de bien représenter la diversité étudiée pour une large gamme de sensibilité à la photopériode. Deux autres stratégies, non aléatoires, ont aussi été appliquées : la stratégie taxonomique (stratégie T) a retenu les variétés selon leur origine géographique, leur appartenance raciale, puis leurs caractéristiques morphologiques et agronomiques ; la stratégie PCS, fondée sur des analyses multivariées, a conduit à choisir des variétés contribuant à représenter au mieux la variabilité morphologique et agronomique.

Ces trois sous-ensembles (L, T et PCS), retenant chacun 1 % de l'effectif initial, ont été comparés à la collection de base et entre eux. Globalement, la diversité morphologique et agronomique retenue dans chacun des sous-ensembles est représentative de celle de la collection de base. La diversité moléculaire a aussi été appréciée et des valeurs de richesse allélique élevées et similaires pour les trois sous-ensembles ont été obtenues. Cependant, l'étude individuelle des caractères a permis de déceler des différences entre les trois sous-ensembles. La collection obtenue avec la stratégie PCS ne présente pas de différence significative avec la collection de base, tendant ainsi à rendre une image fidèle de la collection des variétés traditionnelles. A l'inverse, la collection obtenue avec la stratégie L montre une modification de la distribution des caractères liés au photopériodisme.

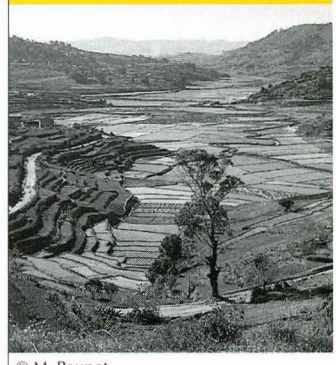
En conclusion, la stratégie L, permettant de retenir une diversité pour une large gamme de sensibilité à la photopériode, présente un intérêt certain pour les programmes de sélection. La caractérisation et l'évaluation exhaustive de ce sous-ensemble devraient permettre de mieux exploiter la diversité présente dans les différents groupes de photopériodisme. La stratégie PCS effectue un choix de variétés qui décrit au mieux la collection de base en éliminant les redondances. Elle permet de représenter la collection de base sur un ensemble de taille manipulable pour des évaluations exhaustives de caractères d'intérêt. La stratégie T conduit à un sous-ensemble très diversifié englobant des variétés présentant des intérêts agronomiques particuliers de caractéristiques de grain ou de qualité fourragère, destinées à des utilisations spécifiques dans certaines régions. Ainsi, les informations disponibles et les objectifs d'utilisation de la future *core collection* sont déterminants pour le type de stratégie à employer. Le Cirad travaille déjà à l'exploitation de la collection obtenue avec la stratégie L dans une perspective d'amélioration variétale. ■

Agriculture familiale au Brésil : comprendre les évolutions et raisonner les choix techniques

Au cœur des savanes brésiliennes, le Cirad et l'Embrapa accompagnent le développement des petites exploitations de Silvânia depuis les années 90. Autrefois menacées de disparition, elles ont réussi à s'intensifier, grâce à la production laitière, et à accéder au marché et au crédit. Simultanément, de nouvelles questions sont apparues : pourquoi certaines exploitations demeurent-elles à l'écart de cet essor ? Quelle est la durabilité des nouveaux systèmes de production ? Comment extrapoler ce progrès local à l'échelon régional ? Ces interrogations ont motivé l'analyse « bioéconomique » des résultats des exploitations, qui se révèlent très dépendants du milieu naturel, notamment du climat. Les agronomes et les économistes du Cirad impliqués à Silvânia mais aussi au Mexique, où une étude similaire était nécessaire, ont élaboré, avec leurs partenaires (Embrapa, Cimmyt, Inifap) et avec l'appui de l'Inra (laboratoire d'Avignon), les modèles adaptés à cette analyse. Elle fait intervenir la création et le couplage d'un modèle économique de l'exploitation agricole et d'un modèle biophysique des cultures.

L'analyse n'est pas terminée mais certaines réponses sont déjà acquises. Elles montrent que la réussite de Silvânia reste fragile : des changements de prix des intrants et des produits peuvent la remettre en cause et certains milieux naturels sont trop contraignants pour qu'elle y soit possible dans les conditions économiques actuelles. Ces travaux ont également permis des avancées méthodologiques sur les modèles biophysiques et économiques ainsi que sur leur couplage. Ces modèles intègrent de nombreuses spécificités de l'agriculture familiale tropicale, ignorées par la plupart des modèles disponibles sur le marché. Le modèle économique explicite la stratégie paysanne face aux risques et introduit des options tactiques fondamentales, comme renoncer à un apport d'engrais si le climat est défavorable. Il décrit l'association entre l'agriculture et l'élevage ; il inclut la trésorerie de l'exploitation et la fonction d'épargne jouée par le bétail. Le modèle biophysique simule les effets du semis direct sur le bilan hydrique ; il intègre les stress hydriques ou azotés, la toxicité aluminique, l'asphyxie racinaire provoquée par l'excès d'eau ; il simule la croissance des mauvaises herbes.

Chacun des modèles ainsi que leur association se prêtent probablement à du conseil agricole, sous réserve d'en définir les modalités et les limites. Cela a été exploré avec les producteurs de Silvânia pour le modèle biophysique. En simulant quelques années de culture et en combinant les informations des agriculteurs avec des données mesurées, on peut proposer des améliorations de la gestion de la culture. Un des obstacles rencontrés est la mauvaise qualité des travaux de préparation du sol et des semis, entraînant une levée faible propice au développement des adventices. Ces difficultés sont surtout dues aux contraintes d'usage collectif du matériel : entretien et réglage déficients, passages lorsque l'état hydrique des sols est défavorable. Les gains de production liés à une meilleure mise en culture, qui peuvent atteindre 30 %, ont été vérifiés sur le terrain, en considérant des épisodes climatiques contrastés et en tenant compte des caractéristiques des sols. Cela a incité les producteurs à revoir leur gestion collective pour évoluer vers un calendrier plus souple et vers l'adaptation des réglages des machines aux conditions des exploitations.



© M. Raunet

Elevage bovin dans la région de Silvânia.

© L. Alias

Des problèmes de durabilité sont également observés, comme l'épuisement de la matière organique, la compaction et l'érosion des sols. Le semis direct sur couverture végétale vive, technique pratiquée chez les grands producteurs brésiliens de grain, serait intéressant. Toutefois, l'application aux fermes de polyculture et d'élevage demande des ajustements : les contraintes de sol sont plus marquées (terrain pierreux, forte pente...) et les systèmes de production plus complexes. L'analyse bioéconomique aidera à relever ce nouveau défi une fois le modèle biophysique amélioré pour qu'il simule les effets des couvertures vives sur les bilans minéraux et hydriques.

Silvânia est considéré comme un laboratoire d'étude du développement de l'agriculture familiale pour la région des savanes, région jugée par l'Etat comme la frontière agricole du pays. Alors que les grands exploitants tendent à investir dans d'autres secteurs, l'intensification des petites et moyennes exploitations est orientée vers un marché intérieur en pleine croissance. Grâce à la synergie entre les équipes du Cirad et de ses partenaires, l'expérience des grandes exploitations, longtemps bénéficiaires de la politique agricole fédérale, pourrait bientôt profiter à l'agriculture familiale, source considérable d'emplois vers laquelle l'Etat brésilien se tourne depuis quelques années.

Madagascar : les paysans s'organisent

Le projet de développement régional du Sud-Ouest malgache (Pso) participe, depuis 1994, à la naissance d'une véritable agriculture : les paysans se constituent décideurs en créant et en animant des organisations professionnelles. Cette évolution est soutenue par un partenariat franco-malgache original qui associe des travaux sur la structuration du monde rural et sur les techniques de production.

Financé par la Coopération française, le Pso est secrétaire exécutif d'un comité paritaire de développement agricole malgache, le Cros (Comité régional d'orientation et de suivi), qui est composé de représentants de l'Etat, d'opérateurs économiques, d'autorités locales, de bailleurs de fonds ainsi que d'un collège paysan. Le volet sur la structuration rurale est confié à l'Afdi, organisation non gouvernementale d'agriculteurs français. L'amélioration des systèmes de culture est traitée par le Cirad, en collaboration avec différents organismes comme l'organisation non gouvernementale malgache Tafa (Terre et développement), reconnue pour son savoir-faire. Les interactions entre structuration du monde rural et amélioration des systèmes de culture ont été particulièrement développées. Le Pso, qui commence une seconde phase d'appui élargi aux institutions agricoles du Sud-Ouest, se révèle être un tremplin de formation pour les partenaires malgaches, sur place, en France et au Brésil : l'échange et la valorisation d'expériences en sont une clé de réussite.

Le Pso a un rôle strict d'animation et de formation : le recours à des structures malgaches pour mener à bien les actions est un moyen

AdvenRun, la flore des principales mauvaises herbes de la Réunion

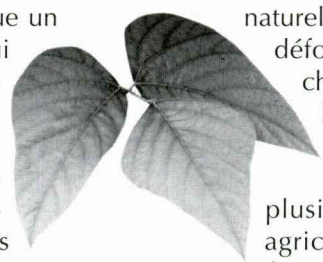
En agriculture tropicale, les mauvaises herbes provoquent 25 % de perte de récolte et leur gestion représente 30 à 50 % des temps de travaux. Le suivi raisonné de l'enherbement, le choix des herbicides et la diminution de leur effet sur l'environnement passent par une meilleure connaissance des adventices. AdvenRun, guide pratique et cédérom, décrit les adventices des cultures de la Réunion et propose les herbicides adaptés. AdvenRun permet une reconnaissance aisée grâce au portrait robot du cédérom et à la clé graphique du manuel. Ses réalisateurs, le Service de la protection des végétaux de la Réunion et le Cirad, et les partenaires financiers — Conseil général, Communauté européenne, Canne Progrès Réunion, Cerf, Association réunionnaise pour la modernisation de l'économie sucrière — ont répondu à une exigence forte : constituer un outil commun à l'agriculteur, au technicien, à l'étudiant et à l'agronome.

d'en assurer la pérennité. De nombreuses conventions ont de ce fait été signées avec des organismes publics, des sociétés privées, des Ong ou des Epic, sur des actions liées au milieu agricole et adoptées par les membres du Cros. Grâce à ces accords, certains de ces partenaires ont même pu s'installer dans le Sud-Ouest dans de bonnes conditions. L'articulation avec le Cros a permis de transférer au collège des producteurs la maîtrise d'ouvrage d'une partie des activités financées par le Pso. Ils sont intervenus dans le choix, la préparation et le suivi des conventions, ils ont travaillé à l'analyse des situations et ont proposé des évolutions. Ils ont acquis une expérience dans l'expression des préoccupations. Ce contexte d'engagement les a conduits à créer, en 1998, une association professionnelle régionale, la Maison des paysans du Sud-Ouest. Elle s'est fixé trois objectifs : améliorer la concertation entre les acteurs du monde rural, être consultée comme une profession organisée, répondre aux besoins d'intervention directe auprès des paysans. Elle comporte une représentation par région, par filière et par thème — infrastructure, financement, approvisionnement et commercialisation, information et formation, sécurité, foncier.

© D. Rollin

Sorgho associé au haricot mungo en semis direct sur les résidus de la culture précédente, à Madagascar.

La Maison des paysans est devenue un partenaire privilégié du Pso, qui lui alloue un budget dont elle décide l'affectation. Parmi les réalisations, il faut souligner un programme d'alphabétisation, une formation agricole diplômante — qui pourrait ouvrir sur des facilités de crédit rural —, la participation aux concertations sur le développement régional et la mise sur pied d'un outil d'information des agriculteurs, l'Observatoire des filières. Cet observatoire a des retombées positives sur la gestion des exploitations agricoles. Par exemple, les producteurs d'oignon ont négocié un prix attractif et contractualisé avec un exportateur ; les revendications des producteurs de coton ont été entendues et le prix du coton graine réévalué ; des formations sur l'organisation des filières du maïs et du coton sont dispensées. Un bulletin mensuel est diffusé : on peut y lire des fiches techniques, la situation des marchés par produit, les demandes des opérateurs, les comptes rendus des réunions de la Maison des paysans.

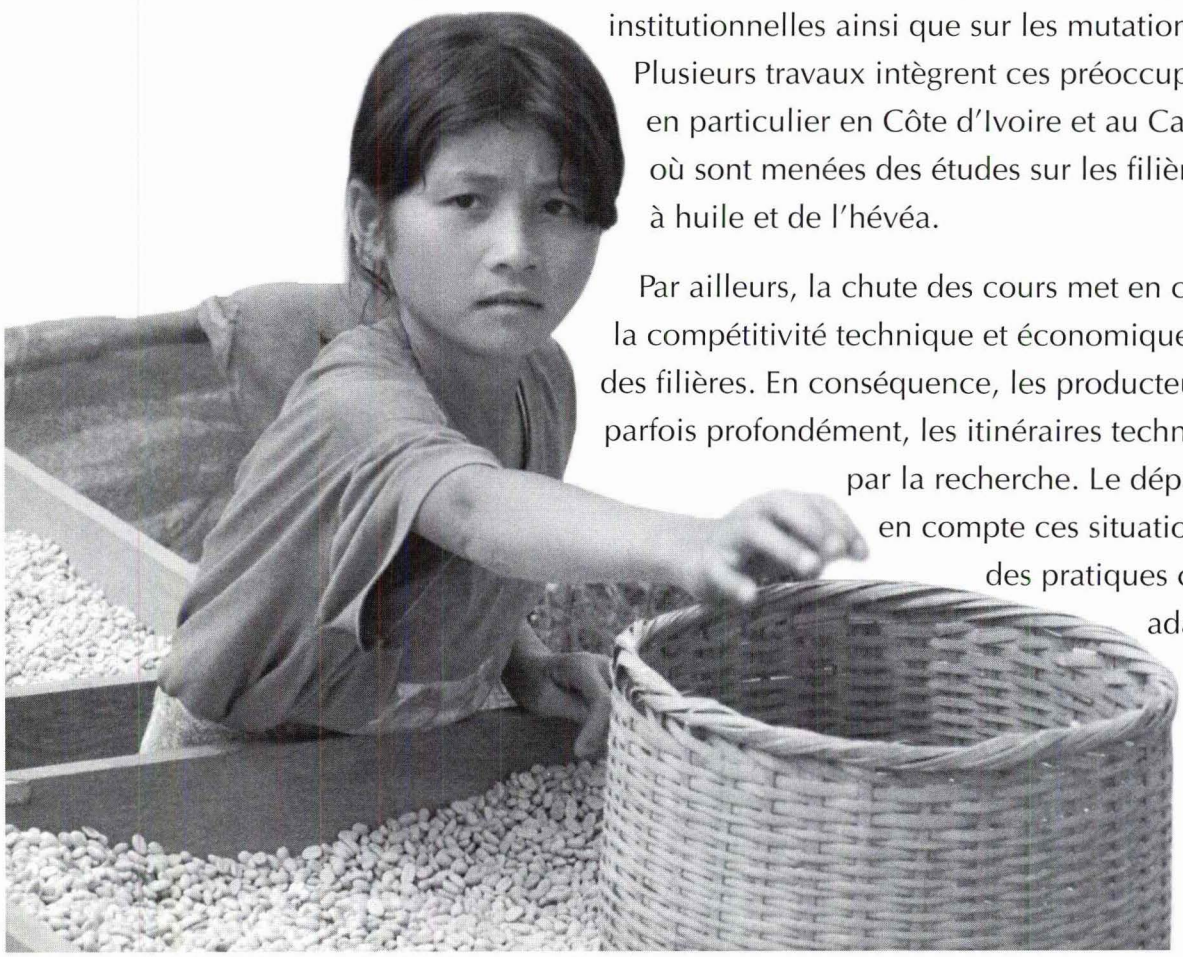


L'amélioration des techniques agricoles est aussi un enjeu capital pour le Pso. Le Sud-Ouest malgache illustre une situation difficile à cause de l'aridité de son climat (sept à dix mois de saison sèche), de la compétition aiguë entre l'agriculture et l'élevage et des caractéristiques des exploitations agricoles — agriculture familiale précaire et autarcique. Le projet est né du constat d'un déséquilibre entre les ressources naturelles et leurs modes d'exploitation : déforestation due à la production de charbon de bois et à l'agriculture sur brûlis, effet défavorable de la mise en valeur du milieu sur le débit des fleuves... Le Cirad a proposé plusieurs volets techniques : matériel agricole, matériel végétal, systèmes de culture. Certaines réalisations sont notables, comme la création d'une entreprise de production et de distribution de semences et l'installation de boutiques à gestion privée pour l'approvisionnement en intrants. Tafa et le Cirad, avec des partenaires nationaux ou extérieurs, mettent actuellement au point des systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente. Ces systèmes de culture ont fait leur preuve dans un contexte naturel et social plus facile, comme l'agriculture motorisée des savanes du Brésil. Leur adaptation aux contraintes économiques et agroécologiques du Sud-Ouest malgache ouvrira des possibilités importantes. ■

Cultures pérennes

Les orientations des recherches du département des cultures pérennes s'inscrivent dans un contexte socio-économique nouveau créé par la libéralisation des marchés et le faible niveau des cours mondiaux des productions agricoles tropicales. Le désengagement des Etats conduit, notamment, à des interrogations sur les stratégies et les modes d'organisation des acteurs, sur les dynamiques de la production villageoise et de la transformation artisanale, sur les recompositions institutionnelles ainsi que sur les mutations du foncier. Plusieurs travaux intègrent ces préoccupations, en particulier en Côte d'Ivoire et au Cameroun, où sont menées des études sur les filières du palmier à huile et de l'hévéa.

Par ailleurs, la chute des cours met en cause la compétitivité technique et économique des filières. En conséquence, les producteurs modifient, parfois profondément, les itinéraires techniques proposés par la recherche. Le département prend en compte ces situations et met au point des pratiques culturales flexibles, adaptées aux situations socio-économiques prédominantes. Des travaux sont en cours sur les systèmes



© D. Duris

de culture associant des plantes pérennes et des cultures vivrières, notamment sur le cocotier au Vanuatu et sur le palmier à huile et l'hévéa au Cameroun. Ces travaux utilisent diverses méthodes : modélisation, enquêtes, essais en milieu paysan.

Les études sur la cacaoculture durable, le potentiel des semences du palmier à huile ou l'amélioration de sa productivité en Indonésie visent aussi à renforcer la compétitivité des filières.

Dans un tout autre domaine, la libéralisation a aussi fait émerger de nouvelles règles de valorisation des cultivars et amène le département à renouveler ses partenariats. Un réseau international pour la recherche en amélioration génétique du cacaoyer et une étude participative sur la diversité génétique du cocotier intègrent ces préoccupations.

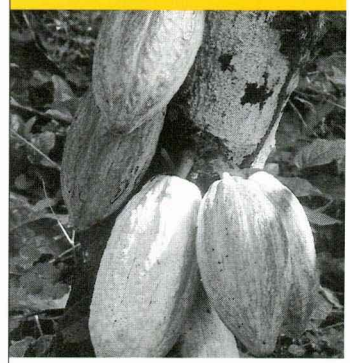
Enfin, l'influence de la déforestation sur le changement climatique est un problème important pour la recherche, ce qui a incité le département à lancer des travaux sur la séquestration du carbone par les plantations de cultures pérennes. ■

Un réseau international pour l'amélioration génétique du cacaoyer

Financé principalement par le Cfc, le projet Utilisation et conservation des ressources génétiques du cacaoyer a pour objectif de créer un réseau pour mieux valoriser ces ressources et de dynamiser les échanges internationaux. Y participent des centres de recherche de dix pays producteurs d'Amérique latine, d'Afrique et d'Asie ainsi que l'université de Reading et le Cirad. La coordination est assurée par l'Ipgri, en collaboration avec le Cirad. Depuis avril 1998, ce réseau met en place des essais internationaux de clones et des essais d'hybrides, caractérise des génotypes en collection, échange du matériel végétal, crée et sélectionne des variétés améliorées, en particulier pour leur résistance aux maladies.

La distribution à chaque pays producteur, à partir des centres de quarantaine du Cirad et de l'université de Reading, d'une vingtaine de clones, choisis pour leur valeur agronomique, leur résistance aux maladies et leur diversité génétique, est achevée. Auparavant, la phase de confirmation de l'identité des clones de chaque pays a conduit à écarter, à l'aide de marqueurs moléculaires microsatellites, plusieurs cacaoyers hors-types. Ces clones sont déjà comparés au champ en Equateur, en Malaisie et en Papouasie-Nouvelle-Guinée à des clones sélectionnés localement. Ils sont évalués à l'aide de méthodes standardisées, notamment pour la résistance à la pourriture brune et au balai de sorcière. Les protocoles ont été définis lors du premier atelier organisé par le projet en 1998. La résistance de 15 clones à 32 isolats de *Phytophthora palmivora, P. megakarya* et *P. capsici* provenant des dix pays producteurs a déjà été étudiée à Montpellier. Par ailleurs, au Ghana et au Cameroun,

Cacao



© C. Lanaud

Clones de cacaoyer de l'essai international plantés en Equateur.

© A.B. Eskes

Initiatives sur la cacaoculture durable

L'Icco, les pays producteurs, des industriels et des organismes de recherche ont signé une déclaration d'intention marquant leur engagement à promouvoir une production de cacao qui soit moteur d'un développement économique durable, respecte l'environnement et assure un approvisionnement du marché en fèves de qualité. La signature de cet accord par le Cirad concrétise la réflexion engagée lors de l'étude prospective de la filière réalisée en 1998 et confirme l'intérêt de ses recherches sur des systèmes de culture plus stables et reproductibles. Les principaux travaux portent sur l'amélioration génétique du cacaoyer au sein du réseau international, la lutte intégrée contre la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire, au Cameroun, à la Trinité et à Montpellier, la mise au point d'itinéraires techniques de réhabilitation et de replantation à São Tomé et en Equateur, l'identification des besoins en matériel végétal amélioré au Cameroun. En outre, à la demande de l'Icco, le Cirad coordonne la construction d'un ambitieux programme international pour les prochaines années. Enfin, il s'est engagé, aux côtés notamment de l'Iita et du Cabi, dans le futur programme sur les systèmes de culture à base de plantes pérennes en Afrique.

des tests d'évaluation de la sensibilité aux mirides ont montré des différences significatives entre clones. La diversité de la collection internationale de cacaoyers de la Trinité, gérée par la Cocoa Research Unit, est utilisée pour améliorer la résistance au *Phytophthora* et au balai de sorcière ; les résultats des travaux de sélection de la première année sont encourageants. La caractérisation moléculaire et morphologique ainsi que l'évaluation de cette banque de gènes contribuent à la constitution d'une collection de travail qui sera distribuée à la fin du projet. Une première liste de 452 génotypes candidats à cette collection a été établie.

La connaissance du matériel végétal est exploitée pour créer de nouveaux génotypes plus performants par hybridation. Plus de 600 croisements ont été réalisés et sont actuellement évalués pour la résistance à la pourriture brune, au balai de sorcière et au virus du *swollen shoot,* dans les pays concernés par ces maladies. Déjà, 25 hectares d'essais de clones ou d'hybrides sont plantés sur un total prévu de 50 hectares, fournissant ainsi un outil expérimental de grande envergure pour l'amélioration génétique du cacaoyer. ■

Café

© P. Jadin

Lutte contre l'anthracnose des baies du caféier Arabica

L'anthracnose des baies du caféier Arabica *(Coffee Berry Disease)* est une maladie due à un champignon, *Colletotrichum kahawae*, qui provoque une pourriture molle des fruits, suivie de leur chute. Décrite pour la première fois au Kenya en 1922, cette maladie s'est depuis répandue progressivement à l'ensemble des zones de production d'Arabica du continent africain, sur lequel elle reste à ce jour confinée. Elle représente une menace grave en Amérique centrale et en Amérique du Sud, importantes zones de production de l'Arabica où l'environnement est favorable au développement du champignon et où les variétés cultivées sont très sensibles à cette maladie.

En l'absence de traitements phytosanitaires, les pertes de production peuvent dépasser 50 % dans les zones les plus propices à l'expression de la maladie. En fonction du régime des pluies et du type de fongicide, le nombre de traitements annuels varie de cinq à plus de dix. Cependant, l'application de ces produits chimiques présente des risques de pollution et constitue une contrainte majeure en termes de coût et de temps de travail, notamment pour les petits planteurs, majoritaires parmi les producteurs.

Un programme d'amélioration lancé au Kenya dès 1970 a permis d'obtenir l'hybride résistant Ruiru 11. Toutefois, sa diffusion a été limitée en raison des difficultés de production des semences et de l'hétérogénéité de sa qualité à la tasse. Dans le même temps, l'Ethiopie a développé un programme de sélection massale et le

Cameroun a sélectionné la variété Java, moins sensible à la rouille orangée mais dont le niveau de résistance à l'anthracnose n'a pas été clairement établi au champ. Ainsi, jusqu'au début des années 90, la diffusion de matériel végétal résistant n'a pas réellement abouti et aucune connaissance sur la diversité du pathogène n'était disponible pour adapter une stratégie de sélection.

En 1995, dans le cadre d'un projet financé par l'Union européenne, le Cirad s'est associé à la Crf, au Kenya, à l'Irad, au Cameroun, et au Cifc, au Portugal, pour identifier des génotypes durablement résistants à la maladie et parvenir à une gestion rationnelle des sources de résistance. Dans les laboratoires du Cirad à Montpellier, une caractérisation des populations du pathogène originaires des différents bassins de production a été entreprise. L'étude de la diversité des populations de *Colletotrichum kahawae* à l'aide des marqueurs moléculaires Rapd a mis en évidence deux populations génétiquement différenciées, l'une d'Afrique de l'Est, l'autre du Cameroun. A partir de ce résultat, l'évaluation du matériel végétal a été réalisée en dehors des zones de production, avec des isolats représentatifs de ces différentes populations.

Ainsi, l'analyse de la variabilité du pouvoir pathogène — à l'aide des tests en conditions contrôlées sur semenceaux et sur baies détachées — a permis d'élaborer des méthodes d'inoculation normalisées. Le test sur semenceaux a été retenu comme méthode d'évaluation précoce en raison de sa reproductibilité, alors que le test sur baies détachées est fortement soumis aux conditions de développement de ces baies et se révèle peu fiable. L'analyse des résultats n'a pas montré d'interactions entre hôte et pathogène ; en revanche, une forte variabilité dans l'agressivité des isolats a été systématiquement observée. Bien que les corrélations entre les tests de pathogénie et la résistance au champ restent à confirmer, l'évaluation par ces tests des caféiers sauvages originaires d'Ethiopie ou des caféiers en cours de sélection révèle des niveaux de résistance élevés.

Dans une prochaine phase, l'étude approfondie des descendants de croisements entre des génotypes de divers niveaux de résistance permettra d'analyser le déterminisme et l'héritabilité des facteurs de résistance. L'absence de réactions spécifiques laisse d'ores et déjà espérer l'identification d'une résistance générale et durable. ■

© D. Bieysse

Baies de caféier Arabica atteintes d'anthracnose (Colletotrichum kahawae).

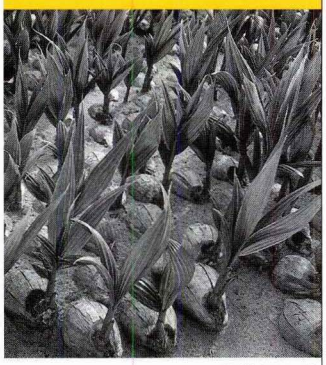
Développer les cafés spéciaux avec les pays producteurs

Les cafés dits « spéciaux » regroupent des cafés fins d'origine ou de terroirs, des cafés biologiques et écologiques, des cafés des filières du commerce équitable... Leur marché est en expansion, bien qu'il s'agisse généralement de cafés plus chers que ceux de la grande consommation. La production de ces cafés issus de filières non traditionnelles représente un double défi : augmenter la marge des producteurs et stimuler la consommation en offrant des produits originaux et de qualité. Face à cette nouvelle demande de cafés spéciaux, la recherche-développement est confrontée à plusieurs questions : comment produire et commercialiser ces différents types de café, comment définir et certifier les origines ? Le Cirad intensifie ses actions dans l'amélioration du traitement après récolte et pour le contrôle de la qualité. Il forme à l'analyse sensorielle les responsables des associations de professionnels et participe au développement de réseaux d'experts.

Torréfacteur à café artisanal.

© D. Duris

Cocotier



© C. Lanaud

Etude participative de la diversité génétique du cocotier

Les pays insulaires du Pacifique se caractérisent à la fois par un faible nombre d'espèces végétales et par une grande diversité de formes cultivées, conséquence de la sélection naturelle et du travail de domestication des hommes. Dans cet environnement limité, l'habitant des îles a développé des techniques d'exploitation optimale des ressources naturelles pour assurer sa subsistance et améliorer sa vie quotidienne.

Plante cultivée par excellence, le cocotier constitue l'exemple le plus accompli de cette exploitation. Traditionnellement, il est utilisé dans l'alimentation, l'habitat, la confection d'objets domestiques, la production d'énergie, la pharmacopée et les cérémonies coutumières.

Dans le cadre d'un projet du réseau international des ressources génétiques du cocotier, Cogent, auquel participent 14 pays de la région Asie-Pacifique, une recherche est conduite au Vanuatu afin de mieux appréhender la diversité génétique du cocotier dans cet archipel composé de 80 îles et îlots peuplés par environ 200 000 habitants.

Ce projet se justifie par l'existence d'une érosion génétique due au phénomène de pression foncière, à la concurrence d'autres cultures vivrières ou de rente — le kava en particulier —, à l'exploitation presque exclusive du cocotier pour la fabrication du coprah et enfin à une utilisation de moins en moins fréquente de matériaux traditionnels remplacés dans les villages par des produits « modernes » (tôle galvanisée, corde synthétique…).

Dans un lieu donné, la variété des noms et des usages attribués par les paysans à des morphotypes distincts constitue un indicateur de la diversité génétique. C'est pourquoi les recherches reposent sur l'étude écologique de chaque zone prospectée et sur des enquêtes auprès des communautés rurales.

Ce travail d'enquête est animé par le département de l'agriculture, avec le soutien d'un généticien du Cirad et de chercheurs nationaux du Centre agronomique de recherche et de formation du Vanuatu (Carfv). L'équipe de prospection utilise des méthodes d'enquête participatives : questionnaires collectifs avec des groupes de villageois répartis selon le sexe et l'âge, entretiens individuels, visites de plantations et de jardins. Ces méthodes permettent de valoriser le savoir traditionnel et facilitent la prise de conscience par chacun de son rôle dans la conservation des ressources génétiques. Outre les noms locaux et les usages traditionnels de chaque type de cocotier, des informations sont collectées sur les systèmes de culture et les associations avec d'autres plantes ainsi que sur les difficultés rencontrées par les planteurs pour établir les cocoteraies, produire et commercialiser le coprah. Enfin, les populations de cocotier font l'objet d'une description phénotypique *in situ* et un lot de noix est prélevé. Les plants obtenus en pépinière enrichiront la collection de cocotier du Carfv.

Les populations de Grands du Vanuatu sont ainsi apparues intéressantes pour leur bonne adaptation aux différentes écologies locales et pour leur résistance à la maladie endémique du dépérissement foliaire.

Par ailleurs, les informations sur le lieu de collecte et les caractéristiques des populations prospectées sont enregistrées dans la base internationale des ressources génétiques du cocotier commune aux pays du réseau Cogent.

Les premiers résultats sur sept villages mettent en évidence une grande diversité de types de cocotier distingués par les paysans — 12 noms en moyenne par village — et une multitude d'usages connus — jusqu'à 24 recensés pour un seul village — mais parfois tombés en désuétude, comme la fabrication de corde en fibre de coco. Si des morphotypes apparaissent comme de simples variants, par exemple pour

Villageois participant à une enquête sur le cocotier.

la couleur des noix, ou résultent de mutations connues (forme sans épillets, spicata), certains d'entre eux semblent constituer des cultivars distincts, sélectionnés au fil des générations pour leurs caractéristiques particulières. Ainsi, 28 accessions ont été collectées jusqu'à présent. L'analyse de leur génome par microsatellites permettra de confirmer ces hypothèses.

La diversité génétique du cocotier au Vanuatu a donc été jusqu'ici sous-estimée et faiblement valorisée. La production d'une documentation en langue locale est en cours d'élaboration et encouragera la préservation des cultivars locaux, aux usages multiples et spécifiques, tout en maintenant l'utilisation de cultivars améliorés à haut rendement pour la production de coprah.

Modélisation de la croissance et du fonctionnement du cocotier

La maîtrise de la productivité est l'un des facteurs clés de l'optimisation économique des exploitations à base de cocotier. Elle passe par le choix de plantes associées au cocotier et d'itinéraires de culture adaptés à des contextes locaux variés.

La gestion de la productivité des cocoteraies se fonde généralement sur des acquis empiriques. Les informations sur l'effet des traitements expérimentaux au champ permettent de dégager des modèles de prédiction de type statistique. Cependant, l'obtention de ces résultats au champ est longue et coûteuse. De plus, ces modèles ne prennent pas en compte le fonctionnement physiologique des cocotiers et des plantes associées, ce qui limite fortement la prévision sur le long terme. Enfin, ils sont rarement transposables à d'autres conditions de culture — cultivar, environnement, association — en raison notamment des interactions entre le génotype et l'environnement.

Afin d'élargir le domaine de validité des résultats et d'affiner la prédiction de la productivité des systèmes testés, le Cirad s'est orienté vers une modélisation de la croissance et de la production fondée sur l'architecture et la physiologie de la plante ainsi que sur le climat. Les paramètres principaux qui déterminent la réponse des plantes à l'environnement ont été mesurés sur un cultivar hybride de cocotier au Vanuatu. Ils sont regroupés au sein d'un modèle déterministe qui synthétise les aspects essentiels du fonctionnement.

Mesure de la photosynthèse du cocotier au Vanuatu.

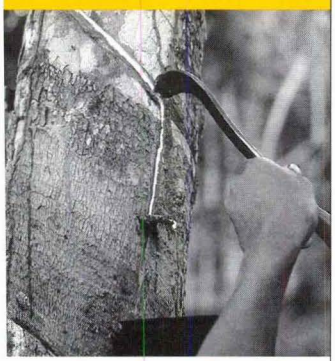
© C. Jourdan

La quantité de lumière interceptée par les couronnes peut être calculée sur des maquettes en trois dimensions. L'activité photosynthétique de la feuille selon l'éclairement a été mesurée au champ et modélisée à l'échelle de la plante entière. La transpiration de l'arbre est estimée par la mesure du flux de sève, méthode adaptée aux palmacées par le Cirad. Les respirations d'entretien et de croissance sont également modélisées. Le bilan quotidien de carbone dérivé des échanges gazeux est calculé en tenant compte des variables climatiques. Parallèlement, les observations de la croissance des différents organes permettent de valider ce bilan. L'organogenèse, la morphogenèse et l'allocation de carbone par organe ont été modélisées à partir des observations de terrain, réalisées au cours de trois ans de recherche en collaboration avec la Philippine Coconut Authority. Après validation des simulations dans des conditions de plantation et d'environnement variées, le modèle sera utilisé pour prévoir le rendement.

En outre, il est possible de modéliser la lumière transmise à la culture intercalaire, quelles que soient la densité et la hauteur des cocotiers. Des courbes expérimentales relient la production de la culture intercalaire à la lumière transmise. La vitesse de croissance des racines et leur interaction avec celles des arbres voisins sont estimées afin de définir les effets de compétition. D'autres facteurs limitants, nutritionnels et hydriques notamment, sont étudiés. Différents scénarios d'association de cultures à base de cocotier peuvent donc être testés sur ordinateur, en vue d'optimiser le rendement selon la nature des espèces cultivées, leur densité respective et leur âge.

L'objectif final de ces études de modélisation reste d'améliorer le revenu des planteurs. Une autre application prometteuse est l'évaluation de l'impact des cocoteraies sur la séquestration du carbone atmosphérique. Dans le cadre du changement climatique, cet objectif s'inscrit dans les recommandations du protocole de Kyoto sur la réduction des émissions des gaz à effet de serre et est conforme à la clause de subvention des cultures favorisant cette séquestration. Pour évaluer le pouvoir de séquestration des plantations, des mesures d'échanges de carbone seront entreprises à l'échelle du couvert végétal afin de modéliser le fonctionnement des parcelles selon le climat. ■

Hévéa



© A. Diez

Recherche en réseau sur la culture *in vitro* de l'hévéa

A partir du début des années 80, le Cirad a conduit des recherches sur la propagation de clones entiers par culture *in vitro*. Trois partenaires ont été associés à ce projet. Dès son début, le Cnra, organisme de recherche ivoirien, a participé à la mise au point du procédé d'acclimatation des vitroplants, réalisé des essais agronomiques et fourni au Cirad du matériel végétal. Ces dernières années, Michelin, en France, et le Rrit, institut de recherche sur le caoutchouc en Thaïlande, ont utilisé des procédés du Cirad pour produire des vitroplants dans leurs propres laboratoires et en évaluer les caractéristiques agronomiques sur différents sites écologiques en plantations industrielles ou expérimentales.

De 1992 à 1999, 5 500 vitroplants d'hévéa, issus d'embryogenèse somatique selon une technique mise au point par le Cirad, ont été testés au champ en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud. Dans ces essais, les vitroplants présentent des caractéristiques de juvénilité intermédiaires entre celles des plants issus de graines et celles des plants greffés. Des travaux sont en cours pour évaluer l'intérêt agronomique d'un tel phénomène.

Après une période de recherches et de mises au point, la micropropagation *in vitro* de l'hévéa devient une réalité. Cette pratique intéresse bien évidemment l'amélioration génétique pour la création variétale. Dans les schémas actuels de sélection, le greffage sur porte-greffes génétiquement hétérogènes alourdit les dispositifs d'évaluation et, surtout, atténue l'expression de la variabilité génétique des nouveaux hybrides. Les

Plantules d'hévéa issues d'embryogenèse somatique.

rendre économiquement viable. Une autre priorité concerne l'évaluation des vitroplants au champ car la plus-value agronomique est essentielle pour l'appréciation de la validité du procédé. La diversité écologique des sites d'essais proposés par les partenaires est appréciable puisqu'elle permet de prendre en compte les besoins et les contraintes des différents types d'hévéaculture au cours des recherches. Il est donc souhaitable de renforcer les relations entre les partenaires, par exemple avec une organisation en réseau, pour créer une réelle synergie tant pour la micropropagation en laboratoire que pour la valorisation des essais agronomiques. ■

techniques de micropropagation permettront de sélectionner des clones entiers plus performants que les clones de greffe, par l'exploitation d'une plus grande variabilité. Il devient alors possible de sélectionner le système racinaire pour la vigueur, la tolérance à des pourridiés des racines, tel celui causé par *Fomes*, l'adaptation à certains sols ou à des conditions de sécheresse relative en zone non traditionnelle.

En outre, depuis 1994, le Cirad conduit des recherches en biologie moléculaire et en transformation génétique pour améliorer certaines caractéristiques de production de latex, notamment la résistance au stress oxydatif, chez des clones d'élite. Une technique de transformation par *Agrobacterium tumefaciens* est en cours de mise au point sur cal friable embryogène.

Actuellement, les recherches du Cirad en culture *in vitro* de l'hévéa se focalisent sur l'application du procédé aux meilleurs clones recommandés en hévéaculture et sur l'amélioration de son rendement pour le

Augmenter la capacité d'usinage du caoutchouc du Vietnam

Cinq usines ont été construites dans le sud du Vietnam, avec l'appui du Cirad, dans le cadre du projet de réhabilitation agricole financé par la Banque mondiale. Elles sont installées sur des plantations de la General Rubber Corporation, qui gère 260 000 hectares de plantations d'hévéa. De 1995 à 1999, en accord avec Terres rouges consultants, un technologue du programme hévéa a apporté sa contribution à la conception, la réalisation et la mise en route de ces nouvelles usines. Elles comportent au total sept chaînes d'usinage du latex, d'une capacité moyenne de 6 000 tonnes de caoutchouc sec par an, et deux chaînes de fonds de tasse, d'une capacité moyenne d'usinage de 1 500 tonnes de caoutchouc sec par an. Elles sont aussi dotées d'installations pour le traitement des eaux usées et sont conçues pour la production de caoutchoucs standardisés, commercialisés sous le label Svr (Standard Vietnamese Rubber). Grâce à leur appoint, le Vietnam a pu exporter 200 000 tonnes de caoutchouc en 1999.

Palmier à huile

© R. Huguenot

Gain de potentiel des semences sélectionnées de palmier à huile

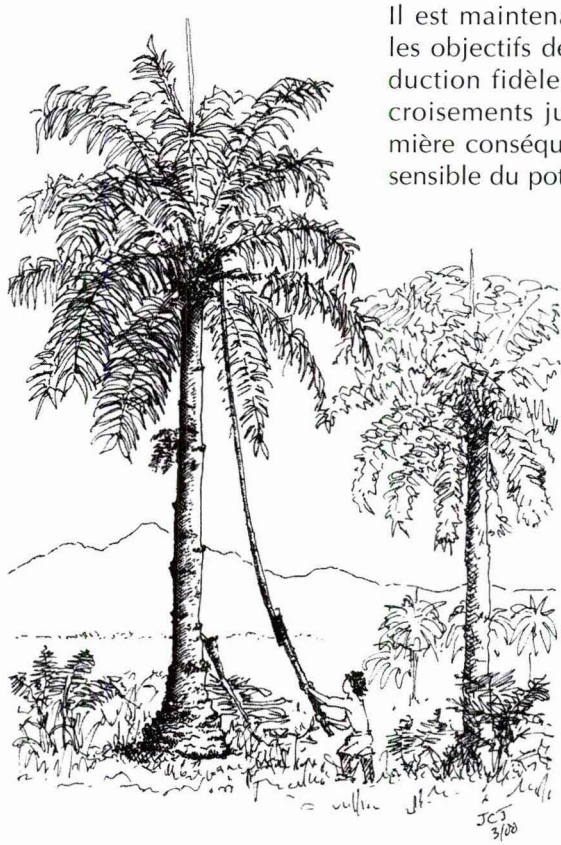
L'amélioration des variétés de palmier à huile par sélection récurrente a produit, en cinquante ans, des résultats spectaculaires pour les caractères de productivité, de résistance aux maladies et de croissance en hauteur. Mais la diffusion, par les semences, du progrès génétique aux planteurs se heurte à deux difficultés majeures.

Tout d'abord un problème de quantité : reproduire les meilleurs croisements sélectionnés n'aboutit qu'à quelques dizaines de milliers de graines alors que les besoins mondiaux en semences se comptent en dizaines de millions. Ce premier point a été assez rapidement surmonté en constituant des champs semenciers dans lesquels les parents sont multipliés par autofécondation.

La seconde difficulté est liée à la biologie florale du palmier. Chez cette espèce monoïque allogame, chaque arbre produit des inflorescences mâles ou femelles en cycles successifs ; le déterminisme du sexe et la durée du cycle résultent d'un double contrôle, génétique et environnemental. D'une part, l'amélioration du rendement tend à augmenter les cycles femelles, qui donnent les régimes ; d'autre part, les stress de toute nature, notamment hydriques, nutritionnels et physiologiques, influent fortement sur la sexualisation, qui sera d'autant plus féminine que les conditions sont « favorables ».

Il se trouve que l'un des parents utilisés pour la production de semences présente une quasi-stérilité femelle et doit donc être obligatoirement pris comme pollinisateur. Ces arbres, sélectionnés pour leur aptitude au rendement, le plus souvent cultivés dans des écologies favorables et qui, de plus, ne sont pas soumis à l'épuisement consécutif à la production de régimes, cumulent tous les effets favorables à une forte féminité et peuvent rester dix à quinze ans sans produire une seule inflorescence mâle. L'obtention de pollen en quantité suffisante pour la production de semences est donc un problème majeur, qui limite la diffusion des meilleures variétés.

Parmi les méthodes testées pour remédier à cette difficulté, la suppression instantanée de la totalité de la surface foliaire a induit, vingt à vingt-quatre mois après, chez plus de 90 % des palmiers pisifera, l'émission de nombreuses inflorescences mâles. Cette technique, qui permet une production de pollen abondante et programmable, est maintenant appliquée en routine dans les stations productrices de semences des partenaires du Cirad. Les échanges de pollen favorisent ainsi une large distribution des meilleurs pisifera et assurent un gain de qualité du matériel végétal.



Il est maintenant possible d'atteindre les objectifs de sélection par la reproduction fidèle d'un nombre limité de croisements jugés supérieurs. La première conséquence est l'augmentation sensible du potentiel de production des palmiers issus de semences sélectionnées, donc la valorisation du progrès génétique disponible en station.

En Afrique, la production de semences résistantes à la fusariose est un enjeu majeur. Là encore, la possibilité d'utiliser les meilleurs pisifera garantit la diffusion d'un matériel végétal à la fois plus résistant à cette maladie et haut producteur.

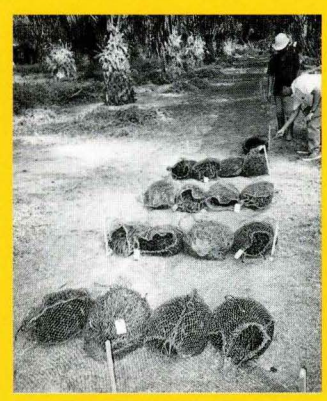
Palmier élagué.

© T. Durand-Gasselin

Un autre avantage de la stimulation de la production de pollen est d'intégrer rapidement de bons pisifera dans les programmes d'amélioration génétique. Bien souvent, cette intégration était retardée, parfois de dix ans, par l'absence de production de pollen. ■

Améliorer la conduite et la productivité du palmier en Indonésie

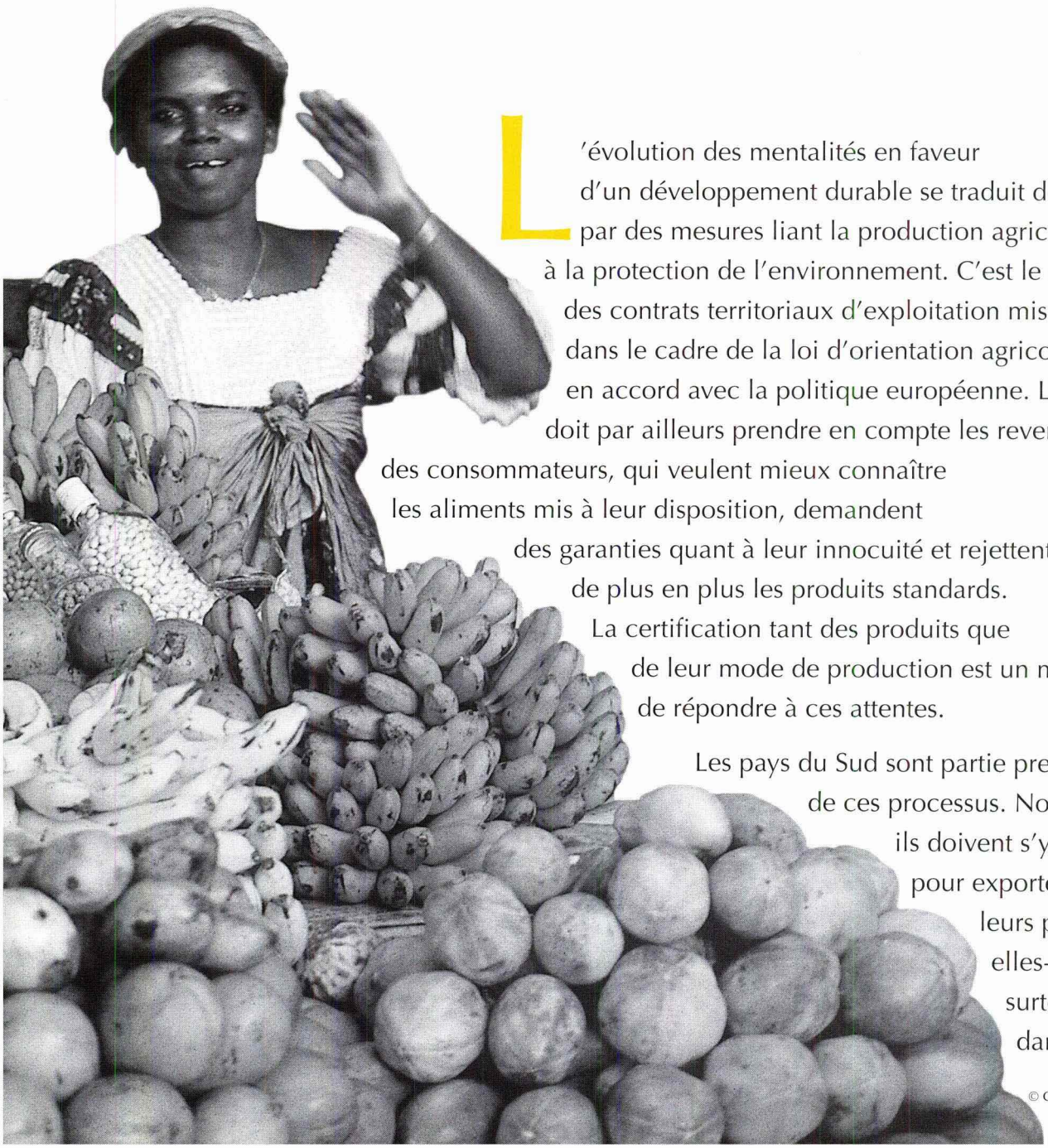
Dès 1996, le Cirad a apporté son appui technique en gestion de la nutrition minérale et de la fertilisation à PT Smart, leader mondial des plantations de palmier à huile. Début 1999, un accord a été conclu entre les deux partenaires pour sept ans, en vue de développer des activités de recherche-développement. L'objectif est d'améliorer la conduite de la culture à chacun de ses stades. La nutrition minérale et la gestion des sous-produits, de la matière organique et de l'eau constituent, avec le développement de systèmes d'aide à la décision, les principaux thèmes du programme d'agronomie. En défense des cultures, l'objectif est de protéger les plantations par des moyens de lutte intégrée éprouvés. Les transferts de technologie se poursuivent par la formation continue, assurée sur place, et par l'organisation de stages dans les structures du Cirad. A travers cette collaboration, PT Smart accède à l'ensemble de l'expertise du Cirad, qui valorise ainsi son savoir-faire tout en développant de nouveaux axes de recherche pour la filière du palmier. Cet accord doit bénéficier également aux petits planteurs, qui profitent directement des résultats obtenus puisque 20 % des surfaces encadrées par PT Smart concernent des plantations villageoises, soit près de trente mille familles.



© J.-P. Caliman

Rafles de palmier à huile pour l'étude de la nutrition minérale.

Productions fruitières et horticoles



L'évolution des mentalités en faveur d'un développement durable se traduit désormais par des mesures liant la production agricole à la protection de l'environnement. C'est le sens des contrats territoriaux d'exploitation mis en place dans le cadre de la loi d'orientation agricole française, en accord avec la politique européenne. L'agriculteur doit par ailleurs prendre en compte les revendications des consommateurs, qui veulent mieux connaître les aliments mis à leur disposition, demandent des garanties quant à leur innocuité et rejettent de plus en plus les produits standards. La certification tant des produits que de leur mode de production est un moyen de répondre à ces attentes.

Les pays du Sud sont partie prenante de ces processus. Non seulement ils doivent s'y adapter pour exporter, mais leurs populations elles-mêmes, surtout dans les villes,

© C. Lanaud

attachent une importance croissante à la qualité de leur alimentation.

Les débats suscités par la mondialisation des échanges montrent bien que ces tendances fortes entraînent par réaction une segmentation des marchés et un affichage de l'origine des produits.

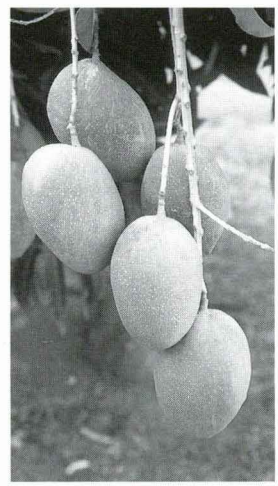
Les fruits et les légumes, symboles d'une alimentation saine, bénéfique à la santé, sont parmi les productions les plus directement concernées par ces évolutions. Dans ce contexte, le département des productions fruitières et horticoles du Cirad prend une part active aux débats et élabore des propositions. De concert avec l'Inra, il a par exemple organisé en 1999 un séminaire sur les systèmes de production durable des fruits et légumes autour des thèmes de l'agriculture raisonnée, de la santé des consommateurs, du cahier des charges relatif aux pratiques culturales. Sur le terrain, notamment dans les départements et territoires d'outre-mer, il apporte un appui scientifique et technique aux différents intervenants de la filière et contribue à l'établissement de mesures environnementales ainsi que de dispositions pour la certification des produits. ■

Qualité des produits et partenariat dans le Pacifique sud

En 1994, afin de prévenir tout risque pour la santé humaine, la Nouvelle-Zélande se dote d'une nouvelle réglementation phytosanitaire qui interdit les traitements après récolte à l'aide de fumigants. Pays tempéré, elle se prive ainsi d'un accès aux produits tropicaux de Nouvelle-Calédonie. En effet, les mouches des fruits infestent toute une gamme de fruits et de légumes qui y sont cultivés, et le traitement destiné à éviter d'introduire des insectes dans les pays importateurs est réalisé par fumigation. Le Cirad et l'institut de recherche horticole néo-zélandais, HortResearch, vont alors collaborer en Nouvelle-Calédonie pour mettre au point des procédés non chimiques afin de rendre à nouveau possible l'exportation de produits frais.

La recherche s'est d'abord intéressée aux mouches des fruits et à leurs hôtes. Des collectes d'insectes ont permis d'identifier les espèces qui sévissent dans la région et d'évaluer leur importance relative. Puis, des essais en laboratoire ont abouti à la séparation des fruits et légumes candidats à l'exportation en deux groupes : ceux qui n'ont rien à craindre des mouches (non-hôtes) et ceux qui les attirent (hôtes). L'ananas, la courgette et la citrouille, qui ne sont pas hôtes, peuvent être exportés sans traitement préalable. Dans le groupe des hôtes, la mangue, la carambole, la banane, le litchi, l'aubergine, l'avocat, la tomate et le poivron doivent être désinsectisés par un traitement thermique.

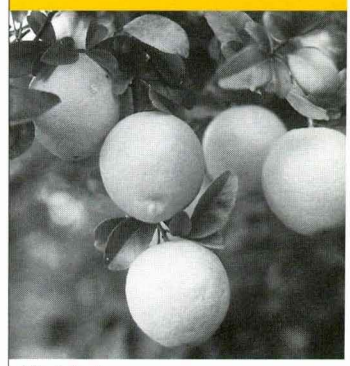
HortResearch avait déjà mis au point le traitement de la papaye à la vapeur pulsée. Après des études biologiques



La mangue, hôte de la mouche des fruits.

© O. Pruvost

Arboriculture fruitière



© B. Aubert

sur les insectes, la température et la durée d'application ont été déterminées pour les trois principales espèces de mouches en fonction du produit traité. La conservation des fruits et des légumes après leur traitement est également étudiée.

Une unité de traitement gérée par l'association des arboriculteurs et la chambre d'agriculture a été installée à l'aéroport de Nouméa. Les résultats de la recherche ont pu y être validés à l'échelle commerciale. Le ministère de l'agriculture néo-zélandais a déjà donné son agrément pour le poivron, l'aubergine et la mangue. Leur exportation peut donc reprendre. Les recherches portent maintenant sur le traitement par le froid des fruits qui, comme l'avocat ou le litchi, ne supportent pas la chaleur.

L'excellente collaboration déployée par le Cirad et HortResearch en Nouvelle-Calédonie pour résoudre un problème ponctuel de développement les a amenés à conclure un accord-cadre de coopération. Les recherches d'intérêt commun portent sur la qualité des produits destinés à des marchés éloignés, sur la génétique des agrumes — avec la contribution de l'équipe du Cirad à la Guadeloupe — et sur la lutte intégrée en culture fruitière et légumière. Ce dernier thème bénéficie de l'expérience des équipes du Cirad à la Réunion et à la Martinique.

La complémentarité de leurs compétences incite par ailleurs le Cirad et HortResearch à développer des partenariats dans la zone pacifique. Une première étude conjointe réalisée à la fin de 1999 à Tonga et à Samoa a mis en évidence des besoins importants en matériel végétal de qualité, une forte pression sanitaire sur la plupart des cultures et la nécessité de mettre en place un observatoire des marchés. C'est une approche complète de la filière qui doit être envisagée. Des études de même nature se dérouleront en 2000 dans huit autres îles du Pacifique. A terme, un projet de développement fruitier pourrait être envisagé pour l'ensemble de la région.

Améliorer la conservation de la datte

Mieux placer la datte sur le marché est la préoccupation constante des producteurs et des industriels maghrébins, dont une grande partie des produits ne répond pas aux normes de commercialisation de l'Union européenne. Or, cette dernière, à elle seule, absorbe environ la moitié de leurs exportations. Les deux principaux problèmes qui se posent sont la présence d'insectes dans la datte et sa conservation. Le Cirad, en partenariat avec la Tunisie, a mis au point en 1997 un procédé breveté de désinsectisation par micro-ondes qui préserve la qualité des fruits. En collaboration avec plusieurs industriels et l'Institut national agronomique algérien, les recherches se sont ensuite orientées vers une amélioration de la conservation, en particulier par le séchage.

La datte, qui se récolte à l'automne dans les régions méditerranéennes, contient de l'eau. Si elle n'est pas convenablement séchée, des moisissures et des réactions chimiques se développent et la rendent impropre à la commercialisation. Seule une datte contenant moins de 25 % d'eau se conserve bien et peut être consommée toute l'année. La maîtrise du séchage est par conséquent l'un des éléments fondamentaux de la qualité du produit.

Trois critères caractérisent la datte de qualité supérieure : teneur en sucres de 80 %, couleur claire et arôme, encore que ce dernier inter-

L'Europe absorbe la moitié des exportations de dattes du Maghreb.

© Cirad-flhor

vienne relativement peu dans le choix des consommateurs. Ces caractéristiques doivent être respectées par le séchage pour que les dattes correspondent aux exigences du marché.

La couleur foncée peu appréciée de certaines dattes commercialisées est notamment provoquée par des enzymes, polyphénoloxydase et peroxydase. Des procédés, reposant entre autres sur le choix de la température de séchage, ont été proposés par le Cirad afin d'éviter le brunissement de la Deglet Nour, « doigt du soleil », la datte la plus appréciée sur le marché européen.

La stabilisation de la composition des fruits en fonction des conditions d'entreposage est un autre élément important. La connaissance des isothermes de fixation et de libération de la vapeur d'eau par la datte est indispensable pour prévoir les interactions avec l'eau de l'atmosphère environnante. La description complète du comportement de onze variétés de datte en provenance d'Algérie, d'Arabie saoudite, d'Israël et de Tunisie a été réalisée par le Cirad. Pour les industriels, il s'agit là d'un apport technique essentiel qui devrait, par l'adaptation de la technologie employée à chacun des produits, leur permettre d'assurer une qualité optimale. Ces données les aideront aussi à mieux évaluer les variétés pouvant faire l'objet d'une commercialisation. Elles seront en outre utiles pour améliorer les normes appliquées par certains pays producteurs concernant la teneur maximale en eau.

Aux industriels algériens, qui contribuent à ces recherches par leurs produits et la richesse de leurs informations, devraient se joindre prochainement des confrères marocains, tunisiens et saoudiens. Avec leur participation, le Cirad peut recommander des méthodes de séchage de la datte permettant de répondre aux impératifs du marché tant local que d'exportation. ■

Coopération franco-brésilienne en agrumiculture

© B. Aubert

Fundecitrus, organisme privé de recherche pour le développement de l'agrumiculture financé par les producteurs de l'Etat de São Paulo, au Brésil, et le Cirad mettent en place un partenariat. Avec une production de 16 millions de tonnes d'orange par an, dont la plus grosse part est destinée à la transformation, l'agrumiculture a, dans cet Etat, un poids économique considérable. Elle génère 400 000 emplois. Deux maladies bactériennes graves, la chlorose variéguée des citrus et surtout le chancre citrique, menacent toutefois cette production. Un projet de recherche sur l'épidémiologie et le contrôle du chancre citrique a été élaboré. Les travaux seront menés parallèlement au Brésil et à la Réunion, au sein du pôle de protection des plantes du Cirad. L'Inra est associé à ce projet, qui a été soumis à la Fapesp, fondation publique de financement pour les organismes de recherche de l'Etat de São Paulo.

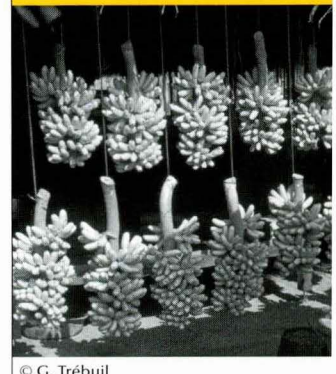
Pour un renouveau de la banane de Guadeloupe

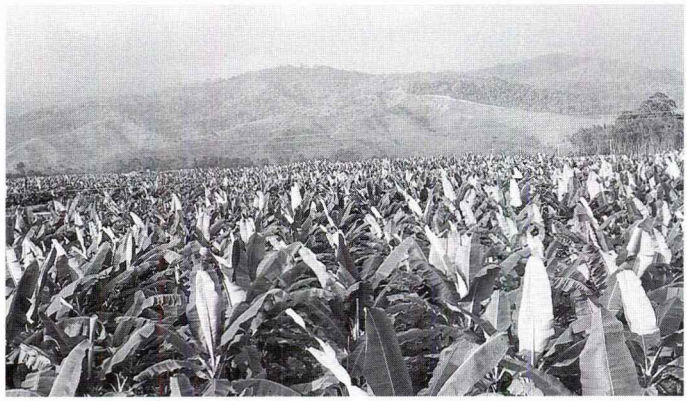
Se conformant aux décisions de l'Organisation mondiale du commerce, l'Union européenne s'oriente vers une plus grande libéralisation du marché européen de la banane. Face à la production de masse standardisée, la différenciation du produit en termes de qualité et d'image est l'une des voies qui permettraient aux petites régions productrices de mieux se positionner commercialement.

A la Guadeloupe, cyclones, sécheresses et dérèglement du marché se sont ligués pour faire chuter la production bananière de 120 000 tonnes en 1992 à 70 000 tonnes en 1998 et 1999. Une démarche concertée des pouvoirs publics, des groupements de producteurs et du Cirad a conduit à la création en juillet 1999 du groupement d'intérêt économique Agroservice, financé par l'Union européenne, l'Etat et les professionnels de la banane. Agroservice, qui a fait appel aux compétences du Cirad, est chargé de l'appui technique et économique aux petites et moyennes exploitations.

La démarche d'Agroservice a deux objectifs majeurs : d'une part, dans le cadre de la loi d'orientation agricole de juillet 1999, inciter

Bananiers, plantains et ananas


© G. Trébuil



Limiter les traitements chimiques pour une banane de qualité.

© T. Lescot

les planteurs à négocier des contrats territoriaux d'exploitation ; d'autre part, rechercher une différenciation de la banane guadeloupéenne afin de la placer en position plus favorable sur le marché.

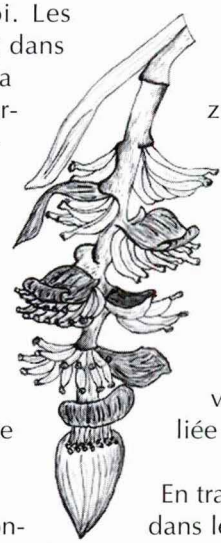
Le contrat territorial d'exploitation reconnaît et rémunère le caractère multifonctionnel d'une activité agricole bien conduite, laquelle contribue à la production, à la protection et au renouvellement des ressources naturelles, à l'équilibre du territoire et à l'emploi. Les contrats sont négociés individuellement dans le cadre d'une démarche collective. A la Guadeloupe, les premiers contrats concernent les bananeraies d'altitude, pour lesquelles un cahier des charges a été proposé par le Cirad à la demande de la commission départementale d'orientation de l'agriculture. Parce qu'il offre de bonnes garanties de respect de l'environnement, le système de culture traditionnel est conservé. Mais il intègre désormais deux nouveaux aspects très liés entre eux, l'agriculture dite raisonnée et la qualité de la production.

Pour se distinguer sur le marché en répondant aux attentes des consommateurs, la banane de Guadeloupe dispose d'un premier atout, son origine. La banane d'altitude est particulièrement appréciée parce que son fruit est très ferme. A cela, les planteurs ajoutent désormais des pratiques culturales raisonnées, veillant à utiliser le moins possible de pesticides. Ainsi, grâce à une surveillance stricte, le traitement contre la cercosporiose ne dépasse pas quatre à six applications par an alors que les bananes de certaines origines en subissent jusqu'à cinquante. De plus, une méthode permettant de s'affranchir de tout traitement, au moins pendant une large période de l'année pour que le consommateur achète une « banane propre », est en cours de validation.

L'interaction entre les producteurs, les pouvoirs publics et la recherche est un atout fort pour faire sortir la banane guadeloupéenne de la crise. Dans un avenir proche, cette banane pourrait devenir un produit certifié dont les consommateurs sauront reconnaître la qualité.

Haïti : épauler les producteurs de banane plantain

Haïti produit 270 000 tonnes de banane plantain par an, ce qui place ce petit pays au dix-huitième rang mondial. Ce n'est pourtant pas suffisant pour répondre aux besoins de sa population, dont le plantain est, avec le riz, l'aliment de base.



Les plaines de l'Arcahaie, principale zone de production du plantain, approvisionnent les deux millions d'habitants de Port-au-Prince. Or la chute des rendements y est générale et conduit les producteurs à replanter tous les deux ans. Un ensemble de facteurs entre en jeu : la difficile gestion de l'eau, l'abondance des nématodes et une mauvaise disponibilité de l'azote du sol liée au manque de matière organique.

En travaillant avec les chercheurs du Cirad dans le cadre d'une recherche participative soutenue par l'Agence française de développement, les agriculteurs ont pu découvrir que les plus grands responsables de leurs difficultés sont les nématodes. Les solutions proposées sont volontairement simples. Il s'agit de planter un matériel végétal sain dans un sol sain. Une technique de pépinière a été mise au point et les plants qui en sont issus sont mis gratuitement à la disposition des agriculteurs à condition qu'ils respectent une jachère d'au moins six mois, délai indispensable pour nettoyer

Un accord avec la Compagnie fruitière

Le Cirad et le groupe Compagnie fruitière, une entreprise française qui produit 300 000 tonnes de banane et d'ananas par an au Cameroun et en Côte d'Ivoire et y emploie 12 000 salariés, ont signé une convention de coopération scientifique en mars 1999. L'accord prévoit d'associer les systèmes nationaux de recherche agricole à ce projet. Au Cameroun, l'appui du Cirad se traduit déjà par de nouvelles orientations qui auront une importante influence économique. Ainsi, la cartographie des sols et des contraintes pédologiques des 3 000 hectares de bananeraie a conduit à proposer la suppression du travail du sol sur près de la moitié des plantations. Par ailleurs, un parasitisme tellurique élevé a été mis en évidence. Pour y remédier, une meilleure utilisation des plants issus de culture in vitro *a été préconisée ainsi qu'un assainissement du sol par une période de jachère. Ces mesures auront pour effet d'augmenter la durée de vie de la bananeraie. Ce partenariat s'inscrit dans la politique de coopération avec le secteur privé que le Cirad souhaite élargir à d'autres partenaires.*

le sol. Malgré la forte pression foncière, ils parviennent à appliquer cette recommandation par petites surfaces successives et voient les rendements du plantain s'élever de 30 %. L'effet de ce progrès est tel que tous les agriculteurs qui en sont témoins sont prêts à appliquer les recommandations.

Sur cette lancée, des remèdes à la baisse de la fertilité azotée, qui a également été démontrée, sont maintenant étudiés. L'introduction de rotations culturales avec des légumineuses — par ailleurs favorables à l'élimination des nématodes — est en cours de validation par les planteurs.

Mais une nouvelle menace pèse sur la production bananière haïtienne : arrivée aux frontières du pays par la République dominicaine où elle sévit depuis 1996, la maladie des raies noires, appelée aussi cercosporiose noire, est devenue un danger inéluctable. Anticipant ce danger, l'introduction en Haïti de variétés tolérantes ou résistantes a commencé dès 1998. Leur comportement agronomique dans le milieu haïtien est en cours d'observation. Le Centre de recherches régionales sur bananiers et plantains, au Cameroun, a décidé de prêter son concours à cet effort d'introduction de matériel végétal en fournissant de nouveaux hybrides. Afin de lutter contre la maladie tout en excluant l'emploi de fongicides, des techniques de culture fondées sur l'effeuillage des plantes atteintes et sur la fertilisation sont par ailleurs étudiées.

Calamité d'ampleur régionale, la maladie des raies noires appelle une coopération régionale. A partir de la République dominicaine, le Cirad est au cœur d'un véritable réseau d'échanges scientifiques, techniques et économiques auquel participent Haïti, Cuba, la Martinique et la Guadeloupe dans le cadre d'un projet caribéen soutenu par un fonds interministériel français. Entre autres activités, des visites de formation et d'information de chercheurs et de techniciens sont organisées.

La République dominicaine est en outre l'un des partenaires du Cirad au sein du projet européen de recherche sur la génétique du bananier. Elle intervient dans la validation des tests de résistance aux cercosporioses. Le ministère de l'agriculture dominicain a par ailleurs mis en place une cellule de vigilance avec l'appui du Cedaf, centre de développement agricole et forestier, de l'Iica, institut agricole régional, et du Cirad. Enfin, ce dernier contribue à la formation de personnels de recherche-développement et a rédigé un guide technique de lutte contre la maladie. ■

Acheteurs de bananes à Haïti.

© T. Lescot

Productions horticoles

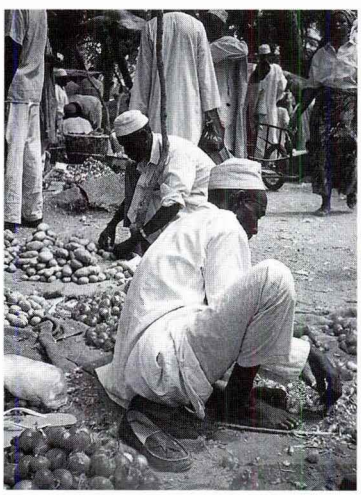
© C. Loison

Un observatoire des fruits et légumes pour le Cameroun

En raison de l'insuffisance des statistiques, la production des fruits et légumes camerounais est mal connue. Or les producteurs et leurs organisations ont besoin de savoir quelles sont les potentialités du secteur à l'intérieur du pays et à l'exportation, les pouvoirs publics et les bailleurs de fonds de connaître sa contribution à l'économie, les chercheurs de mieux orienter leurs travaux en fonction des priorités du développement. Afin de répondre à une demande de la profession horticole, une enquête a été mise en place pendant un an sur trente marchés répartis dans le pays par l'Institut de recherche agricole pour le développement et le Cirad avec l'appui du ministère de l'agriculture. Ce projet a été soutenu financièrement par le Fonds d'aide et de coopération français.

Les objectifs étaient multiples : quantifier les flux intra- et extra-régionaux des fruits et des légumes, comprendre la structure du secteur, analyser les tendances, la saisonnalité et l'instabilité du marché. Cet observatoire a permis de dessiner à grands traits le marché camerounais et a fourni des données détaillées pour trente-deux produits. Ses résultats sont une aide précieuse à la prise de décision.

La valeur des fruits et légumes s'élève à 154 milliards de francs Cfa par an, ce qui correspond à 3 % du produit intérieur brut camerounais. Les légumes représentent, en valeur, 63 % du secteur horticole, avec trois productions dominantes, l'oignon, la tomate et les légumes feuilles. Du côté des fruits, la banane domine fortement, suivie par le safou, dont l'importance se confirme, la cola et la mangue. Les fruits et légumes contribuent pour 16 % aux recettes d'exportations agricoles du pays. L'oignon, la cola et la tomate sont les principaux produits exportés vers l'Afrique centrale (Gabon, Congo, Tchad, Nigeria), tandis que l'ananas et le haricot vert partent vers l'Europe.



© P. Moustier

Vendeur d'oignons sur un marché au nord du Cameroun.

Avec 17 kilos de légumes et 19 kilos de fruits par personne et par an, la consommation de la population camerounaise est très inférieure aux recommandations de la Fao, qui évalue les besoins totaux en légumes seuls à 70 kilos. En termes de sécurité et d'équilibre alimentaires, les marges d'accroissement sont par conséquent très importantes.

L'analyse de la variation saisonnière des prix sur les différents marchés, des flux entre les provinces ainsi que des calendriers de culture apporte des informations de grand intérêt quant à l'orientation des produits des régions excédentaires vers les régions déficitaires. Elle peut aussi conduire à la réorientation des zones de production. L'oignon fournit un bon exemple. Sa production, insuffisante, est actuellement concentrée dans le Nord, où la culture s'étend de janvier à mai. Les prix les plus hauts sont relevés dans l'Ouest, où le potentiel de production serait pourtant bon de novembre à janvier. Une telle observation montre que les deux zones pourraient devenir complémentaires pour régulariser l'approvisionnement en oignon — un produit essentiel de l'alimentation camerounaise — tout au long de l'année.

Les produits dont les prix augmentent plus rapidement que l'indice d'inflation, au premier rang desquels le concombre, la cola, le chou et l'oignon, devraient être particulièrement attractifs pour les horticulteurs.

L'Association interprofessionnelle Agrocom, qui anime de nombreux projets et a élaboré le schéma directeur du développement du secteur horticole camerounais, est particulièrement intéressée par l'ensemble des données recueillies, qui lui permettent de mieux ajuster sa stratégie d'intervention pour de futurs projets.

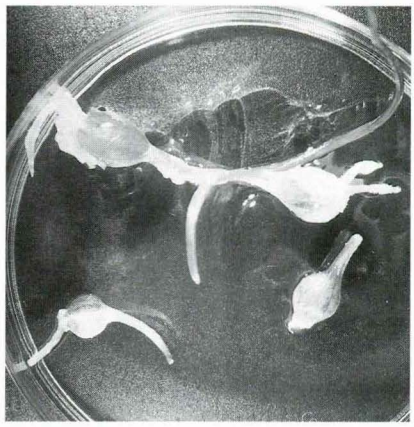
L'embryogenèse somatique de l'ail

Condiment consommé presque partout dans le monde, l'ail est un modèle de plante alimentaire possédant des vertus pour la santé humaine. Le développement d'un matériel végétal de grande qualité et l'étude de l'influence de l'ail sur la prévention et le traitement du cancer et de l'artériosclérose sont inscrits dans le cadre du projet européen « Ail et santé » auquel collaborent quinze partenaires.

Le Cirad est pour sa part chargé de développer de nouvelles techniques de multiplication rapide et à grande échelle de plants sains d'ail. Cette espèce, stérile, ne se reproduit que par multiplication végétative. La méthode traditionnelle de production de plants consiste à mettre en terre des cayeux, ou gousses. La multiplication végétative *in vitro* à partir de la culture de méristème améliore la qualité sanitaire des plants, mais c'est une technique relativement lente et mal maîtrisée : d'une part le taux de multiplication est faible, chaque explant donnant trois ou quatre plantules par cycle de multiplication ; d'autre part, à la sortie de la phase *in vitro,* les plantules doivent subir sept cycles de multiplication avant de pouvoir supporter la plantation en plein champ.

Fort de son expérience sur le bananier, le Cirad met au point l'embryogenèse somatique de l'ail, une technique de multiplication *in vitro* potentiellement beaucoup plus performante. En milieu de culture *in vitro* gélifié, la technique est désormais maîtrisée. Des apex méristématiques prélevés sur des cayeux sont placés sur un milieu induisant une callogenèse embryogène. Chaque cal embryogène est divisé, passé sur un milieu de production d'embryons, et aboutit à environ vingt embryons somatiques qui sont transférés sur un milieu de maturation. Les embryons matures sont enfin mis en milieu de germination, où les plantules se développent.

Le programme s'oriente aujourd'hui vers le développement d'un système d'embryogenèse en milieu liquide. La production et la régénération d'embryons ont d'ores et déjà été obtenues par cette méthode. Les travaux se poursuivent dans le but d'optimiser le procédé et de déterminer la qualité agronomique des plants. Après une phase de validation au laboratoire et au champ, il sera possible d'évaluer l'intérêt de cette méthode comme nouvelle technique de propagation de l'ail. Les producteurs de semences se montrent très intéressés et seront directement associés à la validation.



Boîte de pétri avec embryons d'ail.

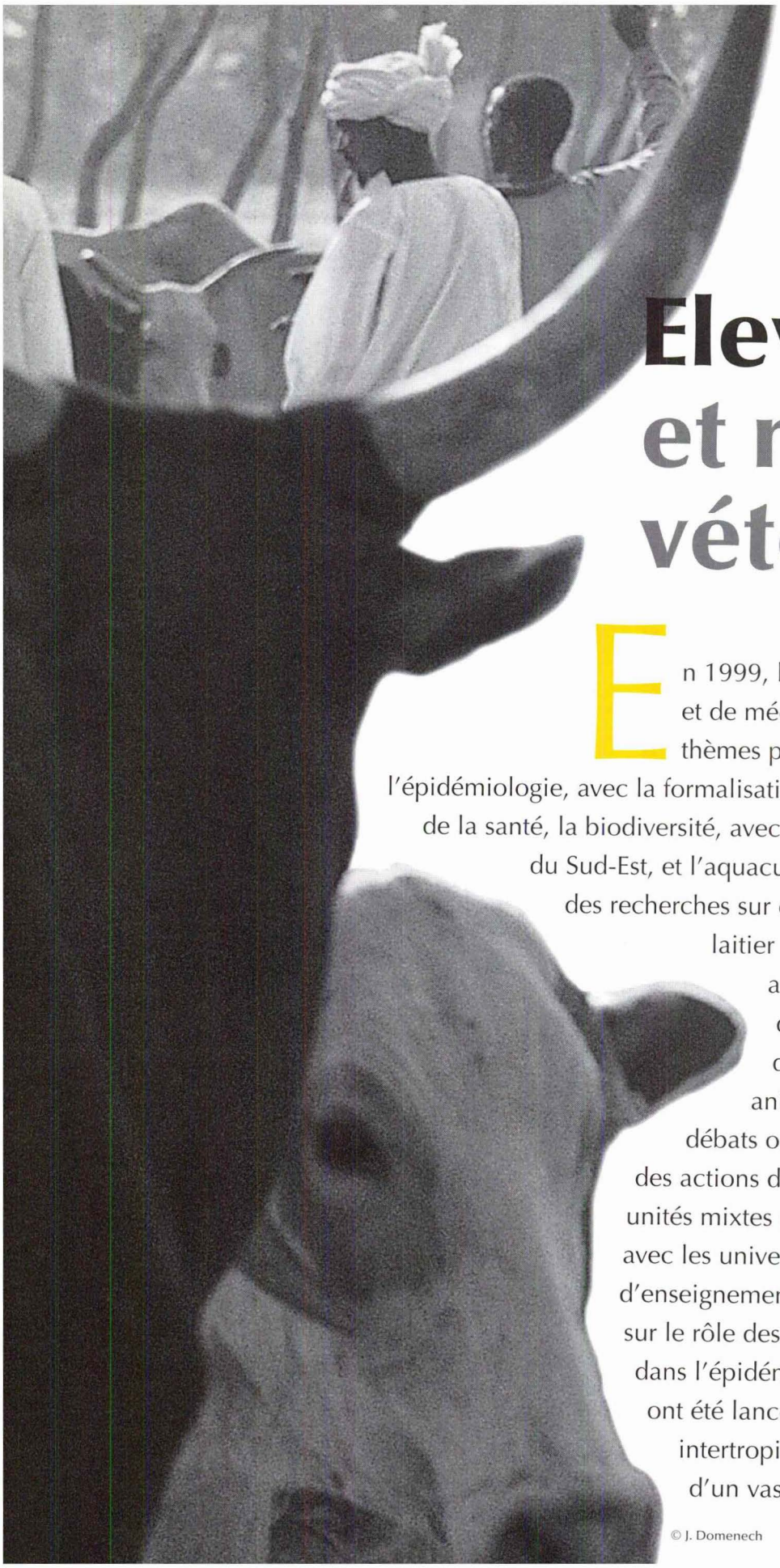
© L. Féréol

Dans ce projet, le Cirad travaille en partenariat avec l'Inra, qui fournit un matériel végétal assaini et évalue au champ, dans différentes régions de France métropolitaine, les plantules issues d'embryogenèse somatique produites par le Cirad. Ce dernier évalue par ailleurs les variétés tropicales à la Réunion.

Dans le cadre du projet Ail et santé, l'utilisation de l'embryogenèse somatique est envisagée pour la mise au point de la transformation génétique et de l'hybridation somatique, nouveaux outils d'amélioration génétique de l'espèce. ■

Surveillance phytosanitaire de la tomate au Sénégal

Les attaques de ravageurs et les maladies sont les premières causes de la faiblesse des rendements de la tomate industrielle cultivée dans le périmètre irrigué du fleuve Sénégal. Le Comité national de concertation sur la filière tomate industrielle a pris conscience de l'ampleur de la menace. Avec l'appui du Cirad, il a mis en place une cellule de surveillance phytosanitaire dans le cadre du Pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués en zone soudano-sahélienne. L'observation de trente exploitations a montré qu'une mauvaise maîtrise des traitements chimiques explique en partie leur relative inefficacité. La cellule a donc mis en place, pour les techniciens agricoles, des formations à la reconnaissance des ravageurs et des maladies, à la lutte raisonnée et à l'utilisation du matériel de traitement. Par ailleurs, un bulletin d'avertissement phytosanitaire est publié deux fois par mois. Tous les acteurs de la filière sont désormais sensibilisés au risque encouru et à la nécessité d'une approche intégrée de la lutte.



Elevage et médecine vétérinaire

En 1999, le département d'élevage et de médecine vétérinaire s'est fixé quelques thèmes prioritaires parmi lesquels l'épidémiologie, avec la formalisation du groupe Epitrop, l'économie de la santé, la biodiversité, avec les travaux sur les cervidés d'Asie du Sud-Est, et l'aquaculture, au Brésil, pour des recherches sur des espèces locales. L'élevage laitier a fait l'objet d'une réflexion approfondie et devient l'un des thèmes importants du programme productions animales. Par ailleurs, de nombreux débats ont eu lieu sur l'intégration des actions du département dans différentes unités mixtes de recherche, en relation avec les universités et les établissements d'enseignement agricole. Des recherches sur le rôle des ruminants sauvages dans l'épidémiologie de la peste bovine ont été lancées sur toute la zone intertropicale de l'Afrique. Dans le cadre d'un vaste programme international d'étude

© J. Domenech

des interactions de l'élevage et de l'environnement, une « boîte à outils » destinée aux développeurs a été mise au point pour mesurer les effets des projets d'élevage. Elle est aujourd'hui opérationnelle. Un programme pluriannuel de recherche sur la viabilité agroécologique et socio-économique des exploitations en Amazonie brésilienne a pris fin et, en santé animale, des travaux sur la peste porcine africaine ont commencé.

Le développement d'alliances s'est renforcé avec, notamment, la constitution d'un laboratoire commun de recherche sur les trypanosomoses avec l'Ird, la signature de six avenants de partenariat avec le Cirdes et la finalisation de plusieurs projets communs avec l'Inra en production animale et en modélisation.

De nombreux projets ont été formulés et présentés à divers bailleurs de fonds français et internationaux, notamment européens. Une réussite certaine a couronné les efforts des chercheurs et de leurs partenaires, puisque les cinq dossiers de santé animale soumis au programme de coopération internationale Inco de la Commission européenne ont tous été retenus. ■

L'initiative élevage, environnement, développement s'élargit

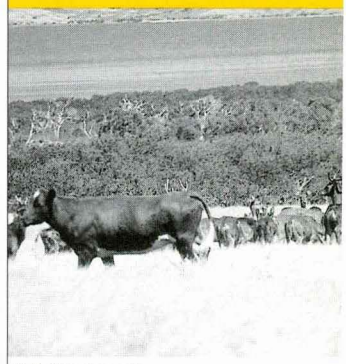
Depuis plusieurs années, les bailleurs de fonds s'inquiètent des incidences du développement de l'élevage sur l'environnement et cherchent à se concerter sur les stratégies à encourager dans ce domaine. La Banque mondiale, la Fao, l'Union européenne, les Etats-Unis et plusieurs pays européens, rejoints récemment par la Suisse et le Japon, se réunissent et financent des études depuis 1993, au sein de l'initiative élevage, environnement, développement. L'objectif de l'initiative est d'aider les responsables à prendre des décisions « doublement gagnantes » *(winwin)*, c'est-à-dire qui respectent aussi l'environnement. Les pays du Sud qui le souhaitent peuvent être accompagnés dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques appropriées.

L'expansion de l'élevage sous la pression de la demande est en effet inéluctable : le cheptel s'accroît, les zones pâturées et cultivées s'étendent, la sédentarisation progresse, les productions à cycle court s'intensifient autour des villes. Les espaces naturels ont tendance à se réduire, alors que la demande sociale pour ces espaces augmente. La biodiversité naturelle s'érode.

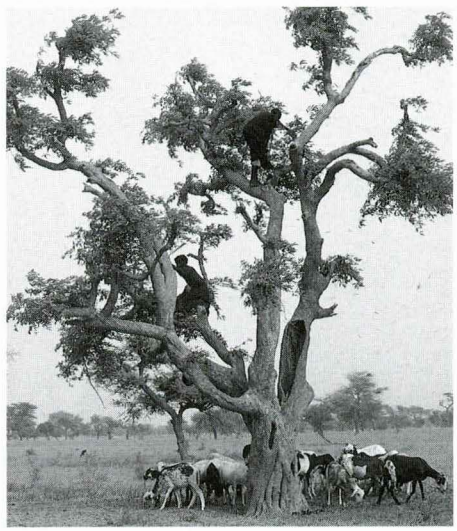
Certaines situations appellent des solutions d'urgence, comme le développement de l'élevage et de l'agriculture au détriment de la forêt en Amérique latine, la désertification dans les zones arides, les pollutions et les problèmes de santé publique liés à l'intensification.

Ces nouveaux risques, ces problématiques environnementales, territoriales et sociales nécessitent de réels changements politiques. Pour cela, l'initiative élevage, environnement, développement coordonne des compétences, accumule les connaissances et les diffuse.

Ecosystèmes naturels et pastoraux



© P. Chardonnet



Emondage de tamarinier au Sénégal.

© B. Faye

La biodiversité dans les Dom-Tom

Les signataires de la convention de Rio s'engagent à œuvrer pour la conservation du patrimoine mondial de la biodiversité par une gestion locale ou régionale de cette richesse. En 1999, le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement a retenu deux projets proposés par le Cirad en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie, « points chauds » du globe pour la biodiversité. Ces projets sont menés avec les administrations des provinces calédoniennes, l'université du Pacifique en Polynésie, l'Inra et le Cnrs.
En Nouvelle-Calédonie, où 80 % des trois mille espèces végétales sont endémiques, le cerf Rusa, un herbivore introduit, compromet dans certains cas la reconstitution des forêts. Toutefois, pour les habitants de l'île qui le chassent et l'élèvent, il a acquis une valeur sociale et économique. Après un diagnostic des interactions des milieux, des cerfs et des utilisateurs, le projet proposera des outils et des plans de gestion conciliant le maintien de populations de cerf et des formations végétales uniques.
Dans l'archipel polynésien des Marquises et en Nouvelle-Calédonie, deux espèces de carpophages, Ducula galeata *et* D. goliath, *pigeons frugivores caractéristiques du Pacifique, sont menacées par une chasse mal maîtrisée. Le projet a pour objectif de comprendre les mécanismes de régression des populations, puis d'élaborer des méthodes de suivi, et enfin de contribuer à une régulation efficace des prélèvements. Aux îles Marquises, en outre, une opération de transfert d'individus sur une autre île devrait être évaluée.*

© P. Chardonnet

Pigeon notou, carpophage géant, en Nouvelle-Calédonie.

Le Cirad a apporté son expertise dans ces études à plusieurs reprises, en raison notamment de son expérience des systèmes d'élevage extensif dans les pays chauds. Deux documents de synthèse sur les interactions entre l'élevage et l'environnement sont issus de ces travaux. Ils ont été produits en anglais par la Fao et la Banque mondiale, et en français par le Cirad.

Le nouveau produit de diffusion de l'initiative est la *Livestock environmental toolbox,* « boîte à outils » interactive disponible en anglais sur le site Internet de la Fao.

La boîte à outils explique les effets de différents types d'actions sur l'environnement. Celles-ci sont organisées en plusieurs modules, reliés par de nombreux liens : les systèmes d'élevage, les choix politiques et le rôle des institutions, les choix techniques. L'utilisateur est guidé dans la formulation de sa question par une approche analytique. En réponse, plusieurs options lui sont proposées, dont il peut tester la pertinence. Des liens avec des sites externes et des référentiels de bonnes pratiques complètent les informations. Au cours de sa réalisation, la boîte à outils a été testée et améliorée par des experts de cinq pays du Sud (Brésil, Chine, Inde, Ouganda et Sénégal), à partir d'études de cas mettant en jeu des systèmes d'élevage très différents dans des environnements variés.

Les systèmes d'élevage sont analysés en fonction de leurs effets probables sur le sol, l'eau, l'atmosphère, la biodiversité végétale et animale. Par exemple, en zone tropicale humide, le remplacement de la forêt par le pâturage appauvrit le sol en matière organique, modifie la structure et la diversité de la végétation, de la faune sauvage et de ses habitats. En revanche, en zone subhumide, le pâturage extensif permanent sur savane a des effets positifs sur l'ensemble de ces facteurs. Chaque option renvoie à des documents très renseignés sur les hypothèses avancées. L'utilisateur peut ainsi vérifier que les options qu'il a retenues s'appliqueront dans le sens qu'il souhaite au système et à l'environnement considérés.

La partie sur les techniques d'élevage est conçue avec un double dessein : renseigner sur les effets des pratiques existantes, aider au choix de technologies propres.

Les choix politiques, enfin, sont à la source de la plupart des problèmes environnementaux. Les aspects financiers, institutionnels, juridiques et fonciers, ainsi que les actions de sensibilisation, sont examinés aux différents niveaux de décision.

La boîte à outils est un élément important du « centre virtuel » qui sera animé en anglais par la Fao. Des versions française et espagnole sont prévues.

En 1999, le comité de pilotage de l'initiative a été élargi aux pays du Sud. A l'occasion de la première réunion du nouveau comité à

Paris, le ministère des affaires étrangères, qui représente la France dans cette initiative, a demandé au Cirad d'organiser une journée de conférences afin d'expliquer les travaux récents en matière d'environnement aux acteurs français impliqués dans le domaine de l'élevage. Le succès de cette réunion et les nouvelles problématiques discutées témoignent de la vitalité de l'initiative. L'approche des interactions entre élevage et faune sauvage par le Cirad, qui développe le concept d'une nature « productive » au service du développement, a été accueillie avec beaucoup d'intérêt. Le succès d'une telle démarche dépend cependant des moyens qu'ont les Etats et les administrations d'arbitrer les intérêts contradictoires en matière de conservation, de tourisme et de production. ■

Des moutons dans les villes

En Afrique subsaharienne, la demande croissante des grands centres urbains en protéines animales favorise l'essor des productions d'élevage : volaille, porc, chèvre, mouton, lait, poisson. Mais les zones rurales et les importations n'approvisionnent les marchés que partiellement, tandis qu'un élevage multiforme, urbain ou périurbain, de mieux en mieux organisé, se développe.

Dans ce contexte, la filière ovine occupe une place particulière. L'immolation d'un mouton fait en effet partie du rituel de la tabaski — l'aïd-el-kébir africaine — et la période de Pâques est, pour les chrétiens, l'occasion de consommer du mouton. A l'approche de la fête, les enchères montent. Les moutons les plus gras sont vendus à des prix exorbitants. Aussi n'est-il pas rare d'élever un « mouton de case », nourri de déchets de cuisine et de sous-produits alimentaires. Au-delà de ce cas, l'élevage ovin est aussi un moyen de subsistance pour les plus pauvres, une épargne à court terme ou un investissement à long terme pour la plupart. Le projet Socio-économie de l'élevage ovin périurbain, Secoville, a été lancé en 1994 pour analyser les aspects socio-économiques, environnementaux, zootechniques et vétérinaires de cette production. Il est coordonné par le Cirad.

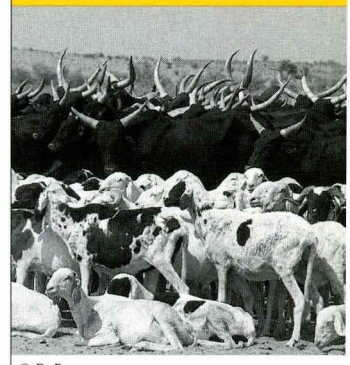
Dans les grandes villes d'Afrique de l'Ouest, le cheptel se compte en milliers de têtes. Les enquêtes relèvent par exemple 5 100 moutons à Lomé, 9 700 à Bobo-Dioulasso, 1 000 à Maroua, 9 650 à Bouaké.

Les éleveurs sont agriculteurs, commerçants, fonctionnaires ou employés du tertiaire. Ils sont de toutes obédiences religieuses, mais certains groupes ethniques, notamment les Peuls, prédominent. Pour plus de 80 % d'entre eux, cette activité est destinée à diversifier leurs revenus. Par ailleurs, l'élevage urbain du mouton fait émerger de nouvelles activités, comme la coupe et la vente de fourrage à Bouaké.

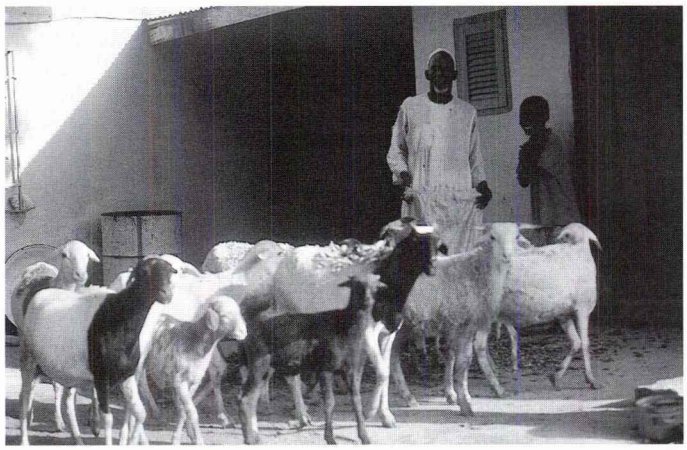
Quant aux revenus générés, ils sont difficiles à évaluer : entre un tiers et la moitié des éleveurs ne vendent pas leurs animaux. A Bouaké, le revenu moyen par animal a pu être estimé à 13 000 francs Cfa (19,82 euros). Tous les intrants doivent être achetés, mais de nombreux éleveurs préfèrent dépenser quotidiennement un peu d'argent pour le mouton du sacrifice plutôt que se ruiner le jour de la fête. Cette activité relève ainsi plus de l'épargne que du commerce.

La filière est courte : 20 à 30 % des moutons se vendent sur les marchés locaux, à peu près autant à domicile, les autres sont consommés par leur propriétaire. Le nombre d'animaux passant par les abattoirs est dérisoire, moins de 1 %. La plupart des bêtes échappent ainsi au contrôle sanitaire des services vétérinaires, alors que la cohabitation étroite entre humains et animaux est favorable aux zoonoses (brucellose, fièvre Q) et aux parasitoses gastro-intestinales, comme les coccidioses. A Bouaké, plus de 55 % des animaux présentent des symptômes cliniques nécessitant une intervention thérapeutique. Cependant, près de la moitié des maladies n'ont pas de cause identifiée. L'accès aux intrants vétérinaires est en revanche plus facile en ville que dans les campagnes.

Productions animales



© B. Faye

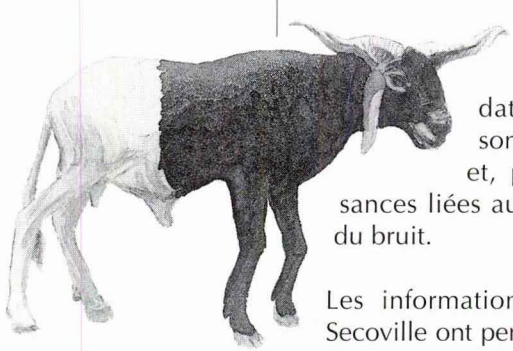


Elevage ovin urbain à Bouaké, en Côte d'Ivoire.

© B. Faye

Les performances zootechniques du « mouton des villes » ne semblent pas très différentes de celles du « mouton des campagnes ». Les races élevées sont les mêmes. Cependant, le mouton des villes est moins soumis que le mouton des campagnes aux aléas saisonniers de l'accès aux ressources naturelles, car les ressources urbaines dépendent essentiellement des pratiques d'alimentation du propriétaire. En ville, les soins attentifs prodigués aux animaux, peu nombreux, ont un effet positif sur leur productivité. Les fumiers peuvent être vendus aux maraîchers, qui trouvent à ce commerce l'avantage d'un accès rapide.

Mais l'élevage du mouton en ville présente des inconvénients pour l'environnement. Les animaux en liberté détériorent les espaces verts destinés à l'embellissement des villes. La mortalité due aux accidents de la circulation ou à l'ingestion de déchets urbains comme les sacs en plastique n'est pas négligeable. Le prélèvement de fourrages dans la périphérie des villes peut être anarchique, voire prédateur. Les effluents d'élevage sont parfois difficiles à évacuer et, pour le voisinage, les nuisances liées aux odeurs s'ajoutent à celles du bruit.



Les informations collectées par le projet Secoville ont permis d'établir un ensemble de référentiels zootechniques et des indicateurs de productivité comme la croissance, le taux de fécondité, de prolificité, de mortalité ou d'exploitation, les prix moyens. Les partenaires de ce projet pluridisciplinaire ont été l'Institut vétérinaire et des productions animales tropicales (Allemagne), l'Institut de médecine tropicale (Belgique), le Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (Burkina), l'Institut de recherche agricole pour le développement (Cameroun), l'Institut des savanes (Côte d'Ivoire), l'agence Vakakis (Grèce), la Direction nationale de l'élevage (Guinée), et l'Université du Bénin (Togo). Les travaux ont donné lieu à des échanges Nord-Sud et Sud-Sud entre les partenaires et à deux séminaires, dont un de formation en analyse de données avec l'appui du Coraf. Ils ont montré qu'une dynamique agricole se développe dans les sociétés urbaines. Elle devient le complément de plus en plus incontournable des activités rurales pour satisfaire la demande, et sera certainement à l'origine de nouveaux savoir-faire.

Viabilité des agricultures familiales d'élevage en Amazonie orientale

Depuis une vingtaine d'années, un mouvement de colonisation accompagne en Amazonie la construction de voies de communication, comme la transamazonienne. Venus de régions diverses, les nouveaux migrants, socialement hétérogènes, allant de familles très pauvres à de très grands propriétaires fonciers, implantent dans un premier temps les productions qu'ils connaissent : cultures vivrières, cacao, café, poivre... Confrontés à l'évolution des prix, aux problèmes phytosanitaires, aux difficultés d'accès aux marchés, ils s'orientent rapidement vers l'élevage bovin, exploitant des pâturages conquis sur la forêt. Déforestation, vulnérabilité des petites exploitations, inégalités et iniquités : les unités familiales sont-elles écologiquement et économiquement viables, et sont-elles socialement vivables ?

Depuis le début des années 90, le Cirad conduit des travaux de recherche sur ces questions, en partenariat avec l'université fédérale du Pará, Etat couvrant la partie orientale de l'Amazonie brésilienne, et le centre régional de l'Embrapa, centre brésilien de recherche en agronomie et élevage. Les études se sont d'abord concentrées

sur la gestion du pâturage et la place de l'élevage dans la dynamique des fronts pionniers. En 1997, le Cirad a poursuivi ce travail dans le cadre d'une action thématique programmée qui s'est déroulée sur trois ans. Simultanément, la coopération s'élargissait à d'autres institutions brésiliennes, françaises, européennes, sud-américaines et nord-américaines. Au total, 80 chercheurs ou enseignants, agronomes, économistes, écologues et spécialistes des sciences humaines ont participé aux actions et 25 thèses de Dea et de doctorat ont été soutenues. Un séminaire de restitution s'est déroulé à Belém, en 1999, sur le thème de la viabilité agroécologique et socio-économique des systèmes mixtes dans l'agriculture familiale amazonienne.

La viabilité se caractérise par la capacité d'un système à se reproduire et à résister aux chocs ; s'agissant de systèmes de production, elle peut s'analyser selon différents points de vue, écologique, économique ou sociologique, mais aussi à plusieurs échelles : de la parcelle et du troupeau à la région et à la planète. Pour aborder cette complexité, trois entrées principales ont été choisies, les ressources fourragères, les exploitations familiales et la filière régionale de la viande.

Les pâturages, base de l'alimentation des bovins, sont rarement durables, mais leur dégradation n'est pas inéluctable. Elle peut être maîtrisée par une gestion appropriée. Pour contrôler les diverses pathologies qui affectent les troupeaux, une approche écopathologique a été développée, qui assure une meilleure maîtrise des principaux facteurs de risque des maladies.

Les exploitations agricoles familiales ont fait l'objet de travaux comparatifs dans deux régions représentatives et contrastées : la région bragantine, proche de Belém, et la région d'Uruara, sur la transamazonienne. Les pratiques et les performances des élevages, les trajectoires de ces exploitations révèlent une grande diversité de situations, allant de la survie à des stratégies de diversification ou de spécialisation, pour la production laitière notamment. Souvent, le troupeau constitue une épargne et un capital productifs, une assurance, une source de revenus, et procure une alimentation en protéines. Lors de processus de diversification, il est associé à une production de cultures vivrières et pérennes, de fruits et légumes, ou encore à une exploitation du bois. Mais la pérennité de ces exploitations familiales dépend essentiellement d'une régularisation de leur statut foncier. Le contrôle du marché foncier reste un enjeu majeur pour un développement équilibré et durable de la région.

La production bovine, en augmentation au Brésil et particulièrement en Amazonie, est assurée en partie par ces exploitations familiales. Pour l'écoulement de leurs produits, elles dépendent des grands éleveurs qui contrôlent les circuits de commercialisation, d'abattage et de vente de la viande. Ces circuits évoluent très rapidement en raison de l'ouverture du marché national et d'une concentration des entreprises de la filière. Les perspectives d'accès de la production bovine amazonienne au marché mondial posent de nombreuses questions : les coûts de production peu élevés favoriseraient cette activité, entraînant alors une extension des pâturages et, en conséquence, un accroissement des problèmes écologiques.

Quatre nouveaux projets internationaux de recherche sont mis en place, auxquels le Cirad

© J. Lazard

Pisciculture d'espèces amazonniennes dans l'Etat du Tocantins, au Brésil.

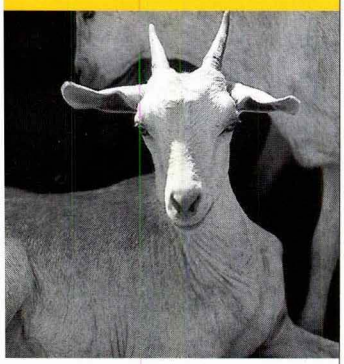
Pisciculture d'espèces amazoniennes

Les espèces exotiques de poisson, dont l'élevage est bien maîtrisé, représentent plus des deux tiers des tonnages produits par l'aquaculture brésilienne. Pourtant, l'Amazone et ses affluents sont riches de deux mille à deux mille cinq cents espèces, dont certaines risquent de disparaître par « surpêche ». Le secrétariat d'Etat à l'agriculture et l'université du Tocantins, jeune Etat d'Amazonie brésilienne, qui souhaitent développer une pisciculture fondée sur l'élevage d'espèces endémiques, ont fait appel à l'expertise du Cirad. En 1999, le projet débute par l'étude des espèces les plus en danger à court terme, notamment le pirarucu, Arapaima gigas, *poisson de grande valeur commerciale et à croissance très rapide, déjà inscrit sur la liste de la Cites, convention de commerce international s'appliquant aux espèces de la faune et de la flore sauvage en voie d'extinction. Ce travail est conduit en partenariat avec d'autres centres de recherche, notamment avec le Cepta, centre brésilien de recherche sur les poissons tropicaux, à Pirassununga, et des entreprises privées. Les groupes Gabriel, français, et Espirito Santo, brésilien, associés au projet, appliqueront dans leurs fermes les techniques conçues par la recherche.*

participe. Le premier, financé par le Programme pilote du Groupe des 7 et coordonné par les partenaires brésiliens, porte sur la construction régionale amazonienne. Le deuxième, piloté par l'université de Floride, soutenu par un financement interaméricain, étudie la relation entre l'élevage et la déforestation à l'échelle du bassin amazonien. Le troisième, conduit sous la responsabilité d'une coopération germano-brésilienne, traite de la place de l'élevage dans l'agriculture. Le quatrième, coordonné par les partenaires brésiliens et financé par l'Etat du Pará, travaille sur la dynamisation de la production laitière dans les entreprises familiales. De son côté, le Cirad a engagé une réflexion collective sur le montage d'un projet amazonien transversal. ■

Troupeau en Amazonie. © J.-F. Tourrand

Santé animale



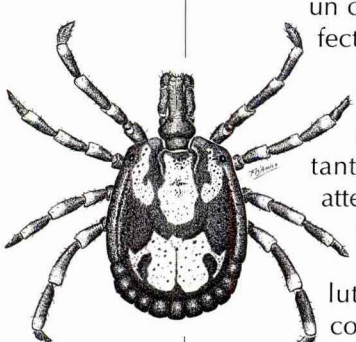
© F. Thiaucourt

Premier vaccin inactivé contre la cowdriose

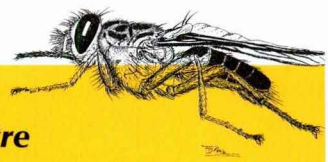
La cowdriose, ou *heartwater,* est une maladie grave des ruminants domestiques et sauvages, transmise par des tiques du genre *Amblyomma.* Elle est due à une rickettsie, *Cowdria ruminantium,* et se manifeste par une forte fièvre suivie, sous des formes plus ou moins sévères, de symptômes nerveux et digestifs.

L'un des principaux vecteurs, *A. variegatum,* originaire d'Afrique, a été introduit aux Antilles il y a cent cinquante ans par le commerce avec l'Afrique. La maladie est endémique à la Guadeloupe, à Marie-Galante et à Antigua. Elle menace le continent américain, où elle pourrait faire des ravages chez les ruminants domestiques et sauvages.

En Afrique subsaharienne, où la cowdriose est endémique, les races locales ont développé, à un certain degré, une résistance à l'infection. Toutefois, les races exotiques y sont très sensibles et leur introduction dans ces régions se traduit par des pertes très importantes, le taux de mortalité pouvant atteindre 90 %. L'Afrique du Sud, qui pratique l'élevage de races pures exotiques depuis près d'un siècle, lutte depuis longtemps contre la cowdriose.



Amblyomma variegatum *mâle.*



Laboratoire commun contre les trypanosomoses

Mener une recherche d'excellence sur les trypanosomoses africaines. C'est dans cet objectif que vient d'être créé le Laboratoire commun de recherche et de coordination sur les trypanosomoses, Lrct, qui réunit au sein du Cirad deux équipes françaises reconnues : celle de l'Ird pour la santé humaine, celle du Cirad pour la santé animale et la phytopathologie. Car la lutte contre les trypanosomoses est loin d'être finie : la maladie du sommeil touche plus de cent mille personnes par an en Afrique subsaharienne et le nagana est un fléau permanent pour le bétail dans cette région. Or, s'ils diffèrent selon les espèces qu'ils parasitent, les trypanosomes sont en revanche transmis par les mêmes glossines (les mouches tsé-tsé). De fait, les méthodes d'étude épidémiologique et de lutte sont très voisines. Par ailleurs, les trypanosomoses végétales menacent régulièrement des cultures pérennes comme le palmier à huile ou le cocotier.
Au sein du Lrct, à Montpellier, six chercheurs et quatre techniciens disposent d'un plateau technique important et d'un insectarium d'élevage de cinq espèces et sous-espèces de glossines. Outre-mer, l'équipe s'élargit au réseau de ses partenaires. En santé humaine, ce sont les organisations africaines de lutte contre les grandes endémies : l'Occge pour l'Afrique de l'Ouest et l'Oceac pour l'Afrique centrale ; en santé animale, deux centres de recherche internationaux, le Cirdes et l'Ilri.

En l'absence de vaccin, le seul contrôle efficace de la maladie est la lutte contre les tiques vectrices. Les traitements curatifs, bien qu'efficaces, sont d'une utilité limitée, car la cowdriose est une maladie foudroyante pour les animaux sensibles. Une méthode préventive consiste à infecter les animaux par une souche vivante et à les traiter ensuite, de façon à induire une immunité, mais les risques de mortalité, voire de contamination incontrôlée, sont importants. Cependant, la très solide protection induite par cette méthode ouvrait la voie à la mise au point de vaccins.

Dans cet objectif, le Cirad a créé un laboratoire d'étude de la cowdriose à la Guadeloupe, sur un campus de l'Inra. Il y conduit des recherches au sein d'un consortium, en association avec trois universités européennes et cinq instituts africains.

Un vaccin inactivé contre la cowdriose a été produit pour la première fois dans ce laboratoire. Il est constitué de *Cowdria ruminantium,* cultivée dans des cellules endothéliales de bovin, inactivée chimiquement et combinée à un adjuvant. Les premiers essais, menés avec un isolat de Guadeloupe, ont montré que 65 % des chèvres et 100 % des bovins vaccinés étaient protégés. Des essais ultérieurs, menés au Zimbabwe avec des isolats locaux, ont induit une protection chez 79 % des moutons vaccinés. Ces moutons ont été protégés contre des isolats de différentes origines géographiques, en station et en ferme expérimentale. On sait toutefois que l'immunisation contre un isolat ne protège pas toujours contre des souches d'origine géographique différente. Or le vaccin inactivé peut intégrer n'importe quel isolat de *C. ruminantium.* Cela permet de faire face à la diversité du parasite. La protection dure au moins dix-sept mois chez la chèvre.

L'efficacité du vaccin va maintenant être testée en vraie grandeur dans différents systèmes d'élevage du Sénégal, du Burkina, du Kenya, d'Afrique du Sud et du Mozambique par un consortium africain. Les partenaires européens du projet, financé par l'Union européenne, auront pour tâche de mettre au point la production industrielle du vaccin et son contrôle de qualité, à un coût acceptable pour les producteurs.

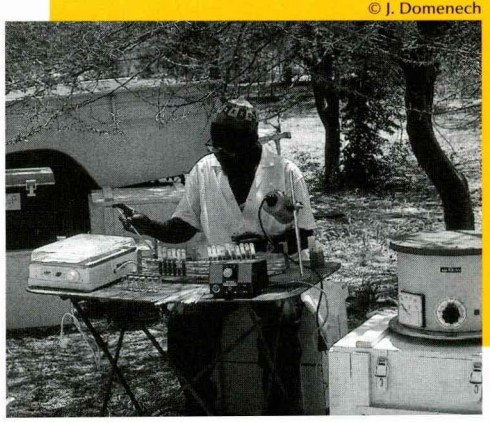
Les travaux sur le vaccin inactivé ont eu d'autres répercussions. Les réactions immunitaires induites par ce vaccin sont étudiées afin de mieux comprendre les mécanismes de protection. Ainsi, *in vitro,* des lymphocytes T CD4+ de bovins vaccinés mis en contact avec les antigènes sécrètent de l'interféron gamma. Cette protéine est un puissant inhibiteur de *Cowdria* en culture et une cytokine connue pour favoriser les réactions immunitaires contre les parasites intracellulaires, comme *Cowdria.* L'identification des antigènes impliqués dans ce type de réaction *in vitro* est en cours. Elle ouvre des perspectives pour la conception de vaccins recombinants plus sûrs.

La production précoce d'interféron gamma par l'animal pourrait jouer un rôle important dans l'atténuation des symptômes cliniques. Des recherches *in vivo* doivent cependant compléter les recherches *in vitro* pour comprendre les mécanismes complexes qui gouvernent les différences de sensibilité à la cowdriose. ■

Epitrop, vers un réseau international d'épidémiologistes ?

Les résultats récents du Cirad en épidémiologie sont nombreux : détermination des zones à risques pour la trypanosomose au Burkina, épidémiosurveillance de la peste porcine africaine à Madasgascar, de la peste bovine sur la faune sauvage en Afrique, caractérisation des souches de mycoplasmes des petits et grands ruminants d'Afrique, traduction et adaptation du logiciel de gestion des données d'épidémiosurveillance de la Fao (Tad-Info), écopathologie de l'infertilité en élevage laitier à la Réunion... Ils ont été obtenus par une trentaine de chercheurs des trois programmes du département, maintenant réunis dans un groupe appelé Epitrop. Epitrop centre ses actions sur l'épidémiosurveillance, l'analyse du risque sanitaire et la gestion des situations d'urgence. En associant recherche, formation, information et expertise, il espère constituer un réseau international de compétences, étendu aux organismes internationaux, aux programmes et aux laboratoires de recherche dont il est partenaire. Une diffusion large d'informations sur l'épidémiologie en milieu tropical et l'animation de forums de discussion sur Internet compléteront les moyens mis en œuvre actuellement.

© J. Domenech



Diagnostic de terrain au Tchad.

Forêts

© F. Cailliez

Sur la scène forestière internationale, l'année 1999 a été marquée par la tenue du quatorzième Comité des forêts, organisé par la Fao, en Italie, du Sommet des chefs d'Etat d'Afrique centrale sur la conservation et la gestion des forêts tropicales, au Cameroun, et de la troisième session du Forum intergouvernemental sur les forêts, en Suisse.

Pour sa part, la tempête survenue à la fin de décembre en Europe de l'Ouest, et principalement en France, aura réduit à néant les efforts pluridécennaux de nombre de propriétaires et de gestionnaires forestiers, mettant une nouvelle fois sur le devant de la scène la question des relations entre l'évolution de la composition de l'atmosphère terrestre et l'occurrence élevée d'accidents climatiques majeurs.

Concernant plus précisément le département des forêts, signalons les travaux de la troisième revue externe, phase capitale d'évaluation

collective des actions menées dans le cadre de son mandat d'une part, préalable indispensable à l'élaboration de son schéma pluriannuel de programmation d'autre part.

Sur le plan partenarial, le département a organisé l'accueil en Guyane du conseil d'administration du Cifor, centre de recherche forestière internationale, et a présenté à cette occasion la plate-forme guyanaise de recherche forestière mise en place dans le cadre du groupement d'intérêt scientifique Silvolab. Un partenariat prometteur a également débuté dans le domaine de l'agroforesterie avec le Catie, centre régional de recherche et d'enseignement du Costa Rica. Enfin, pour concrétiser la politique de rapprochement du Cirad et de l'Inra, la mise en place d'un binôme Forêt et produits forestiers a été décidée par les deux directions générales. Cette décision a généré de multiples échanges et réunions de travail avec le département des forêts et des milieux naturels de l'Inra. ■

Gérer les ressources énergétiques à Madagascar

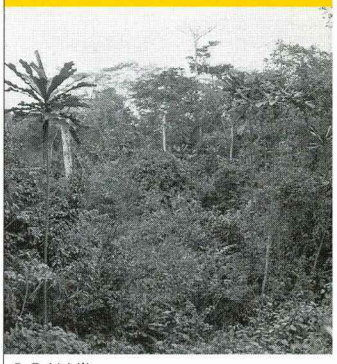
Alors que Madagascar s'oriente vers une gestion régionale de ses filières énergétiques, le Cirad et le Fofifa, Centre national de la recherche appliquée au développement rural, ont fait le bilan des ressources et des besoins en bois de feu et en charbon de bois. L'état des lieux, réalisé en huit mois, cerne les évolutions envisageables pour la région de Mahajanga, ville de 150 000 habitants située au nord-ouest de l'île. Le projet, financé par la Banque mondiale, sous la tutelle du ministère malgache de l'énergie et des mines, a été mis en œuvre avec l'appui des bureaux d'études Marge, Btg et Cerg2r.

Ce travail débouche sur des propositions concrètes, adaptées aux contraintes des producteurs et aux attentes des consommateurs, et qui prennent en compte les précautions environnementales nécessaires. Dans le même temps, des agents du ministère de l'énergie et des mines ont été formés à cette approche et aux méthodes d'enquête et d'évaluation, car l'enjeu est aussi de mettre en place les compétences et les outils indispensables à l'orientation, à la coordination et au suivi du secteur de l'énergie domestique.

La zone d'étude réunit de multiples aspects des différentes régions malgaches : des ressources agricoles et agro-industrielles variées, une réserve naturelle à préserver et le marché d'une grande ville. La démarche est donc applicable à d'autres régions.

Même si le bois de feu continue à être largement utilisé, le charbon de bois est en passe de devenir le premier combustible de la région. Avec 22 000 tonnes

Forêts naturelles



© G. Vaitilingom

annuelles consommées, dont les deux tiers à Mahajanga, il a conquis les villes. La demande en charbon de bois augmente au rythme de 7,6 % par an, la croissance démographique urbaine est estimée à 5 %. La consommation de bois de feu, de 55 000 tonnes par an, suit la progression démographique.

De la coupe de bois au consommateur, la filière représente un grand secteur économique, dont le chiffre d'affaires atteint 9 milliards de francs malgaches, soit 1,3 million d'euros. Mais l'exploitation forestière reste pour l'essentiel incontrôlée. Et si le bilan global est actuellement positif, il ne le sera plus dans cinq à dix ans sans mesures de régulation rationnelles. Il est déjà déficitaire à proximité des villes et des voies d'accès. C'est donc le rôle multifonctionnel des formations forestières qui est aussi menacé. Les mangroves disponibles près des villes devront être exploitées avec discernement si l'on veut préserver la pêche et la culture des crevettes, première source d'exportation malgache.

Fosse de carbonisation à Madagascar.

© A. Bertrand

La tendance à la surexploitation n'est pas inéluctable. Dans les villes, le charbon de bois est utilisé par 65 à 85 % des ménages. L'usage du pétrole lampant et du gaz butane pourrait rapidement tripler si des réchauds mieux adaptés et meilleur marché étaient proposés. Pour préciser la demande et les causes des réticences, différents modèles de foyers économes à charbon de bois, de réchauds à pétrole ou à gaz, disponibles ou sélectionnés pour leur adéquation au contexte local, ont été comparés et testés avec des ménagères.

L'apport de combustibles de substitution, tels que les briquettes produites à partir de coques de noix de cajou, peut aussi modérer la progression de l'usage du charbon de bois.

En ce qui concerne le rendement de la production du charbon de bois, autre élément pivot, c'est le statut du charbonnier qui est déterminant. Si le charbonnier est professionnel, il est muni d'une autorisation officielle et agit en technicien compétent. Occasionnel, il est soumis aux aléas d'une occupation informelle, qui engendre un travail souvent trop rapide et des rendements bas. De plus, 50 % des charbonniers sont des migrants venus du Sud, plus pauvre, ou sont attirés par la richesse relative de la région, ce qui accentue l'instabilité de cette activité. La modernisation de l'activité charbonnière passe par la formation des charbonniers aux techniques améliorées de carbonisation et par leur participation active à la gestion des ressources.

Enfin, pour réguler la production de bois énergie, des actions de promotion, d'information, de conseil et de médiation ont été menées auprès des villageois afin de favoriser des accords contractuels. Les contrats de gestion locale sécurisée sont appliqués en conformité avec la législation malgache, qui autorise maintenant un transfert de l'administration nationale aux communautés rurales pour les ressources forestières. Ils sont le cadre d'une évolution au bénéfice des populations locales, des collectivités et de l'Etat.

Régénérer l'angélique en Guyane française

L'angélique, *Dicorynia guianensis,* de la famille des césalpiniacées, fournit un bois adapté à la construction des charpentes, décoratif et résistant aux mollusques marins. Son aire de répartition est restreinte à l'Etat brésilien de l'Amapà, au Suriname et, surtout, à la Guyane française, où elle fournit plus de 30 % du volume de bois d'œuvre exploité dans le département. Pour évaluer les capacités de reconstitution de l'espèce en regard des prélèvements opérés, une équipe pluridisciplinaire financée par la Région, l'Etat et l'Union européenne étudie son cycle de vie et précise les conditions de son maintien en milieu naturel.

Des écophysiologistes et des spécialistes de la mycorhization des arbres forestiers de l'Inra ainsi que des écologistes du Muséum national d'histoire naturelle et de l'université du Michigan collaborent avec des botanistes, des forestiers, des statisticiens et des modélisateurs du Cirad, qui coordonne les travaux sur le dispositif expérimental forestier de Paracou. Les premiers résultats de cette étude, qui se prolongera encore pendant deux ans, dégagent les facteurs favorables ou, à l'inverse, défavorables au développement de l'angélique. En outre, le matériel végétal a été répertorié et échantillonné. Les analyses génétiques permettront d'identifier les parents des juvéniles et de déterminer quels sont les semenciers efficaces, c'est-à-dire ceux qui produisent des juvéniles susceptibles de s'installer durablement dans le peuplement. L'établissement de corrélations entre le succès reproducteur des semenciers et leurs caractéristiques dendrométriques pourrait fournir des critères de sélection des arbres.

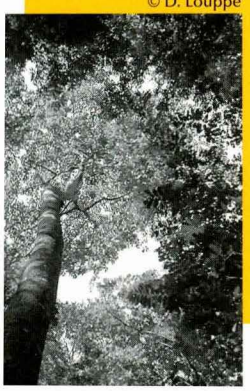
L'angélique se caractérise par une répartition spatiale en agrégats distants d'une centaine de mètres, et par une aire de dispersion des graines peu étendue. Grâce à une analyse architecturale fine, le scénario de développement des arbres a été reconstitué depuis le stade de la germination. L'état de chaque plante et son espérance de vie ont aussi été déterminés en observant certains critères morphologiques et en surveillant les états successifs de croissance. Plusieurs stades architecturaux, fonction de l'âge de l'arbre et des conditions environnementales, ont été recensés. Le produit de ces observations sera un diagnostic rapide et fiable du stade de développement et de l'état physiologique des individus.

La régénération de l'angélique a été inventoriée au moyen d'un système de placette qui prend en compte le mode de dispersion et la répartition spatiale des semenciers. L'environnement lumineux, la nature de la litière et la compacité du sol autour des juvé-

Le projet Forafri : diffuser les savoirs

Le projet Forafri, financé par le Fonds d'aide et de coopération, a consacré trois années à capitaliser, à synthétiser et à diffuser les acquis du Cirad et de ses partenaires sur les écosystèmes forestiers humides de l'Afrique centrale et occidentale. Le bilan de trente ans de travaux — de la forêt au produit en passant par la sylviculture, l'aménagement et les méthodes d'analyse — est présenté sous la forme de documents scientifiques, techniques et bibliographiques, organisés par thème ou par pays. Une bibliographie concerne le Congo, une autre le Gabon. Enfin, trois cédéroms regroupent l'ensemble des savoirs. L'un rassemble l'intégralité des publications du projet, soit plus de deux mille pages consacrées à la gestion durable des forêts de cette zone ; un deuxième reproduit une centaine de communications d'un colloque régional sur cette thématique ; le troisième constitue une bibliographie de l'ensemble des documents accessibles au Cirad sur le Cameroun, le Congo, le Gabon et la République centrafricaine.

© D. Louppe



Okoumé.

Structure porteuse en angélique.

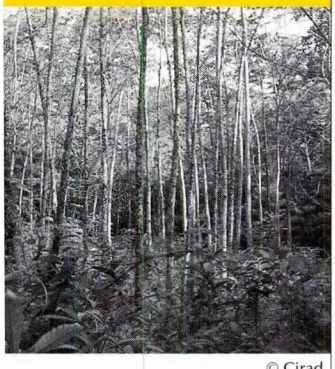
© M. Vernay

niles, qui conditionnent les capacités de développement, ont été mesurés. Les plantules s'établissent sur des sols meubles, où la litière est épaisse. La mortalité, qui atteint 95 % des graines germées au cours des huit premiers mois de croissance, est due à l'action des insectes et des champignons. Les juvéniles, coupés à mi-hauteur, reprennent leur croissance ou meurent. Ces déprédations ont des répercussions non négligeables sur le devenir des agrégats. Un insecte longicorne, *Oncideres chevrolatii,* dont l'activité reproductive est préjudiciable au développement des juvéniles, a été identifié.

L'influence des opérations d'exploitation, en particulier l'effet du passage des engins sur les pistes de débardage, a été évaluée en comparant survie et développement des juvéniles dans les zones perturbées et dans les zones non perturbées.

Par-delà la diversité des recherches entreprises, l'objectif est de définir des règles d'exploitation propres à la protection de l'espèce et à la préservation de sa diversité, et de préciser les traitements qui favoriseront sa régénération. ■

Arbres et plantations



© Cirad

Valoriser les ressources génétiques forestières

Dans le nord du Brésil et en Guyane française, l'abattage systématique du bois de rose a été tel que cette essence figure actuellement sur la liste officielle des espèces menacées d'extinction. Dans l'aire indo-pacifique, la forte valeur économique des santals, si elle a contribué au développement de ces régions, a aussi provoqué une surexploitation de l'espèce. Dans les systèmes agroforestiers traditionnels de l'Afrique subsaharienne, les défrichages au profit des cultures, de mil ou de coton surtout, épargnent certains arbres à fonctions multiples, comme le karité. Les travaux que mène le Cirad sur ces ressources génétiques forestières s'attachent à les recenser, à les évaluer et à les conserver pour en organiser la gestion et la valorisation.

C'est le bois de rose, *Aniba rosaedora,* de la famille des lauracées, qui est à l'origine du linalol, alcool terpénique extrait par distillation pour fabriquer des parfums haut de gamme. Le souci de valoriser une ressource naturelle d'intérêt industriel tout en développant un label d'écoproduit, favorable à l'économie locale, a incité à s'investir autour de trois questions : de quelles ressources génétiques dispose-t-on, comment sont-elles structurées et quel est le déterminisme génétique de production de l'huile ? Les botanistes séparent actuellement cette espèce en deux variétés, mais il est difficile de la reconnaître formellement en milieu naturel. Selon des études récentes, les formes

chimiques lévogyre et dextrogyre du linalol seraient d'origine génétique. Le linalol lévogyre est la forme la plus appréciée des parfumeurs. Le laboratoire de génétique et d'écologie moléculaire, commun à l'Inra et au Cirad, a identifié une dizaine de sites en Guyane. De plus, l'extraction de l'Adn à partir de prélèvements effectués au niveau de l'assise cambiale, à hauteur d'homme sur les troncs, a été mise au point. L'application de la technique des marqueurs Rapd corrobore l'identification taxonomique effectuée sur le terrain par les prospecteurs. Un contrôle par identification moléculaire à partir d'arbres reconnus se révèle des plus intéressant.

L'huile essentielle de *Santalum,* de la famille des santalacées, est recueillie par distillation de son bois de cœur. Elle est utilisée en cosmétique, en parfumerie et en aromathérapie. L'espèce *Santalum austrocaledonicum* est divisée en variétés génétiquement bien différenciées, en accord avec la taxonomie actuelle. L'étude de la diversité génétique a comporté des essais comparatifs de provenances, des tests de descendances et la plantation de vergers à graines. La croissance des arbres en plantation est suivie régulièrement. L'utilisation récente de marqueurs moléculaires met en évidence une forte structuration des populations naturelles, qui sera mise en relation avec des analyses chimiques de bois. Un projet est en cours d'élaboration avec divers partenaires, parmi lesquels les universités de Nouméa et de Papeete et les services forestiers intéressés.

En Afrique subsaharienne, le karité, *Vitellaria paradoxa,* de la famille des sapotacées, est une espèce largement présente au sein de parcs agroforestiers. Elle protège les sols contre l'érosion et fournit du bois de feu. La pulpe de ses fruits est comestible. Quant au beurre de karité, qui est obtenu après concassage des noix et broyage des amandes, il sert de graisse végétale pour la cuisine et de combustible. Il est aussi utilisé dans la pharmacopée et pour les soins cosmétiques. La consommation annuelle locale est estimée à 8 kilos par personne. Troisième produit d'exportation au Burkina, qui expédie chaque année 150 000 tonnes de ce succédané de beurre de cacao vers l'Europe et le Japon, le karité est, avec le néré, une ressource prioritaire au Burkina, au Mali et au Tchad. Un projet européen Inco réunit quinze équipes de recherche, du Nord comme du Sud, qui travaillent pour mieux comprendre les fonctions de l'arbre dans un terroir cultivé et veiller à l'autosuffisance des populations rurales. L'étude de la diversité génétique par les marqueurs moléculaires, menée parallèlement à celle de l'influence des pratiques humaines sur la dynamique des peuplements, vise à définir des stratégies efficaces de conservation et de gestion des parcs à karité.

Barattage du beurre de karité.

© F. Besse

Plantations d'essences locales gabonaises

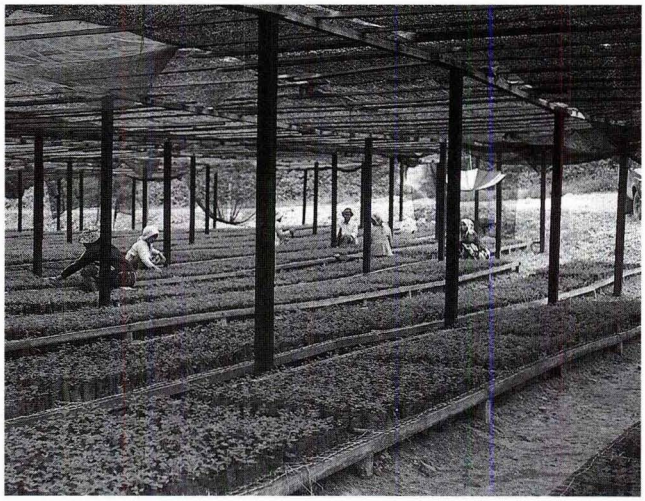
Au Gabon, les plantations de bois d'œuvre, d'okoumé (Aucoumea klaineana) *essentiellement, couvrent 30 000 hectares. En collaboration avec la Direction gabonaise des inventaires, des aménagements et de la régénération de la forêt (Diarf) et avec l'Institut national de recherches agronomiques et forestières (Iraf), le Cirad a participé à l'évaluation des plantations expérimentales d'essences locales de bois d'œuvre en vue de diversifier les espèces de reboisement.*
Les conditions optimales de plantation, en sous-bois ou en plein découvert, ont été définies pour treize espèces sur le dispositif expérimental d'Ekouk, implanté depuis onze ans. L'arboretum de Sibang, vieux de soixante ans, a servi à estimer la productivité annuelle de dix essences locales, allant de l'ordre de 1,5 mètre cube par hectare, pour le tiama (Entandrophragma angolense), *à 10 mètres cubes, pour le miama* (Calpocalyx heitzii). *Ces travaux, financés par l'Organisation internationale des bois tropicaux, ont débouché sur des propositions d'actions de recherche afin que d'autres espèces soient valorisées et ont donné lieu à une réflexion globale en vue de l'élaboration d'un plan directeur national de reboisement.*

Des vitroplants pour les plantations d'acacia en Asie du Sud-Est

Au cours de la dernière décennie, *Acacia mangium* est devenu une espèce majeure de plantation forestière pour la production de pâte à papier. En Asie du Sud-Est, les surfaces de plantation, concentrées en Indonésie et en Malaisie, sont estimées à 600 000 hectares. Cette essence à croissance rapide, originaire d'Australie, d'Indonésie et de Papouasie-Nouvelle-Guinée, a la faculté de croître sur des sols fortement dégradés, notamment grâce à son association symbiotique fixatrice d'azote avec le rhizobium, bactérie du sol.

Des compagnies forestières locales s'intéressent maintenant à d'autres espèces d'acacia encore faiblement représentées en plantation. Ainsi, l'hybride interspécifique *Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis* est considéré comme une option d'avenir, car, en comparaison de *A. mangium,* sa croissance est plus rapide, son bois de plus haute densité, sa teneur en cellulose plus élevée. Il présente aussi une moindre sensibilité au *hartrot,* pourriture du bois de cœur qui peut affecter une proportion importante des grumes de *A. mangium* à l'âge d'exploitation, de 8 à 10 ans. Quant à l'espèce *A. crassicarpa,* elle fournit un bois à usages multiples encore plus dense et s'adapte à une plus grande diversité de sols.

*Pépinière d'*Acacia mangium, *en Malaisie.*



© Cirad-forêt

En réponse à une forte demande locale en matériel végétal plus performant, un programme de multiplication par la voie végétative des acacias sélectionnés a été mené dans le cadre d'un partenariat entre le Cirad et Innoprise Corporation Sdn Bhd, importante société forestière malaise. Ces recherches ont été réalisées au sein du laboratoire de biotechnologie Pbl, laboratoire de culture *in vitro* localisé à Tawau, dans l'Etat du Sabah.

Des cultures aptes à se développer et indemnes de contaminations fongiques et bactériennes ont tout d'abord été obtenues à partir de matériel mature issu de *A. mangium,* de *A. mangium* x *A. auriculiformis* et de *A. crassicarpa*. Diverses techniques permettant le rajeunissement de matériel âgé, comme le microgreffage ou la culture d'apex de *A. mangium,* ont également été mises au point. Une méthode de micropropagation par stimulation du bourgeonnement axillaire a ensuite été élaborée. Pour cela, les milieux optimaux de multiplication et d'enracinement *in vitro* des génotypes sélectionnés ont été définis pour chaque espèce.

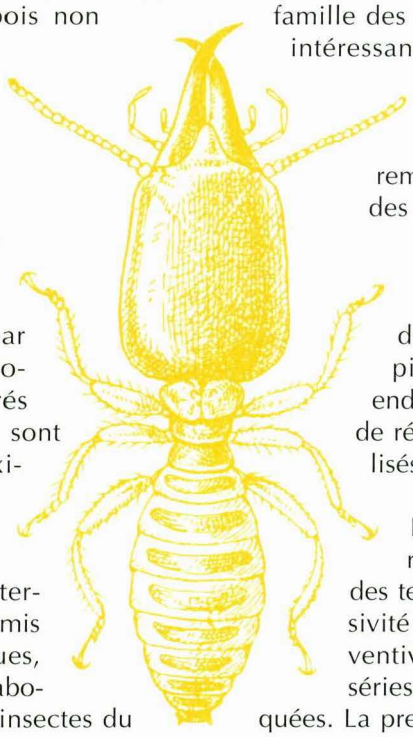
Alors que l'espèce *A. mangium* s'est révélée particulièrement récalcitrante à l'enracinement *in vitro* et que *A. crassicarpa* a toujours connu un très faible taux de reprise pendant la phase d'acclimatation, l'hybride *A. mangium* x *A. auriculiformis* a montré une très bonne aptitude à la micropropagation au cours de ces différentes phases. Le laboratoire de biotechnologie Pbl a conclu un contrat commercial avec Sabah Softwoods Sdn Bhd, compagnie forestière privée malaise gérant 40 000 hectares de plantations constituées à 60 % de *A. mangium*. A la demande de cette compagnie, environ 20 000 plants d'hybrides *A. mangium* x *A. auriculiformis,* issus de 25 clones qu'elle avait sélectionnés, ont été produits par multiplication *in vitro* en 1999. Après une phase de sevrage de trois mois en pépinière, au cours de laquelle 85 % des vitroplants ont été acclimatés avec succès, cette production a été transférée au sein d'un parc multiplicatif en vue du bouturage industriel. La capacité de production annuelle théorique des plantations clonales d'acacias hybrides est de 100 boutures par pied mère. Des essais sylvicoles et des tests clonaux multilocaux intégrant

à la fois d'autres origines hybrides sélectionnées par le Cirad et les provenances les plus performantes de *A. mangium* ont été établis avec ces deux sociétés forestières.

En complément, des essais d'inoculation de rhizobium ont été effectués au stade de la pépinière sur les acacias hybrides micropropagés. Ils ont montré un effet positif de l'association symbiotique sur la croissance initiale des différents clones testés. Les plants issus de ces essais ont été transférés au champ afin d'évaluer l'effet de l'inoculation sur la croissance des arbres. ■

Des extraits naturels d'essences tropicales contre les termites

Les termites causent des dégâts considérables dans les pays tropicaux. Ils sont même à l'origine de sinistres quand ils recherchent leur nourriture principale, la cellulose, contenue dans le bois, le papier, les déchets végétaux. A la faveur des échanges commerciaux, de nouveaux foyers d'infestation se créent, dans le sud de la France et dans les pays méditerranéens en particulier. L'installation de circuits de chauffage dans les habitats anciens rénovés, qui modifie les conditions thermiques et hygrométriques, l'utilisation de bois non durables et les traitements insuffisants sont parmi les facteurs favorables à l'invasion de ces insectes xylophages.

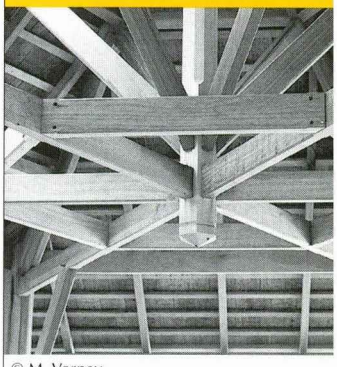


Actuellement, la moitié du territoire français subit des infestations permanentes. Les traitements chimiques, par injection de produits organochlorés ou organophosphorés dans les bois et les murs, sont révolus en raison de leur toxicité et de leurs conséquences environnementales néfastes. Depuis une dizaine d'années, la lutte contre les termites qui s'attaquent aux bois mis en œuvre mobilise scientifiques, techniciens et industriels. Le laboratoire de neurobiologie des insectes du Cnrs et l'équipe de préservation des bois du Cirad se sont associés pour élaborer des produits insecticides naturels dont l'efficacité est garantie par des tests normalisés. Une demande de brevet a été déposée.

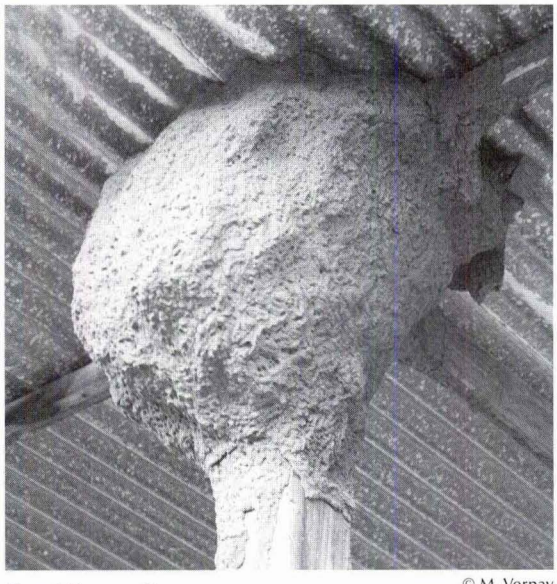
Certains bois tropicaux sont connus de longue date pour leur résistance aux infestations d'insectes. En Chine, les matières précieuses étaient traditionnellement conservées dans des coffres en camphrier *(Cinnamomum camphora)*. En Guyane, les fonds de placard en bois de rose *(Aniba parviflora)* écartent les blattes et les insectes n'attaquent pas le grignon franc *(Ocotea rubra)*. Les extraits de ces deux essences guyanaises naturellement résistantes aux termites, toutes deux de la famille des lauracées, se sont révélés très intéressants. Les propriétés répulsives, toxiques et antiappétantes des extraits ont été évaluées sur deux espèces particulièrement dévastatrices de la famille des rhinotermitidés, *Heterotermes indicola* et *Reticulitermes santonensis*. La première, originaire du Bengale et de l'Asie du Sud-Est, infeste les zones tropicales humides ; la seconde, endémique en France, est l'espèce de référence pour les essais normalisés européens.

Les études préliminaires de résistance naturelle à l'attaque des termites, de toxicité et de répulsivité ont démontré l'efficacité préventive des deux essences. Deux séries de tests ont ensuite été appliquées. La première a analysé les caractéristiques des composés actifs après extraction

Bois



© M. Vernay



Termitière en Guyane. © M. Vernay

à froid à l'aide de trois solvants, le méthanol, le pentane et le dichlorométhane. Les tests de toxicité, de répulsivité et d'effet antiappétant ont démontré que les extraits méthanoliques sont les plus efficaces. La seconde série de tests a précisé les caractéristiques des fractions méthanoliques des deux essences.

A terme, ces résultats seront exploités pour fabriquer un produit de préservation du bois facile à mettre en œuvre, peu coûteux et écologique, puisque les sciures en sont la matière première, présente en abondance. *Aniba parviflora,* très recherché en cosmétique, fait l'objet de projets de plantations industrielles et *Ocotea rubra* est une espèce très courante dans l'industrie du bois. En valorisant des déchets de scierie, on évite par là même leur accumulation et leur dégradation biologique.

L'analyse chimique par chromatographie est en cours, en coordination avec un industriel, pour mieux isoler les matières actives et trouver de nouveaux solvants. Des tests sur d'autres insectes ainsi que des tests d'écotoxicité sont prévus avec le Centre technique du bois et de l'ameublement. Après mise en conformité avec les exigences de la directive de l'Union européenne Biocides 98/8, applicable dès mai 2000, l'insecticide sera commercialisé avec l'appui d'un ou de plusieurs fabricants.

Un charbon actif ferromagnétique contre la pollution de l'atmosphère

Le charbon actif, que l'on obtient à partir de matières organiques comme le bois et la paille, est utilisé pour épurer les eaux usées et les gaz dégagés dans l'atmosphère ou pour traiter des solvants. Lorsqu'il est saturé en produits adsorbés, il doit alors être récupéré, puis remplacé ou régénéré. Le Cirad et l'université technologique de Compiègne ont élaboré un charbon actif ferromagnétique qui ne nécessite pas ces processus fastidieux et coûteux. Par ailleurs, il peut être fabriqué au moyen de déchets pulvérulents, difficiles à valoriser comme à éliminer, pour permettre de capter des polluants gazeux nocifs à de très faibles concentrations. Le brevet qui protège l'exploitation de ces travaux s'applique à la fois au matériau obtenu et à son procédé de fabrication.

Les matières premières courantes, lignocellulosiques ou polymères, le lignite, les résidus d'élastomère ou encore des déchets industriels ou agricoles sont employés pour aboutir au charbon actif ferromagnétique. Le recours aux poussières des silos de stockage, aux résidus de carbonisation et aux fines de ponçage et de finition des industries du bois élargit la surface d'adsorption de ce charbon. Il est obtenu par imprégnation d'une solution aqueuse de chlorure, de nitrate ou de carbonate de fer ou de nickel, filtration et séchage suivis d'un cycle de pyrolyse, trempage à froid précédé ou non d'un nouveau cycle court de pyrolyse, enfin activation par courant de vapeur d'eau ou de gaz carbonique à haute température. Des cristaux d'oxydes métalliques issus d'un sel de métal, tel que le fer et le nickel, sont incrustés dans la structure carbonée, sans obturer les micropores. Le charbon actif acquiert ainsi des propriétés ferromagnétiques permanentes.

Il suffit alors d'appliquer un champ magnétique externe, aimant permanent ou électroaimant, pour extraire et remplacer le charbon chargé en effluents gazeux. Les gaz assainis sont libérés vers l'atmosphère. Lorsque la nature du polluant le permet, pour la dioxine par exemple, le charbon actif chargé est envoyé

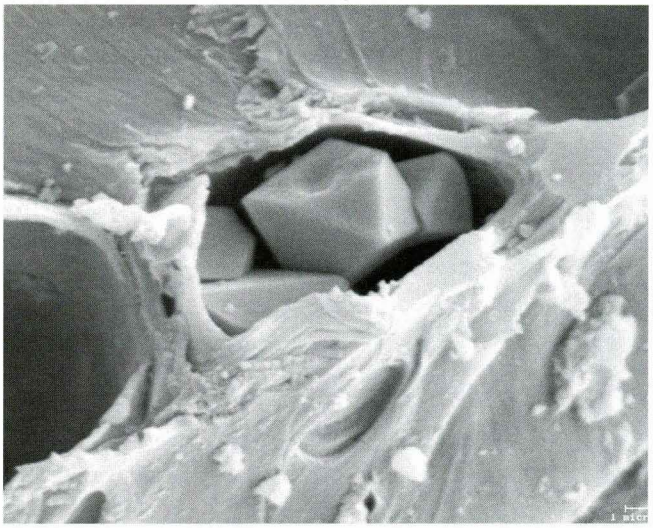
Contrôle sur site des poteaux de lignes téléphoniques

A la demande de France Télécom, le Cirad, le laboratoire de mécanique et d'acoustique du Cnrs et le Centre technique du bois et de l'ameublement se proposent de mettre au point une méthode de contrôle sur site de l'état mécanique des poteaux de lignes téléphoniques. France Télécom gère un parc de 17,5 millions de poteaux, dont la durée de vie moyenne varie de vingt à trente ans. Fiable, simple et économique, ce diagnostic à échelle nationale doit évaluer la résistance mécanique résiduelle des supports, afin de concilier sécurité des personnes, pérennité du patrimoine et satisfaction de la clientèle. Sous la coordination du Cirad, une première phase d'un an, préalable à la conception de l'outil de terrain, consistera à établir les principes scientifiques nécessaires à la mise au point du dispositif en se référant à un essai européen normalisé, réalisé dans les locaux du Cirad.

vers une chaudière ou un incinérateur. L'énergie calorifique peut être récupérée sans accumulation ni transfert de la pollution.

Le charbon actif ferromagnétique est aussi injectable dans les courants gazeux. Doté de particules fines et ultrafines, de 1 à 200 micromètres, il répond, à moindres frais, aux particularités de traitement des gaz nocifs à doses infinitésimales, qui nécessitent actuellement un équipement spécifique coûteux. En effet, si des solutions ont été apportées au traitement des gaz acides, des poussières industrielles, des oxydes d'azote, ce n'est pas toujours le cas en ce qui concerne les gaz délétères à l'état de traces, comme les composés organiques volatils, surtout des hydrocarbures et des solvants, les dioxines et les furannes. Ce sont les fumées de combustion des incinérateurs industriels et les feux de décharge qui répandent les dioxines, bioaccumulables. Les capacités d'épuration du charbon actif ferromagnétique sont adaptées aux normes, de plus en plus strictes, des réglementations relatives aux rejets atmosphériques.

L'application du brevet déposé a été étendue à l'Europe, au Japon et aux Etats-Unis. Le marché potentiel est vaste pour ce procédé applicable à nombre de traitements dépolluants, comme l'élimination des gaz industriels, le traitement des déchets, chlorés en particulier, ou l'incinération des ordures ménagères. ■



Inclusion de magnétite dans un pore de charbon actif.

© M. Boizi

Territoires, environnement et acteurs

Les politiques de libéralisation consacrent la séparation de l'économique et du social, tandis que les politiques de décentralisation transfèrent les responsabilités de l'Etat central aux collectivités territoriales. Cependant, ce transfert ne s'accompagne pas des ressources nécessaires. Des services autrefois proposés par l'Etat — crédit, fourniture d'intrants — ne sont plus garantis. La régulation des activités économiques ne s'appuie que sur les mécanismes du marché. L'accès à la terre et à l'eau, une fois libéré, n'est plus réglementé ou bien les lois ne sont plus appliquées faute de moyens de contrôle.

Face à la carence de l'Etat, de nouveaux acteurs apparaissent : collectivités territoriales, organisations paysannes et professionnelles, entreprises privées. Ces acteurs doivent s'organiser et s'entendre sur de nouveaux modes de coordination à l'échelon des filières ou des territoires.

Le département territoires, environnement et acteurs contribue à fournir à ces intervenants les moyens nécessaires à la programmation, à la mise en œuvre et à l'évaluation des projets structurant les filières et les territoires. Privilégiant

© E. Penot

la recherche-action, les chercheurs du département se sont donné pour objectif de renforcer la capacité des organisations paysannes à représenter les populations rurales. Les activités ont d'abord porté sur des projets de développement local, mais l'organisation de formations, de réseaux, ainsi que les liaisons avec les institutions font également l'objet d'études et d'actions en partenariat.

Renforcer les organisations paysannes passe tout d'abord par une information structurée sur les potentialités et les contraintes du milieu physique et socio-économique. Le diagnostic de l'agriculture mahoraise ou l'analyse morphopédologique dans la région de l'Eastern Cape en Afrique du Sud en sont des exemples. Les organisations paysannes doivent également proposer à leurs mandants des services performants pour leur faciliter l'accès au crédit, aux intrants et aux marchés. Le financement de l'agriculture, en particulier, constitue un enjeu important. Enfin, les membres et les dirigeants de ces organisations doivent être formés à la prévision. C'est là l'ambition des outils d'analyse et de simulation développés par le département et valorisés par des sessions de formation. Ces outils s'appuient sur des pratiques de gestion négociée des terroirs, des ressources et des aménagements. ■

L'appui aux organisations professionnelles agricoles

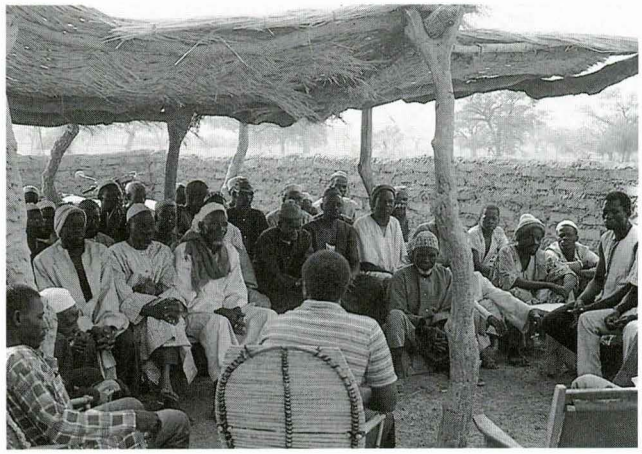
Quinze ans après le début du désengagement des Etats et l'apparition du mouvement associatif en milieu rural, les organisations paysannes ont pris une place importante dans les dynamiques rurales. Les producteurs leur demandent d'assurer les services autrefois pris en charge par l'Etat et de constituer une force de négociation face à un secteur en aval, caractérisé par une concentration accrue. A l'exemple de l'Europe et des Etats-Unis, où le syndicalisme paysan et les organisations professionnelles ont joué un rôle central dans la modernisation et dans la cogestion du secteur agricole, le renforcement des organisations paysannes dans les pays tropicaux est l'une des conditions de réussite des réformes économiques impulsées par les bailleurs de fonds.

Pour accompagner ce mouvement, le champ de la recherche s'est progressivement élargi. Plusieurs projets sont menés pour comprendre les évolutions des organisations paysannes, étudier les partenariats possibles avec les services de recherche et de vulgarisation et former les responsables paysans à l'analyse des filières.

Connaître le projet des organisations paysannes et les aider à définir leurs choix stratégiques dans le nouveau contexte de mondialisation, tel est l'objet de la recherche-action réalisée en partenariat avec des responsables

Agricultures familiales

© E. Losch



Débats entre vulgarisateurs et chercheurs dans un village burkinabè.

© P. Dugué

paysans au Bénin, au Cameroun et au Zimbabwe, ainsi qu'au Chili, en Equateur, au Pérou et au Brésil. Ce programme bénéficie du soutien de la Fondation pour le progrès de l'Homme et du ministère français des affaires étrangères. Il s'est développé en Afrique dans le cadre du réseau Agriculture paysanne et modernisation et, en Amérique latine, au sein du réseau interaméricain Agriculture et démocratie. A partir d'une analyse de chaque organisation paysanne et d'une démarche comparative, une réflexion est engagée à l'échelon national puis continental pour identifier les modalités d'action envisageables. Un atelier aura lieu à la fin de l'année 2000 à Montpellier pour confronter l'ensemble des résultats.

Renforcer le pouvoir des organisations paysannes

En collaboration avec la Fédération internationale des producteurs agricoles, la Banque mondiale a organisé un atelier autour du thème « Construire les capacités rurales en renforçant le pouvoir des organisations paysannes », à Washington, du 28 au 30 juin 1999. L'atelier a réuni plus de cent participants, chercheurs, vulgarisateurs, membres d'organisations non gouvernementales et d'organisations paysannes d'Amérique latine et d'Afrique. Cinq questions ont été abordées : pourquoi appuyer les organisations paysannes, quelles capacités développer, comment apporter cet appui, comment favoriser le partenariat avec la recherche et la vulgarisation, quelles conséquences pour les bailleurs de fonds. La coopération française a participé à cet atelier par l'intermédiaire de l'Inter-réseaux développement rural et du Cirad, qui s'est fortement impliqué dans son animation. Au-delà de l'intérêt des échanges, ce sont de nouveaux rapports entre le monde paysan et les bailleurs de fonds qui semblent pouvoir se développer, la Banque mondiale souhaitant faire de la collaboration avec les organisations paysannes une priorité.

Des organisations de producteurs fortes, capables de formuler leurs exigences auprès des services agricoles et de négocier leur place dans un environnement plus concurrentiel, sont une garantie d'efficacité des dispositifs d'appui à l'agriculture.

Dans cette optique, la Banque mondiale intervient dans l'élaboration de projets pilotes de réforme des services de recherche et de vulgarisation agricoles au Mali, au Sénégal, au Burkina et en Guinée. Un chercheur du Cirad est mis à la disposition de la Banque mondiale depuis trois ans, avec le soutien du ministère français des affaires étrangères, pour organiser l'appui aux organisations paysannes dans chacun de ces projets.

Dans le cadre de l'initiative franco-britannique pour la coopération en Afrique, une étude a été conduite pour le Coraf dans six pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre sur les relations entre recherche, vulgarisation et organisations paysannes. Différents cas ont été analysés au Burkina, au Cameroun, en Guinée, en Gambie, au Ghana et au Nigeria par une équipe de chercheurs africains, britanniques et français — de l'Inera, du Minrest, de l'Odi, de l'Itad et du Cirad —, avec le soutien financier du ministère français des affaires étrangères, de la coopération britannique — le Dfid — et de l'Union européenne. Les relations avec la recherche diffèrent selon le niveau de structuration des organisations paysannes. La collaboration peut être directe et contractuelle dans le cas de groupements de producteurs structurés ou fédératifs comme au Burkina ou en Guinée. Elle s'avère beaucoup plus difficile à construire lorsque la politique agricole ne permet pas une structuration professionnelle du milieu, comme au Ghana. D'une façon générale, peu de groupes constitués sont capables de susciter des collaborations effectives avec la recherche et d'en prendre en charge le financement. Les résultats de cette étude ont été présentés lors d'un atelier du Coraf à Dakar, au début de 1999.

Dans les grandes filières d'exportation, la régulation du marché par l'Etat a disparu et les producteurs se trouvent face à des firmes privées d'envergure mondiale, en position dominante, ayant un accès direct au financement bancaire

et à l'information. Dans de nombreux pays comme la Guinée, la Côte d'Ivoire ou le Cameroun, les organisations de producteurs sont structurées par filière. Pour renforcer leur capacité d'analyse, de compréhension des marchés internationaux et de négociation avec les bailleurs de fonds, le Cirad participe à un projet de formation piloté par des organisations non gouvernementales — Ciepac, Iram et Solagral —, avec le soutien financier du ministère français des affaires étrangères et de l'Union européenne. Des ateliers de formation de responsables paysans ont été organisés au Mali pour la filière du coton, au Sénégal pour le riz, au Cameroun pour le cacao et le café. Chacun de ces ateliers a rassemblé une trentaine de responsables d'organisations paysannes. ■

Un jeu de rôle pour l'aide à la gestion des périmètres irrigués

Dans la région de Podor, au Sénégal, la modélisation et la simulation du fonctionnement de périmètres irrigués avaient abouti à la création d'un modèle multi-agents, Shadoc, pour étudier les liens entre modes de coordination des acteurs et viabilité des systèmes irrigués. Pour valider ce modèle et éventuellement l'enrichir de variantes et de scénarios différents, il était nécessaire de le présenter aux paysans réellement confrontés à la gestion de périmètres irrigués. Le modèle a donc été dissocié de son support informatique et traduit en jeu de rôle utilisable par tous.

Un premier test a été réalisé en 1998 dans la région de Podor. En 1999, le jeu a été testé pendant trois jours par une dizaine de paysans dans un centre de formation agricole de Saint-Louis, le Cifa.

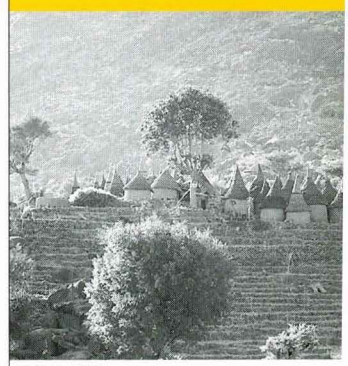
Le jeu est fondé sur les mécanismes de coordination entre acteurs. Chaque participant joue le rôle d'un paysan exploitant une parcelle dans un périmètre irrigué. Des cartes tirées au hasard déterminent le statut social du paysan, son objectif — vente, vivrier, foncier — et les règles pour le remboursement de ses dettes. Certains joueurs remplissent en outre des fonctions de responsable de la station de pompage ou du groupement de paysans. Le hasard intervient sous forme de cartes d'« occasion » qui autorisent ou non le déplacement sur la parcelle. Une monnaie fictive permet les échanges d'argent. La zone du périmètre irrigué est dessinée sur un tableau et le niveau d'eau sur chaque parcelle est mesuré à chaque tour de jeu.

Dans une première phase, les joueurs vont chercher de l'argent auprès de la structure d'accès au crédit ou empruntent auprès des autres paysans. Dans la deuxième phase d'entretien de l'irrigation, les joueurs peuvent se déplacer sur leur parcelle, ouvrir ou fermer la buse d'irrigation, semer du riz, apporter des intrants, récolter. Chacune de ces opérations est soumise à des règles, à des coordinations avec les autres joueurs ou à des événements contrariant les décisions initiales. Dans la dernière phase, les joueurs remboursent leurs dettes et font le bilan de leur campagne. Il faut environ deux heures pour jouer une année.

Jeu de rôle sur la gestion des périmètres irrigués.

© O. Barreteau

Espaces et ressources



© G. Le Thiec

Les participants ont validé le jeu et ont trouvé qu'il représentait bien la réalité, sans simplification excessive. En effet, à partir de règles simples et d'interactions entre les joueurs, il est possible d'aboutir à des situations diverses et complexes. Le jeu est également une bonne base pour discuter de la réalité et le Cifa a demandé à l'utiliser pour des formations dans les villages. Un modèle informatique plus simple que celui d'origine, fidèle retranscription du jeu, a été élaboré. Après avoir joué, les paysans sont capables de comprendre le modèle informatique et de discuter les règles qui sont introduites, mais ont encore du mal à l'utiliser directement pour construire des scénarios de simulation.

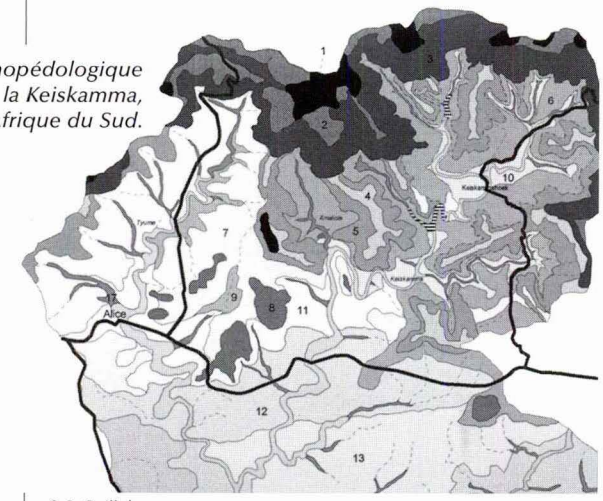
Une opération similaire est en cours dans le cadre de la mise en place de plans d'occupation et d'affectation des sols dans la vallée du fleuve Sénégal, où les paysans construiront eux-mêmes le jeu de rôle.

Le pôle microfinancement

Le pôle microfinancement, www.cirad.fr/mcredit, est un site Internet au service des acteurs de la microfinance : opérateurs, organisations non gouvernementales, bailleurs de fonds, chercheurs et étudiants. Il est mis en œuvre par le Gret et le Cirad. Il comprend plusieurs bases de données et un espace interactif. Une base de données bibliographiques regroupe des références d'ouvrages traitant du microfinancement dans les pays en développement ; une rubrique est consacrée à la présentation de documents récents. Un répertoire électronique permet d'identifier les organismes et les personnes impliqués dans le microfinancement. Il recense leurs coordonnées, leurs objectifs, leurs actions et leurs zones d'intervention. Une base de données sur les projets et les institutions de microfinancement est actuellement en construction. Elle proposera des dossiers synthétiques sur des expériences en matière de microfinancement. Enfin, l'espace d'échange francophone sur la microfinance offre un lieu de discussion à la disposition des acteurs engagés dans ce domaine.

Morphopédologie et occupation des sols en Afrique du Sud

Le district d'Amatola est une nouvelle collectivité territoriale sud-africaine rattachée à la province de l'Eastern Cape. Comme dans de nombreuses régions d'Afrique du Sud, ses limites administratives ne reproduisent pas les anciennes frontières de l'apartheid et de sa politique de développement séparé. Le district intègre de grands ensembles d'anciens bantoustans du Ciskei et du Transkei et des zones de fermes commerciales blanches. Le défi en terme de développement est de procéder à un rééquilibrage spatial entre les espaces ruraux surpeuplés et sous-développés des anciens bantoustans, les centres urbains et les grandes fermes commerciales.



Carte morphopédologique des hauts bassins de la Keiskamma, en Afrique du Sud.

© S. Guillobez

Les relations entre le milieu et l'occupation humaine y sont complexes, car elles ont été brouillées par la très puissante ingénierie politique et sociale de l'apartheid. En 1998, un zonage à dire d'acteurs sur l'utilisation de l'espace a été réalisé, en collaboration avec l'université de Fort Hare. Le zonage a permis de combler en partie le déficit d'information sur les zones des anciens bantoustans. Une évaluation des possibilités de revitalisation des activités familiales rurales est en cours. En 1999, ce zonage a été complété par une

étude morphopédologique réalisée sur le bassin versant de la rivière Keiskamma, située dans l'ancien bantoustan du Ciskei. Cette étude avait pour objectif d'établir une grille de lecture écologique microrégionale extrapolable à l'ensemble du district et de vérifier les données sur l'occupation des sols recueillies lors du zonage. Elle a aussi permis de rassembler les premières données morphopédologiques sur la zone, jusqu'alors ignorée des pédologues.

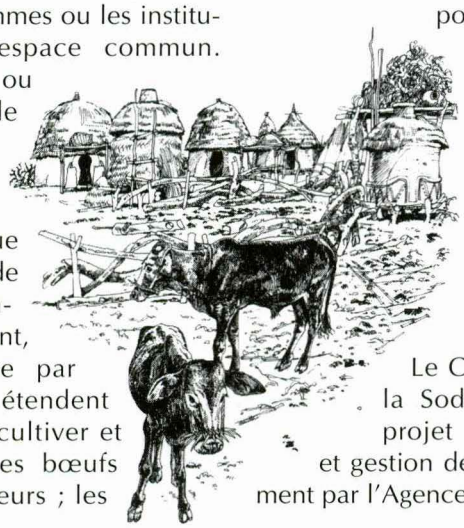
Le bassin versant est divisé en deux grandes zones. La partie nord présente un relief de vallées encaissées, dominées par les sommets de la chaîne de l'Amatola à 1 800 mètres. Le sous-sol est constitué d'une alternance de roches sédimentaires dures et tendres, essentiellement des grès et des argiles. Cette zone est bien arrosée et favorable à la culture des céréales et au maraîchage. Des épanchements de dolérite, qui se raréfient en allant du nord vers le sud, présentent l'avantage de limiter l'érosion, très marquée dans l'ensemble de la zone. Ces affleurements sont plutôt basiques et les sols qui s'y développent sont de bonne qualité. La partie sud est une zone de glacis, plane et située à une altitude de 400 mètres. Elle est plus sèche et plutôt orientée vers l'élevage.

On peut retrouver la trace des anciens enclos bantous sur les zones d'épanchement de dolérite, correspondant aux meilleurs sols. Les colons anglais étaient, eux, installés dans les zones de vallées qui offraient des possibilités d'irrigation et de maraîchage. L'absence de prise en considération des données morphopédologiques dans la création de villages et la réhabilitation du milieu est caractéristique de la politique mise en place dès les années 50, qui visait à accroître coûte que coûte les densités de population noire dans le Ciskei, après son expulsion des zones proclamées blanches.

Grâce à ces travaux, la réflexion sur la réorganisation des espaces ruraux disposera, au-delà des contraintes socio-économiques — migration très forte, manque d'infrastructures, déprise agricole —, de données sur le milieu physique, sur son état de dégradation et sur ses possibilités de réhabilitation. ■

Gestion négociée de terroirs au Cameroun

Dans le nord du Cameroun, la région de la Bénoué est le théâtre de conflits de plus en plus fréquents entre les hommes ou les institutions qui utilisent cet espace commun. Les chasseurs, autochtones ou européens, s'inquiètent de la progression de l'agriculture ; les éleveurs itinérants voient leurs aires de pâture se réduire tandis que le déplacement saisonnier de leurs troupeaux se complique ; les migrants affluent, s'installent chaque année par dizaines de milliers et étendent leurs défrichements pour cultiver et marquer le territoire ; des bœufs sont abattus par des chasseurs ; les problèmes fonciers se multiplient ; les couloirs à bétail se ferment.



Chaque groupe d'usagers dispose de relais au sein de l'administration et parmi les bailleurs de fonds, sources de pressions contradictoires. La situation est paradoxale, car des conflits pour le contrôle du sol et des ressources s'installent dans un espace comptant moins de vingt habitants au kilomètre carré. Faute de choix et d'arbitrages acceptables, les sociétés rurales de la Bénoué s'affrontent, le plus souvent au détriment du renouvellement des ressources.

Le Cirad intervient aux côtés de la Sodecoton, dans le cadre du projet Développement paysannal et gestion de terroirs, financé conjointement par l'Agence française de développement

Savanes et systèmes irrigués

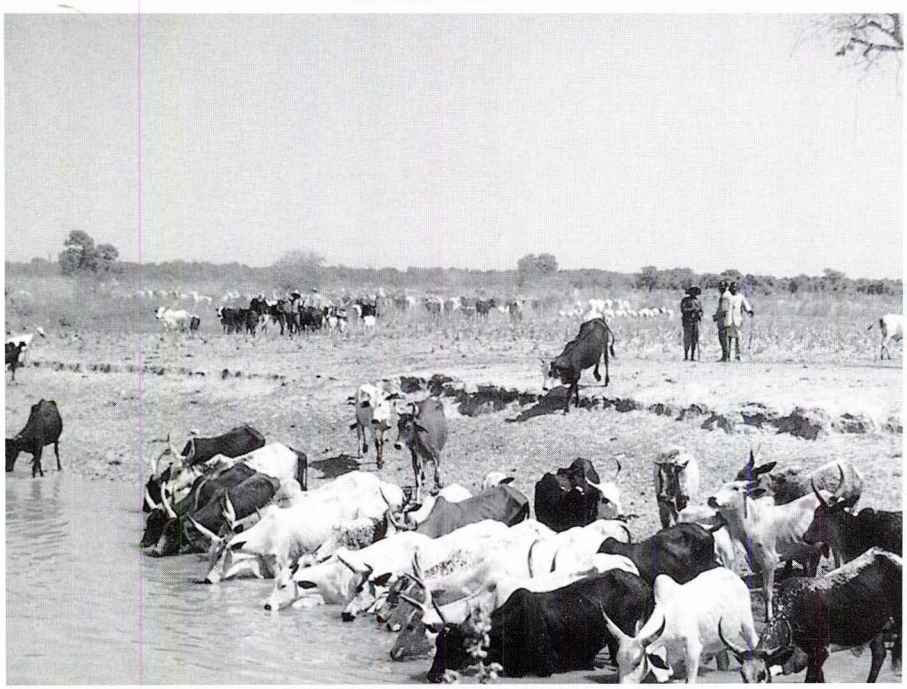
© P. Dugué

et le ministère des affaires étrangères, pour mettre en œuvre des expérimentations institutionnelles susceptibles d'apaiser les tensions entre les différents usagers de cet espace régional.

Trois opérations ont été menées simultanément. Tout d'abord, les villages migrants et indigènes du sud du *lamidat* de Rey-Bouba, dans la région de Touboro, ont fait l'objet de délimitations foncières. Ces délimitations se sont étendues sur une trentaine de kilomètres et ont permis, par la clarification des parcellaires et l'implantation de bornes, de désamorcer les conflits entre les agriculteurs de cette région.

Par ailleurs, des aires pastorales et des couloirs à bétail ont été délimités de façon négociée dans le *lamidat* de Tcheboa. Dix aires pastorales exploitées par les éleveurs mbororos ont été identifiées au sud de Garoua, puis délimitées par relevé Gps *(Global Positioning System)* après entente avec les villages riverains. Ces limites ont été matérialisées par des bornes et représentées par des cartes, utilisées par les parties antagonistes comme références pour l'arbitrage des conflits. Des chartes stipulant les droits et les devoirs des éleveurs et des habitants des villages voisins sont en cours de ratification auprès de la chefferie, de l'administration territoriale et du ministère camerounais de l'élevage.

Troupeau s'abreuvant au bord d'une mare, au Cameroun.



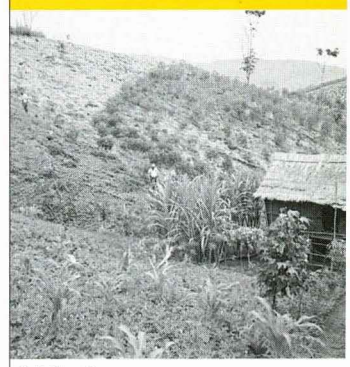
© A. Teyssier

Enfin, l'installation de familles migrantes a été négociée selon un plan d'occupation des sols et un schéma d'aménagement du territoire dans le *lamidat* de Touroua. Cette dernière opération s'accompagne d'une étude en collaboration avec l'Ird pour un programme d'appui aux collectivités territoriales et aux communes rurales. Une réflexion s'est engagée avec la commune rurale de Touroua sur le financement du développement local par une meilleure redistribution de la ponction fiscale. La réalisation cofinancée d'infrastructures hydrauliques, de désenclavement et de stockage est en cours.

Cette intervention sera pérennisée grâce à la création récente d'un bureau d'études camerounais, Terdel, spécialisé dans ces problématiques et qui intervient déjà pour le compte d'autres bailleurs de fonds. ■

Synthèse des travaux du pôle systèmes irrigués

Le pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués soudano-sahéliens regroupe les centres nationaux de recherche du Sénégal, du Niger, de la Mauritanie et du Mali (Isra, Inran, Cnrada et Ier), sous l'égide du Coraf et en partenariat avec le Cirad et l'Ird. Un séminaire de synthèse des travaux menés depuis 1996 s'est tenu à Dakar, du 30 novembre au 3 décembre 1999. Cinquante chercheurs ont présenté les acquis en matière d'intensification de la riziculture irriguée, de diversification des systèmes de culture et d'élevage, de gestion technique, d'organisation sociale et foncière de l'irrigation et de lutte contre la dégradation des sols. Des ateliers de travail ont permis de proposer des axes de recherche pour la seconde phase du programme régional. Ce séminaire, ouvert aux partenaires du développement et aux organisations paysannes, a rassemblé 120 participants.



© E. Penot

L'agriculture mahoraise traditionnelle

A Mayotte, l'agriculture occupe une place significative en terme d'emploi et d'alimentation de la population locale. Elle traverse toutefois une période de crise due à la pression foncière croissante, à la dégradation de l'environnement résultant de pratiques comme la culture sur pentes ou le brûlis, et au faible rapport des cultures de rente. Afin de proposer des axes de développement et de professionnalisation de l'agriculture, la collectivité territoriale de Mayotte a mandaté le Cirad pour mener une recherche sur le fonctionnement de l'agriculture mahoraise traditionnelle, en collaboration avec la direction de l'agriculture et de la forêt.

La plupart des agriculteurs mahorais sont pluriactifs. Ils sont aussi pêcheurs, artisans ou employés et font preuve d'une grande mobilité entre leurs diverses activités. L'activité agricole ne fait pas l'objet d'investissements privilégiés, mais apparaît comme une pratique socialement reconnue, élément d'identité. Les cultures — racines et tubercules, fruits — sont vouées à l'autoconsommation ou à des échanges au sein de réseaux. Les revenus monétaires tirés de l'agriculture sont faibles. Ce sont les autres activités, l'aide des enfants salariés et les transferts sociaux qui constituent la plus large part des revenus des familles. L'élevage du zébu ou de la chèvre, consommés uniquement lors de festivités, est le plus souvent une forme de capitalisation, permettant de faire face à des dépenses importantes.

La question foncière est complexe. A la superposition des droits coutumier et commun s'ajoute une opération de régularisation foncière. La notion de propriété est souvent ambiguë. De nombreux exploitants s'estiment propriétaires de terres qu'ils cultivent depuis longtemps, bien qu'elles ne soient pas enregistrées à leur nom. L'organisation foncière traditionnelle est régie uniquement par des rapports de parenté. Il est difficile de louer un terrain avec un bail en bonne et due forme et le marché foncier est quasi inexistant. Cette situation est une contrainte pour les producteurs ne disposant pas d'une assise foncière propre. La surface disponible n'est pas encore un facteur limitant, mais pourrait le devenir rapidement avec la croissance démographique.

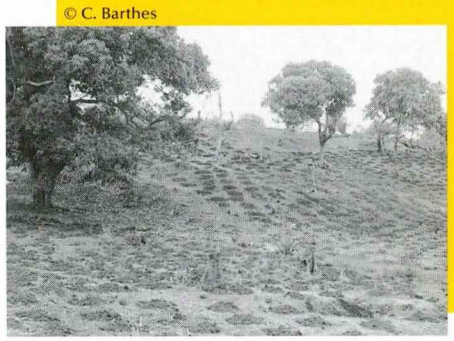
Les membres d'une même famille, d'un même village ou d'une même classe d'âge se doivent de respecter un ensemble de droits et d'obligations qui destine une grande partie de la production agricole à des dons aux membres du groupe. Il s'agit en fait d'un véritable système d'assurance. Ce système est toutefois très contraignant. L'organisation de la filière peut contribuer à lever ces facteurs de blocage sociaux. Le fait de passer un contrat de vente avec une coopérative, par exemple, peut justifier de réserver une partie de la production à la vente et de limiter les dons.

Dans ce contexte, une approche individuelle et strictement agricole semble donc peu adaptée aux projets de développement à Mayotte. Une démarche prenant en compte les objectifs du groupe familial et les activités non agricoles est plus appropriée. ■

Bilan des travaux du Cirad à Mayotte

Une centaine de personnes — agriculteurs, représentants professionnels, techniciens et élus locaux — ont participé le 26 octobre 1999 à la journée de restitution des travaux du Cirad à Mayotte. Les spécificités de l'agriculture mahoraise ont été mises en lumière par des études du fonctionnement des exploitations agricoles, des systèmes de culture et des pratiques paysannes. Le bilan global des recherches du Cirad depuis 1995 a été présenté. Outre les travaux spécifiques à l'antenne de Mayotte, plusieurs départements du Cirad sont intervenus en appui à la direction de l'agriculture et de la forêt, sur des programmes tels que la réhabilitation de la bananeraie soumise à une attaque de cercosporiose noire, l'étude des filières de commercialisation des produits vivriers, la situation sanitaire animale, l'organisation des filières de production de vanille et d'ylang-ylang. A l'occasion de cette restitution, s'est tenue la deuxième réunion du Réseau pour l'agriculture durable de l'océan Indien, organisée par le Cirad et la Chambre professionnelle de Mayotte.

© C. Barthes



Plantation de manioc à Mayotte.

Amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique

Créé en 1998, le département d'amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique est entré en 1999 dans une phase de consolidation de ses programmes et de ses équipes. Ses effectifs ont légèrement progressé, en particulier grâce à une politique de recrutement de postdoctorants, soutenue par le ministère de la recherche, qui vise à renforcer les équipes liées aux partenariats privés et aux nouveaux pôles régionaux. Ils se sont également redéployés outre-mer, préoccupation constante du département qui souhaite développer les partenariats sur le terrain.

En 1999, Montpellier est devenu l'une des Génopoles françaises, spécialisée dans le décryptage du génome des plantes méditerranéennes et tropicales, notamment des poacées. Le département est largement impliqué dans ce domaine avec, entre autres, le projet Génoplante sur le riz, qui a débuté au cours du second semestre de 1999.

© G. Vaitilingom

Le pôle de protection des plantes de la Réunion est désormais un axe fort du redéploiement outre-mer, les négociations avec les partenaires locaux ayant abouti à un accord pour la construction d'une infrastructure scientifique à vocation régionale.

Les programmes d'appui scientifique du département se sont rapprochés des équipes montpelliéraines d'autres institutions de recherche — Inra, Ird, universités, écoles supérieures agronomiques — pour constituer des unités mixtes de recherche, qui sont en cours de validation par les ministères de tutelle. Les liens avec le secteur privé se sont renforcés avec la mise en place, par exemple, d'une unité commune de recherche avec Aventis, pour découvrir de nouveaux gènes codant des protéines insecticides, dont les plantes tropicales devraient à terme bénéficier.

L'effectif des chercheurs en régions tropicales a progressé grâce à de nouvelles affectations, au Sénégal, au Cameroun et aux Philippines, et au renforcement du dispositif réunionnais. D'autres projets devraient se concrétiser prochainement pour établir des liens durables avec les partenaires scientifiques du Sud. ■

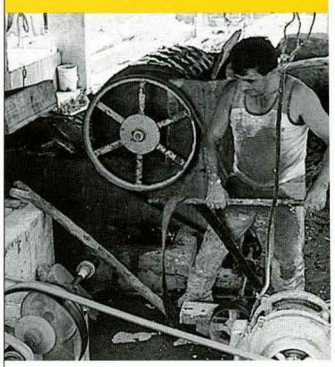
Une initiative au service des entreprises agroalimentaires

Le secteur privé et les organisations professionnelles des pays du Sud jouent un rôle de plus en plus important dans la recherche-développement et l'innovation technologique. Cette évolution amène le Cirad à travailler plus étroitement avec les Pme-Pmi locales et à collaborer davantage avec les grands groupes implantés dans ces pays. La construction de partenariats innovants avec le secteur industriel doit lui permettre d'asseoir son rôle d'ensemblier de l'innovation agroalimentaire et de contribuer au rapprochement entre les entreprises du Nord et du Sud.

Le lancement, en 1998, du projet Prosper — prospective et partenariat entreprise-recherche — s'inscrit dans ce contexte. Son équipe est implantée au Brésil et au Maroc et intervient ponctuellement en Inde, en Thaïlande et au Vietnam. Elle s'appuie sur les réseaux locaux de l'innovation et noue des partenariats avec des organismes de formation, de recherche et de développement comme les universités de l'Etat de Campinas et de São Paulo et l'Embrapa au Brésil, le Procisur, programme de développement technologique, dans les pays du Cône sud ou l'Esimaq, école de management de la qualité, au Maroc. Elle travaille en étroite collaboration avec les institutions de promotion industrielle (chambres de commerce et d'industrie franco-brésiliennes et vietnamiennes, Adepta, Onudi...) et s'attache à promouvoir l'expertise française.

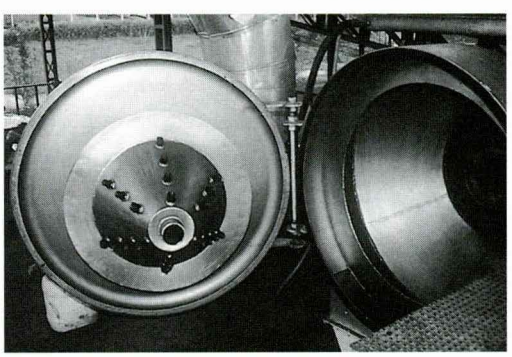
La démarche privilégie l'entreprise et vise une meilleure gestion des flux des produits tout au long de la chaîne alimentaire pour améliorer la qualité, la sécurité et la compétitivité. Elle part de l'analyse des besoins de l'entreprise (mise à niveau de l'outil industriel, assurance qualité, mise en place de filières de qualité) et propose d'établir un diagnostic

Agroalimentaire



© D. Dufour

Equipement dans une féculerie de manioc.



© D. Dufour

La Thaïlande, un partenaire privilégié dans le domaine agroalimentaire

La place qu'occupe la Thaïlande en Asie du Sud-Est dans le domaine agroalimentaire, l'environnement scientifique et technique que les institutions régionales qu'elle accueille peuvent offrir, la présence de l'Ait, Asian Institute of Technology, font de ce pays un partenaire privilégié pour le Cirad. Avec les effets de la crise aujourd'hui estompés, de nouvelles perspectives de collaboration se dessinent. Ainsi, les projets sur la valorisation des déchets de crustacés, des amidons tropicaux et des huiles de poisson, entrepris en collaboration avec l'Ait, vont être renforcés. Les échanges scientifiques vont également se multiplier, que ce soit dans le cadre du programme de formation de professeurs thaïlandais à l'étranger, de l'organisation d'ateliers régionaux sur les technologies agro-industrielles ou de la création d'un mastère eurasiatique en agroalimentaire, coordonné par l'Ensia, Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, en France, et le Searca, centre régional d'étude et de recherche agricoles, en Asie. Le Cirad participera, avec la chambre de commerce franco-thaïe, au projet de création d'une plate-forme de transfert en biotechnologie à l'université de Chiang Maï. Enfin, il sera associé plus étroitement aux démarches de prospection auprès du secteur industriel, et s'investira dans le programme de labélisation des produits thaïlandais en liaison avec le ministère français de l'agriculture et l'Inpi, Institut national de la propriété industrielle.

socio-économique de l'entreprise et de son environnement ou, plus généralement, du secteur agroalimentaire concerné. Sur la base de ce diagnostic, des recommandations sont proposées pour mettre en œuvre les moyens techniques et organisationnels capables d'améliorer la position de l'entreprise face à la concurrence sur les segments de marché visés.

Plusieurs diagnostics ont été réalisés : laiteries, conserveries, industries des produits pour la pâtisserie et des colorants alimentaires, amidonneries, entreprises de valorisation des fruits. Ils ont conduit à proposer des formations et des projets de développement technologique, au Brésil et au Maroc. Ils ont également débouché sur des transferts de technologie ou de savoir-faire, pour une unité de fruits semi-confits, en Inde, et pour la logistique de la chaîne du froid, au Brésil. Ils ont abouti à des études de faisabilité pour la création de centres techniques et de formation professionnelle, au Vietnam, au Maroc et au Brésil.

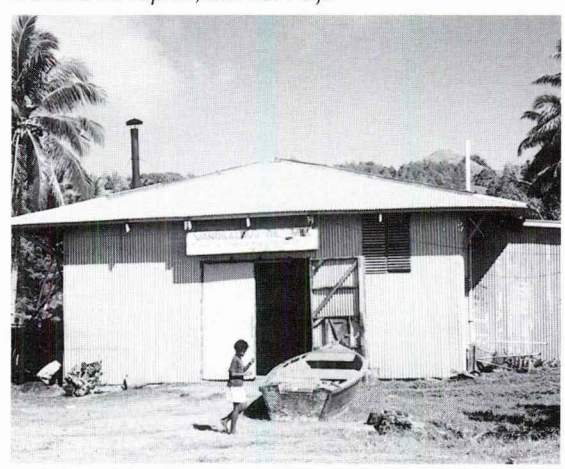
Pour jouer pleinement ce rôle d'ensemblier et d'accompagnateur de l'innovation, l'équipe du projet Prosper conduit des recherches sur les outils et les méthodes d'identification des besoins du secteur privé et d'aide à la décision : diagnostic rapide en entreprise, analyse de gestion des flux, adaptation au contexte socio-économique et culturel des pays en développement, modalités de mise en place des systèmes d'assurance qualité. Ces études spécifiques permettent aux membres de l'équipe de capitaliser et de diffuser des connaissances nouvelles ainsi que de professionnaliser l'approche du secteur privé.

Des biocarburants pour le Pacifique

Le cocotier est une composante essentielle de l'écosystème insulaire de la région du Pacifique. Ses produits, comme le coprah, jouent un rôle fondamental dans l'économie locale, mais leur potentiel est encore largement sous-exploité, en particulier dans le secteur de l'énergie. L'huile de coprah est pourtant une source d'énergie particulièrement bien adaptée à ces territoires isolés et se prête tout à fait à une utilisation comme biocarburant dans les moteurs. Elle a les mêmes qualités que le gazole et émet moins de polluants dans l'atmosphère.

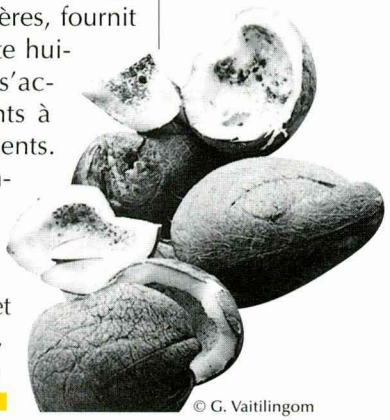
L'expérience menée depuis 1991 sur l'île d'Ouvéa par le Cirad et la province des îles Loyauté de Nouvelle-Calédonie est la seule

Huilerie de coprah, aux îles Fidji.



référence en matière d'électrification rurale à base d'huile de coprah dans cette région. Deux groupes électrogènes fonctionnant à l'huile de coprah y ont été installés, le dernier, en 1999, à l'usine de dessalement d'eau de mer, qui assure l'alimentation en eau douce de l'île. Les deux groupes consomment 120 tonnes d'huile par an, soit près de 40 % de la production de l'île.

Le Cirad a livré deux équipements analogues aux îles Fidji, avec l'aide du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique et de la province des îles Loyauté. L'un, à Vanuabalavu, d'une puissance de 80 kilovoltampères, alimente trois villages et l'autre, à Welagi, d'une puissance de 45 kilovoltampères, fournit l'énergie à un village et à une petite huilerie de coprah. Cette opération s'accompagne de la formation d'agents à l'entretien et au suivi des équipements. Elle servira à promouvoir cette technologie nouvelle dans toute la région. Des opérations similaires devraient voir le jour en Amazonie brésilienne, avec l'huile de palme, et au Soudan, avec l'huile de coton, dans le cadre de l'utilisation des végétaux comme source d'énergie. ■



© G. Vaitilingom

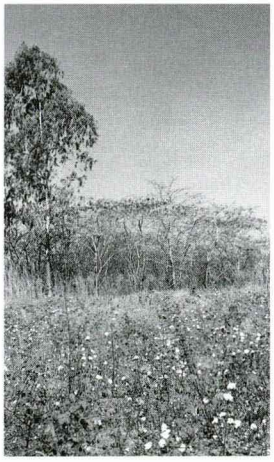
Agronomie

© R. Oliver

Des jachères arborées pour régénérer les sols

Dans les zones de savane du nord du Cameroun, les paysans mettent en place des plantations d'arbres à vocations multiples comme substitut à la jachère naturelle. Pour rationaliser le choix des espèces ligneuses les mieux à même de restaurer la fertilité des terres tout en préservant l'environnement, l'Irad, institut camerounais de recherche agronomique, et les forestiers du Cirad ont mis en place des essais de jachères arborées dans la région de Garoua. Plusieurs espèces — *Acacia polyacantha, Cassia siamea, Eucalyptus camaldulensis* — ont été testées en peuplement monospécifique sur une durée de cinq ans. Le cycle biogéochimique des éléments majeurs de ces peuplements montre que ces espèces ont des effets sur le sol et des stratégies d'exploitation du milieu différents.

La sensibilité des cultures vivrières aux précédents arborés a été étudiée dans le cadre d'une action incitative interinstitutionnelle sur la biologie des sols, qui associe les agronomes du Cirad, de l'Ird et de l'Irad. Toutes les espèces d'arbres, après exploitation et brûlis des résidus sur la parcelle, améliorent la qualité du complexe adsorbant, mais seul *A. polyacantha* a un effet bénéfique sur l'état organique du sol, lié à la fixation symbiotique de l'azote. Les indicateurs d'activité biologique du sol ne font que refléter sa richesse en matière organique. La fourniture d'azote par le sol est très variable d'une année à l'autre et dépend essentiellement des conditions climatiques et de la nature des résidus ; elle est meilleure dans les sols des jachères à *Acacia* et à *Cassia*. Les racines d'*Acacia* persistent d'ailleurs plus longtemps dans le profil du sol que celles des autres espèces.



© R. Oliver

Jachère à Acacia *et à* Eucalyptus, *au Cameroun.*

La culture de maïs mise en place immédiatement après ces jachères a un comportement différent selon l'espèce ligneuse qui l'a précédée tant sur le plan du développement des parties aériennes que de la qualité de l'enracinement et de la production de grains, qui, sans apports minéraux, reste très limitée. De ce point de vue, la jachère à *Acacia* est le meilleur précédent. Lors des deux premières années de remise en culture après *Acacia*, la production du maïs surpasse largement celles qui font suite aux jachères à *Cassia* et à *Eucalyptus*. L'effet s'estompe en troisième année.

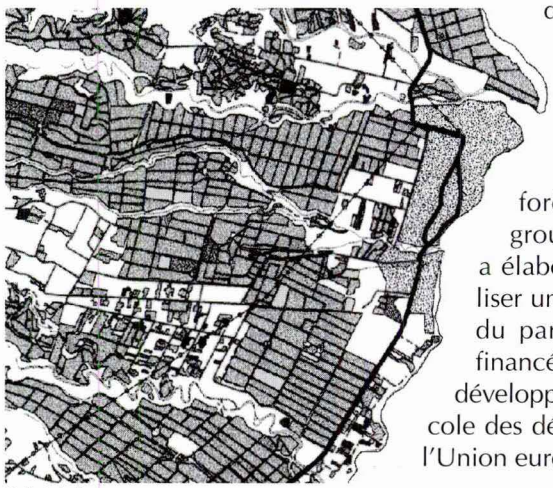
Le Ceraas, un nouveau cadre de coopération

Le Ceraas, Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse, trouve son origine dans un programme de recherche de l'Isra et du Cirad, lancé en 1983, sur l'adaptation à la sécheresse de l'arachide. En 1989, celui-ci a évolué en un centre de recherche et de formation de l'Isra, ouvert au partenariat régional et international. Ce centre a ensuite acquis une autonomie administrative et financière et a été placé, en 1996, sous la tutelle du Coraf, pour bénéficier d'un cadre institutionnel plus conforme à son mandat. Il s'est installé en 1997 à Thiès, au Sénégal. L'Union européenne, la France et la Belgique soutiennent ce centre dynamique, qui pourrait préfigurer les nouvelles formes de partenariat entre le Nord et le Sud. Le Ceraas étudie l'adaptation des plantes à la sécheresse tant du point de vue de l'agronomie et de l'agroclimatologie que de la biométrie, de la physiologie, de la biochimie, de la génétique et, bientôt, de la biologie moléculaire. Il accueille des chercheurs de nombreux pays africains. Deux chercheurs du Cirad y ont été affectés en 1999, un écophysiologiste, qui est aussi chargé des affaires scientifiques, et une spécialiste de la sélection, qui s'intéresse aux composantes moléculaires de la tolérance à la sécheresse de l'arachide.

Cartographie de la sole bananière de Guadeloupe

Après le passage de trois cyclones en 1995, les producteurs de banane de la Guadeloupe ont entrepris un vaste programme de replantation qui a entraîné de profondes modifications du paysage. Afin de disposer d'informations à la fois statistiques et cartographiques sur les surfaces cultivées, le Cirad, en accord avec la Direction de l'agriculture et de la forêt de Guadeloupe et les groupements de producteurs, a élaboré un projet visant à réaliser une cartographie au 1/5 000 du parcellaire. Ce projet a été financé par la Région, l'Office de développement de l'économie agricole des départements d'outre-mer et l'Union européenne.

Carte de la région de Capesterre-Belle-Eau, à la Guadeloupe.



© G. Lainé

Les travaux menés à partir d'une mission aérienne au 1/20 000 ont permis de mesurer et de situer, à 1 mètre près, toutes les parcelles de taille supérieure ou égale à 0,25 hectare et d'estimer les superficies avec une erreur globale maximale de 3 %, soit 150 hectares. Ils ont été complétés par une enquête de terrain effectuée par les techniciens des groupements de producteurs, de la chambre d'agriculture et du Cirad.

Cette précision, à la fois cartographique et statistique, est liée à l'utilisation des techniques de la photogrammétrie pour restituer les surfaces projetées, les points cotés et les courbes de niveau, mais aussi à la création d'un modèle numérique de terrain. Ce dernier a permis de caractériser chaque parcelle par sa pente et son altitude moyenne et, donc, de calculer les surfaces réellement cultivées. La mise à jour du parcellaire a été effectuée à l'aide d'un système Gps *(global positioning system)* en mode différentiel grâce à l'installation pour la première fois à la Guadeloupe d'une station de référence en poste fixe. L'imagerie satellitaire radar en bande C a facilité le repérage des nouvelles implantations sur la Grande-Terre.

Des cartes au 1/75 000 et au 1/25 000, qui donnent les limites des parcelles classées en trois catégories — variétés d'exportation, plantains, parcelles à replanter —, ont été réalisées ainsi que des supports d'enquête au 1/10 000.

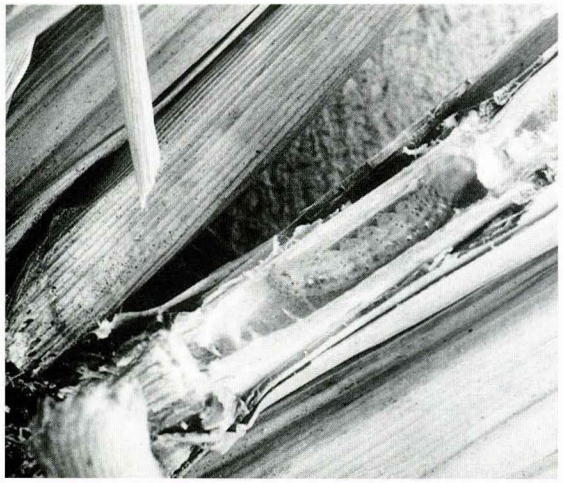
Cet état des lieux était indispensable pour mieux connaître la sole bananière mais devait aussi être utilisable par tous les acteurs de la filière, en particulier les spécialistes de la culture du bananier du Cirad. Ceux-ci ont donc été dotés d'un poste de travail informatique qui leur permet de manipuler des extraits du fichier et d'enrichir progressivement la base de données associée aux parcelles en y adjoignant les attributs de leur choix. L'objectif est en effet de donner aux utilisateurs les moyens de produire eux-mêmes des cartes et des statistiques adaptées à leurs besoins. Il est aussi de contribuer à établir des diagnostics agricoles et environnementaux après intégration de ces données dans un système d'information géographique et croisement avec les informations disponibles sur le milieu. ■

Construire des riz résistants aux insectes, à la salinité ou à la sécheresse

Depuis 1996, le Cirad mène des recherches sur la transformation génétique du riz, qui lui permettent de tester le potentiel de la transgenèse pour la création de génotypes de riz résistants aux contraintes biotiques et abiotiques. Les premiers travaux, entrepris dans le cadre du projet européen Erri, portaient sur la résistance à la pyrale foreuse des tiges, *Chilo suppressalis*. Ils visaient à introduire des gènes synthétiques de protéines entomopathogènes de *Bacillus thuringiensis* associés à des régulateurs de leur expression dans des variétés sensibles de riz par coculture avec *Agrobacterium tumefaciens*. Cette technique de transformation par l'intermédiaire d'*A. tumefaciens* a été retenue car elle permet d'introduire le gène de sélection, qui confère une résistance à l'hygromycine dans ce cas, de telle sorte qu'il puisse être éliminé par la suite, sa ségrégation étant indépendante de celle du gène d'intérêt dans la descendance de la plante transformée. En 1999, la quatrième génération de plantes transgéniques de la variété Ariete a été testée. Ces plantes, qui ont intégré une construction où le gène *cry1B* est placé sous le contrôle du gène, inductible par blessure, de l'inhibiteur de protéase du maïs, sont, comme celles des générations précédentes, totalement résistantes à la pyrale. De plus, les essais ont confirmé que la production de la protéine Cry1B était bien stimulée par blessure mécanique et que la protéine était absente de l'albumen du grain de riz et du pollen de la plante. De nouvelles séries de plantes intégrant des constructions faisant intervenir d'autres promoteurs et d'autres gènes de protéines insecticides ont été produites et seront prochainement évaluées pour leur résistance.

La pyrale foreuse des tiges,
Chilo suppressalis.

© E. Guiderdoni



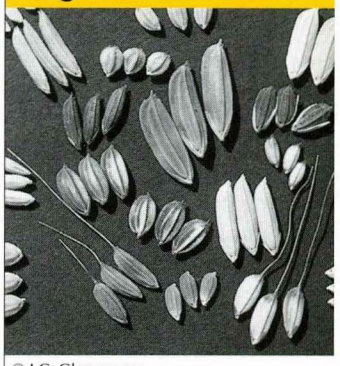
Plus récemment, un autre projet européen, portant sur la tolérance à la sécheresse et à la salinité, a été lancé. Des gènes intervenant dans le métabolisme de la proline ou du tréhalose et dans l'homéostasie des ions, placés sous le contrôle d'un promoteur constitutif, ont été transférés dans des riz de la variété Zuonghuo 321, en utilisant la même méthode de transformation par *A. tumefaciens*. Pour chaque construction, des événements indépendants de transformation ont été obtenus ; ils sont en cours de caractérisation moléculaire et biochimique. Les descendances des plantes les plus prometteuses seront ensuite criblées à l'aide d'un traitement conduisant à un déficit hydrique ou d'une dose discriminante de chlorure de sodium.

Les microsatellites : des marqueurs génétiques précieux

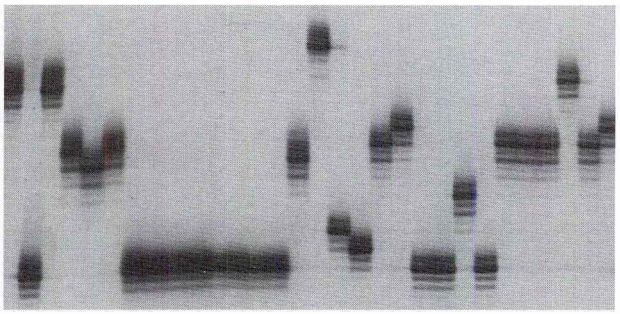
Les microsatellites se composent d'un motif de quelques paires de bases d'Adn, en général deux ou trois, répété en tandem. Ils sont très nombreux dans les génomes eucaryotes et dispersés sur l'ensemble des chromosomes. Chaque microsatellite est encadré de séquences qui lui sont spécifiques et présente une forte diversité allélique du fait de la fréquence des mutations qui l'affectent. Les potentialités de ces marqueurs moléculaires dans l'exploration génomique sont considérables.

L'identification de microsatellites requiert des investissements spécifiques, pour repérer la zone du génome porteuse de motifs de microsatellites puis la séquencer. C'est pourquoi le Cirad utilise les microsatellites déjà disponibles pour les céréales majeures afin de caractériser la diversité des riz méditerranéens ou de

Biotechnologies et ressources génétiques végétales



© J.C. Glaszmann



© J.-L. Noyer

Polymorphisme des microsatellites.

cartographier les gènes importants du maïs et du sorgho. Mais il a également entrepris la production de microsatellites pour le bananier, l'hévéa, le cacaoyer et la canne à sucre.

En 1999, le Cirad a bénéficié de l'aide du Génoscope, Centre national de séquençage, pour séquencer 1 152 clones issus de banques génomiques enrichies de quatre espèces : le cacaoyer, le palmier à huile, la canne à sucre et l'hévéa. L'exploitation des données sur le cacaoyer et le palmier à huile est aujourd'hui terminée et leur intégration aux bases de données publiques est en cours.

Pour le cacaoyer, les séquences ont permis de définir des couples d'amorces pour 145 microsatellites, dont 40, polymorphes pour les croisements de référence, sont cartographiés. Ces microsatellites sont désormais à la disposition des équipes avec lesquelles le Cirad collabore, à la Trinité, au Venezuela, en Côte d'Ivoire, au Brésil et aux Etats-Unis.

Pour le palmier à huile, 81 microsatellites ont été identifiés dont 31 sont polymorphes au sein de la population choisie pour établir la carte de référence. Une vingtaine d'entre eux ont été utilisés pour analyser la diversité du genre *Elaeis*, qui s'avère structurée essentiellement selon l'origine géographique des accessions. Ces mêmes microsatellites, testés sur seize espèces de palmacées parmi lesquelles le dattier et le cocotier, se sont révélés fréquemment transférables d'une espèce à l'autre et l'analyse cladistique des séquences flanquantes de deux de ces locus a permis d'étudier les relations entre huit espèces de palmacées.

Pour la canne à sucre, 191 séquences sur 288 sont analysées et 90 microsatellites ont été détectés, dont 35 sont exploitables pour la cartographie de référence à partir de la variété R570. La polyploïdie de la canne et sa forte hétérozygotie confèrent à ces marqueurs un pouvoir de résolution élevé, qui permet d'identifier les variétés. Ces marqueurs sont à la base

Création de trois unités mixtes de recherche en génétique

Dans le cadre de la décentralisation du système national français de recherche et d'enseignement et de la mise en place d'ensembles régionaux tels que la Génopole, le Cirad s'est engagé dans la constitution d'unités mixtes de recherche en biotechnologie et génomique végétales, formalisant ainsi les liens indispensables qui l'unissent aux universités et aux écoles nationales supérieures agronomiques. Trois unités ont vu le jour en 1999. Deux d'entre elles, « Diversité et génomes des plantes cultivées » et « Biologie du développement des plantes pérennes cultivées », associent l'université et l'Ensa de Montpellier, l'Inra, l'Ird et le Cirad. Elles recouvrent deux thématiques fortes dans le domaine de l'amélioration des plantes : l'analyse de la diversité du génome en vue du repérage de gènes utiles et la micropropagation des plantes pérennes grâce à la maîtrise de l'embryogenèse somatique. La troisième, « Génomique appliquée aux caractères agronomiques », regroupe l'Ensa de Montpellier, l'Inra et le Cirad. Elle se place au cœur d'une stratégie nationale qui vise à développer la génomique et ses applications à Montpellier et dans la région Languedoc-Roussillon. Le Cirad attend de ces alliances un renforcement des collaborations scientifiques avec les autres institutions de recherche et une sensibilisation de l'enseignement supérieur français aux problématiques prioritaires de recherche et de formation du Sud.

Chromosomes de canne à sucre.

© A. D'Hont

d'un travail de cartographie comparée sur plusieurs descendances, réalisé en collaboration avec le Csiro, organisme australien de recherche scientifique.

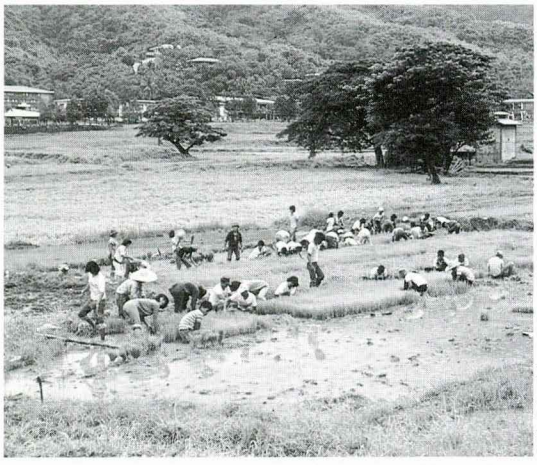
Pour l'hévéa, la moitié des séquences sont analysées et 92 microsatellites ont été trouvés. L'exploitation se poursuit en collaboration avec l'université Kasetsart, en Thaïlande. Dix-sept de ces microsatellites ont permis d'identifier 222 allèles — 13 par locus, en moyenne. Ce polymorphisme, particulièrement commode pour l'analyse des flux de gènes, sert dès à présent à étudier les systèmes de pollinisation naturelle dans un dispositif de verger à graines.

Les marqueurs microsatellites offrent de multiples applications et le Cirad va poursuivre leur production pour de nouvelles plantes tropicales et pour certains champignons pathogènes, largement soutenu dans cette tâche par le Génoscope. ■

Agriculture et crise en Asie du Sud-Est

En 1997, les principales places financières d'Asie du Sud-Est ont été successivement affectées par une crise grave. En Indonésie, la crise économique, provoquée par le triplement du prix des importations alors que la demande intérieure s'effondrait, s'est doublée d'une crise politique, qui aboutira à la démission du président moins d'une année plus tard. L'Indonésie, félicitée encore six mois avant la crise pour ses performances économiques remarquables, sombrait dans une profonde récession. Comment en est-on arrivé là ? Quelles seront les conséquences pour l'avenir de ce pays, élément clé dans la stabilité de la région ? Quel est l'impact de cette crise sur le secteur agricole, qui emploie encore près de la moitié des actifs et qui, selon la théorie économique, devrait bénéficier de la dépréciation monétaire ?

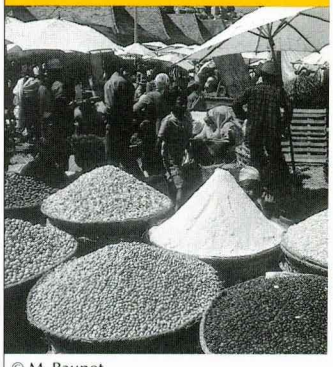
Cette crise spectaculaire a motivé de nombreuses études, généralement macroéconomiques. Une démarche radicalement différente a été retenue par le Cirad. Profitant de leur longue expérience de terrain, les chercheurs du Cirad et leurs partenaires indonésiens ont étudié la crise sous l'angle des agents économiques qui l'ont vécue et ont analysé les productions agricoles, qu'elles soient destinées au marché mondial ou à la consommation locale, à partir d'une grille commune. La diversité des effets de la crise sur le revenu des paysans, du boom à la catastrophe, souligne l'intérêt d'une approche désagrégée, qui étudie les conséquences microéconomiques de phénomènes macroéconomiques. En dépit d'une forte augmentation des prix à la consommation et des matières premières importées, en monnaie locale et compte tenu des coûts d'acheminement, et pour des raisons spécifiques à chaque filière, peu de producteurs ont réellement bénéficié d'une amélioration importante de leurs revenus ; celle-ci sera en définitive de courte durée du fait de l'inflation galopante. Si le secteur agricole a mieux résisté à la crise que l'ensemble de l'économie, on est loin d'un secteur vainqueur qui permettrait à l'économie indonésienne de renouer rapidement avec la croissance. L'ensemble de cette analyse fait l'objet d'un ouvrage, qui paraîtra prochainement en anglais et en français.



© H. Saint Macary

Paysans travaillant dans une pépinière de riz aux Philippines.

Economie, politiques et marchés



© M. Raunet

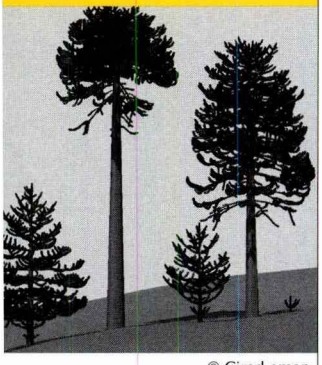
La crise asiatique a aussi exacerbé les tensions qui existaient au sein des différentes provinces de l'archipel. En effet, l'une des caractéristiques du développement de l'Indonésie réside dans la répartition inégale des activités et de la population entre les régions : plus de 60 % de la population habite sur moins de 7 % du territoire — les îles intérieures, Java et Bali — et génère plus de 60 % du produit intérieur brut. De plus, les secteurs qui se développent dans les îles extérieures, majoritairement l'agriculture et le secteur forestier, ont dans bien des cas provoqué une transformation rapide des forêts sans pour autant entraîner un développement régional à long terme. Le temps et l'espace, deux dimensions souvent négligées par l'analyse économique, ont été pris en compte dans un modèle classique d'équilibre général, ce qui a permis de discuter la compatibilité des systèmes de production durables sur le plan écologique avec une dynamique entretenue de développement régional.

Le rééquilibrage régional et le développement durable passent aussi par l'adoption de techniques agricoles adéquates. En 1999, le Cirad a participé à l'évaluation du programme de vulgarisation de la lutte intégrée en Indonésie. La méthode de transfert, fondée sur la formation participative des agriculteurs, a eu un effet considérable, non seulement sur le revenu des agriculteurs et sur l'utilisation des pesticides, mais aussi sur la société rurale en général, qui prend désormais une part active à son développement. Les retombées d'un tel programme sur l'environnement devraient être, à terme, appréciables. ■

Les filières face à la libéralisation des marchés mondiaux

Dans un contexte international d'absence de régulation, l'instabilité des prix des matières premières joue un rôle primordial, notamment pour les filières des produits destinés à l'exportation. Ce constat et la nécessité de mieux comprendre les enjeux du prochain cycle de négociations de l'Organisation mondiale du commerce, le Development round, *ont conduit le Cirad, en collaboration avec l'association Solagral, à approfondir ses études sur les mécanismes de réaction des filières face à une libéralisation croissante des marchés mondiaux. Ainsi, l'analyse menée dans le cas du sucre souligne la très forte volatilité des prix mondiaux et, par conséquent, l'importance des quotas à prix garanti par le protocole sur le sucre des accords de Lomé pour l'économie de certains pays de la zone Afrique, Caraïbe, Pacifique. Un modèle de fonctionnement de la filière a été construit en collaboration avec l'Inra ; ses premiers résultats montrent que la libéralisation complète du commerce international pourrait amplifier les fluctuations des prix mondiaux.*

Modélisation des plantes



© Cirad-amap

Visualiser les grands paysages et leur évolution dans le temps

Comment visualiser en images de synthèse tridimensionnelles les données contenues dans les systèmes d'information géographique ? Comment modéliser et simuler l'évolution des grands paysages à partir des règles établies par les urbanistes et les aménageurs ? C'est pour répondre à ces questions que le Cirad a développé un nouveau logiciel, Imagis, qui complétera la gamme actuelle des produits Amap. Conçu et validé dans le cadre du consortium Imago-Métropolis, financé par l'Union européenne, ce logiciel est le fruit d'une alliance avec l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, le département d'architecture du Politecnico de Milan, en Italie, et une société belge de services spécialisée en télédétection et en systèmes d'information géographique, Eurosense.

Imagis est capable de créer des scènes tridimensionnelles à partir de bases de données géographiques : relief, hydrographie, végétation, occupation du sol, infrastructures. Il aidera ainsi les acteurs intervenant sur le paysage à concevoir et à valider leurs plans d'aménagement à grande échelle, mais aussi à en évaluer l'impact et l'évolution dans le temps. Il constituera aussi un outil de communication et de concertation. Imagis sera prochainement commercialisé auprès des professionnels de la planification et de l'aménagement du territoire qui utilisent des systèmes d'information géographique. Imagis préfigure

© laurif

Reconstitution d'une vue du village de Chalifert avec Imagis.

la manière dont les logiciels de la gamme Amap seront progressivement intégrés dans des systèmes d'information dédiés au suivi et à la gestion des espaces ruraux et périurbains.

Trois projets pilotes ont été menés avec des versions en développement d'Imagis afin d'en établir l'intérêt générique. L'un porte sur la modélisation de l'aménagement de sablières abandonnées dans l'Est parisien en vue de leur reconversion en parc de loisirs ; le deuxième concerne la visualisation de l'installation d'une ligne à haute tension dans un paysage sensible de Belgique ; le dernier vise à reconstituer les paysages de l'Etrurie, en Italie, aux périodes protohistoriques.

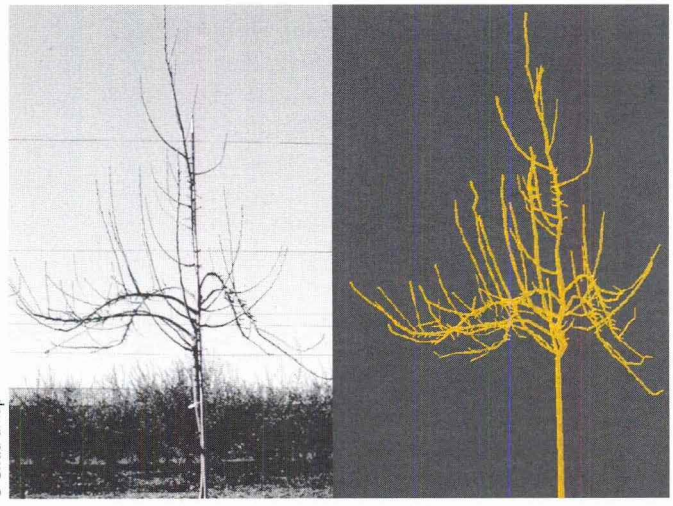
Former les chercheurs à la mesure et à l'analyse de l'architecture des plantes

Depuis plus de cinq ans, un ensemble de méthodes de mesure, d'analyse et de modélisation de l'architecture des plantes a été mis au point par le Cirad en collaboration avec l'Inra. Cette méthode est essentiellement destinée aux chercheurs — botanistes, agronomes, forestiers, biométriciens et modélisateurs. Elle vise à décrire la topologie et la géométrie des plantes que ce soit pour analyser la variabilité génétique de leur morphologie, pour évaluer les effets du milieu sur l'architecture végétale, pour comprendre et prédire le fonctionnement des plantes et leurs interactions avec l'environnement, pour simuler leur croissance ou pour utiliser des maquettes tridimensionnelles, en télédétection par exemple. Cette méthode est intégrée dans le logiciel Amapmod ainsi que dans les logiciels associés de numérisation de l'architecture des plantes.

Architecture des plantes et télédétection

La simulation de maquettes tridimensionnelles de plantes permet de reconstituer des formations végétales très réalistes et offre des bases nouvelles pour la simulation et l'interprétation des signaux mesurés en télédétection.
Dans le domaine du spectre solaire, le Cirad a développé plusieurs modèles qui mettent à profit les informations tridimensionnelles des maquettes pour simuler la réflectance directionnelle des couverts végétaux. Ces modèles sont mis en œuvre par les chercheurs du Cirad dans le cadre du projet international Salsa (Semi-Arid Land Surface-Atmosphere Experiment) pour simuler et interpréter la réflectance de prairies semi-arides au Mexique en liaison avec l'Imades, institut de l'environnement de l'Etat de Sonara. Dans le domaine des ondes radar, l'interface Amap2sar fait le lien entre les maquettes et les modèles électromagnétiques simulant l'écho radar des surfaces naturelles. On peut ainsi identifier les principales sources de diffusion en fonction du stade de croissance des arbres. Une application, réalisée en liaison avec le Cnrs de Dijon et le Cpdi, centre d'imagerie numérique du Venezuela, porte sur l'interprétation du signal radar sur une grande plantation de pins vénézuélienne de 500 000 hectares. Elle a permis de réaliser des cartes de la ressource forestière, selon le volume de bois par hectare, avec une précision globale de 13 %.

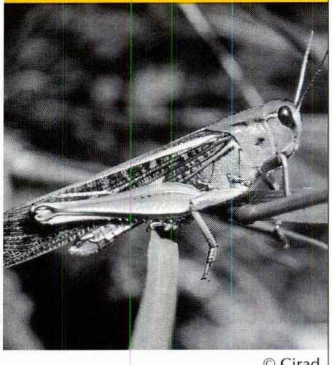
© Cirad-amap


© Cirad-amap

Pommier en hiver et sa numérisation tridimensionnelle.

Pour transmettre la méthode et ses outils, contribuer à la faire évoluer et conforter des collaborations scientifiques, le Cirad et l'Inra ont mis en place un cycle de formation autour de ce logiciel. Cette formation comprend un volet théorique sur la formalisation, le codage et la numérisation de l'architecture végétale, une partie consacrée à la programmation et des travaux pratiques. Les deux premières sessions, d'une semaine chacune, se sont déroulées à la fin de 1999, à Montpellier et à Clermont-Ferrand. Une quarantaine de chercheurs du Cirad et de l'Inra, mais aussi des scientifiques thaïlandais, congolais et espagnols, ont participé à cette formation. La prochaine session, prévue en septembre 2000, devrait également accueillir des chercheurs argentins, chiliens et canadiens. ■

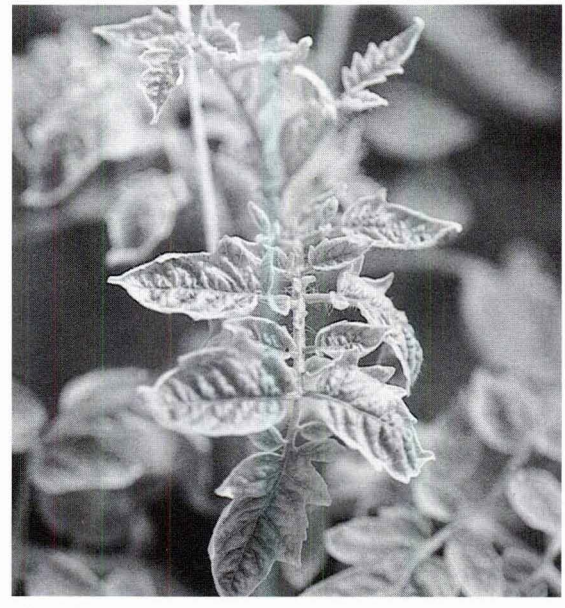
Protection des cultures


© Cirad

Suivre la progression du virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate

Les progrès des échanges internationaux ont souvent des répercussions fâcheuses dans le domaine de la pathologie. Ainsi, depuis une dizaine d'années, l'espèce israélienne du virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV-IL), un *Begomovirus* de la tomate originaire de l'est du bassin méditerranéen, se propage vers de nouvelles zones géographiques. Décrit depuis une quarantaine d'années au Moyen-Orient, ce virus a été détecté dans la Caraïbe en 1993, au Portugal en 1995, en Espagne en 1997 et aux Etats-Unis en 1998. Le Cirad a participé à la mise en évidence de la progression géographique récente du virus, en réalisant des diagnostics moléculaires sur des échantillons de plantes de tomate provenant de la Réunion, en 1998, du Maroc et du sud de la France, en 1999.

L'homogénéité moléculaire du virus de la Réunion, déterminée sur des séquences partielles des génomes de plusieurs isolats, laisse supposer que la contamination de l'île est récente et que l'inoculum provient d'une seule origine géographique. En revanche, des analyses similaires effectuées au Maroc prouvent que l'on est en présence ici de deux isolats bien distincts. Quant aux contaminations détectées dans le sud de la France, elles ont été provoquées par deux espèces distinctes du virus, TYLCV-IL et TYLCV-Sar, l'espèce sarde qui, pour le moment, reste confinée dans



Plant de tomate atteint de TYLCV, à la Réunion.

l'ouest du bassin méditerranéen. Les identifications ont été réalisées en concertation avec les services de la protection des végétaux en ce qui concerne les échantillons français et avec la Sasma, une société agricole de services marocaine, pour les analyses effectuées au Maroc.

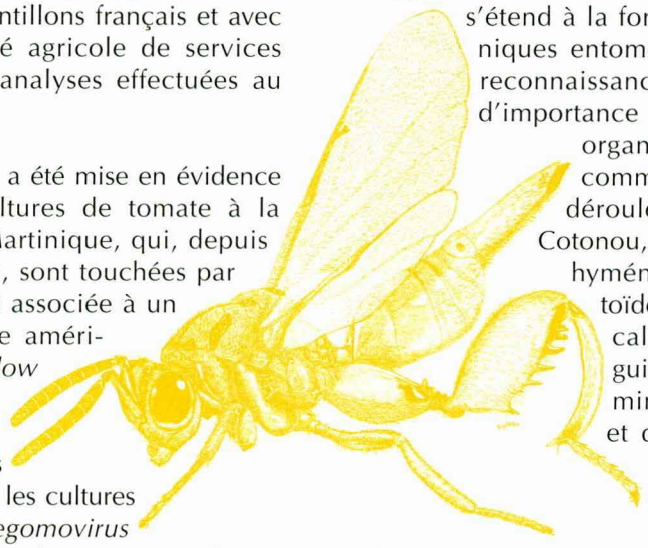
Une situation similaire a été mise en évidence par l'Inra sur les cultures de tomate à la Guadeloupe et à la Martinique, qui, depuis les années 1992-1993, sont touchées par une maladie qui a été associée à un *Begomovirus* d'origine américaine, le *Potato yellow mosaic virus*.

Face à la gravité des dégâts occasionnés sur les cultures maraîchères par les *Begomovirus* et par les mouches blanches vectrices de ces virus, une équipe pluridisciplinaire de l'Inra et du Cirad, qui réunit virologues, entomologistes et sélectionneurs, a été constituée afin de poursuivre les recherches. Cette équipe travaille à la Réunion, à Montpellier et à la Guadeloupe.

La systématique et la faunistique au service de la lutte intégrée

Dans les régions tropicales et équatoriales, la biodiversité est considérable, les introductions accidentelles de ravageurs sont fréquentes, les pratiques agricoles et les méthodes de lutte évoluent rapidement. De nouvelles situations phytosanitaires se créent ainsi chaque jour. Pour mettre en place des stratégies de lutte appropriées, tout particulièrement la protection intégrée, l'identification précise et rigoureuse des ravageurs, de leurs prédateurs et de leurs parasitoïdes constitue une étape incontournable.

L'unité spécialisée de faunistique et de systématique du Cirad possède une expertise reconnue dans ce domaine, qui s'appuie notamment sur une collection de référence, comptant plus de 300 000 spécimens en provenance de toutes les régions tropicales, et sur un réseau de spécialistes. Cette unité est sollicitée par les entomologistes du Cirad, bien sûr, mais aussi par les instituts de recherche ou de développement du Sud et du Nord. Son rôle s'étend à la formation aux techniques entomologiques et à la reconnaissance des insectes d'importance économique. Elle organise des stages, comme celui qui s'est déroulé récemment à Cotonou, au Bénin, sur les hyménoptères parasitoïdes d'Afrique tropicale, et réalise des guides pour la détermination des genres et des familles d'insectes, largement utilisés.



Mais face à la demande croissante d'identification biologique à des fins agricoles ou médicales, à l'évolution des techniques de détermination et aux moyens de plus en plus importants que ces disciplines requièrent, il devenait nécessaire de franchir une nouvelle étape. Ce sera chose faite avec la création du Cisiam, Centre interorganisme de systématique et d'identification pour l'agriculture et la médecine, qui devrait prochainement voir le jour à Montpellier. Né de la volonté des taxonomistes de l'Ensa de Montpellier, du Cirad, de l'Inra, de l'Ird et du Laboratoire national de la protection des végétaux de conjuguer leurs moyens et leurs compétences, ce centre permettra, entre autres, de développer les nouvelles techniques applicables à la systématique et à l'identification, comme les marqueurs moléculaires et les systèmes informatisés d'aide à la détermination, pour répondre encore plus efficacement aux besoins de la lutte intégrée. ■

Oviposition de Podagrion pachymerum.

© G. Delvare

Le Cirad en bref

L'organisation générale

Les départements

Les conseils

Les délégations scientifiques

Les représentants

Le Cirad dans le monde

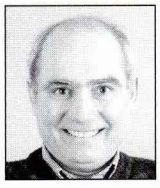
Le budget et le personnel

Les chercheurs formés par le Cirad

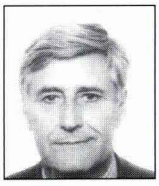
Les adresses du Cirad

Liste des sigles

L'organisation



Président du conseil scientifique
Guy Riba



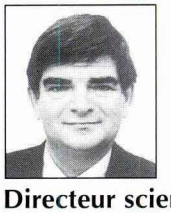
Président du conseil d'administration
Daniel Nahon

Directeur général
Bernard Bachelier

Délégué à l'information scientifique et technique
Jean-François Giovannetti

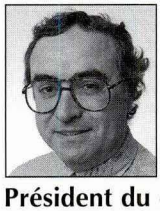
Délégué à l'informatique et aux télécommunications
Joël Sor

Secrétaire général
Michel Eddi



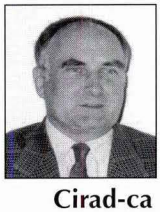
Directeur scientifique
Michel Griffon

Directeur des relations extérieures
Alain Derevier



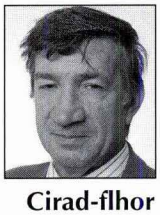
Président du centre de Montpellier
Gérard Matheron

Directeurs de département



Cirad-ca
Alain Capillon

Cirad-cp
Denis Despréaux



Cirad-flhor
Jean-Pierre Gaillard

Cirad-emvt
Joseph Domenech

Cirad-forêt
Jacques Valeix

Cirad-tera
Jean Pichot

Cirad-amis
Vincent Dollé

générale du Cirad en 2000

Comptabilité et affaires financières
Marc Gélis, directeur

Ressources humaines
François Fort, directeur

Aménagements et maintenance
Didier Servat, directeur

Dom-Tom
François Pointereau, délégué

Délégations dans les Dom-Tom
(voir page 87)

Information scientifique et technique

Information et documentation
Lucile Grasset

Edition
Martine Séguier-Guis

Direction scientifique
Directeur adjoint
Jacques Meunier

Délégations

Agronomie, gestion de l'environnement et des ressources naturelles
Eric Malézieux

Connaissance et amélioration des plantes
Philippe Feldmann

Défense des cultures
Marie-line Caruana

Productions animales
Philippe Lhoste

Technologie
Guy Linden

Economie et sociologie
Benoit Daviron

Mathématiques et informatique appliquées
Marc Jaeger

Echanges scientifiques internationaux
Michel Benoit-Cattin

Observatoire du changement
Marie de Lattre-Gasquet

Direction des relations extérieures

Afrique et océan Indien
Daniel Annerose
André Martin

Amérique latine et Caraïbe
André de Courville

Asie et Pacifique sud
Jean-Luc Renard

Organisations internationales, Moyen-Orient
Pierre-Luc Puglièse

Représentations à l'étranger
(voir page 87)

Partenariat économique
Christian Brunin

Partenariat de développement
Alain Guyot

Communication externe
Anne Hébert

Les départements du Cirad en 2000

Département des cultures annuelles Cirad-ca

Alain Capillon, directeur
Rolland Guis, directeur adjoint chargé du partenariat et de la coopération
Hervé Saint Macary, directeur adjoint chargé de l'animation scientifique
Léandre Mas, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion
Jean-Luc Khalfaoui, chargé de la valorisation

Etienne Hainzelin, chef du programme canne à sucre
Jean-Philippe Deguine, chef du programme coton
Pierre Fabre, chef du programme cultures alimentaires
Francis Forest, chef du programme écosystèmes cultivés

Département des cultures pérennes Cirad-cp

Denis Despréaux, directeur
Dominique Nicolas, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques
Thierry Corbineau, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion
Christian Picasso, chargé de la valorisation

Philippe Petithuguenin, chef du programme cacao
Dominique Berry, chef du programme café
André Rouzière, chef du programme cocotier
Jérôme Sainte-Beuve, chef du programme hévéa
Alain Rival, chef du programme palmier à huile

Département des productions fruitières et horticoles Cirad-flhor

Jean-Pierre Gaillard, directeur
Jacky Ganry, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques
Pierre-Jean Ballard, chef du service d'appui à la gestion
Jean-Paul Meyer, chargé de la valorisation

Thierry Goguey, chef du programme arboriculture fruitière
Jacky Ganry, chef du programme bananiers, plantains et ananas
N..., chef du programme productions horticoles

Département d'élevage et de médecine vétérinaire Cirad-emvt

Joseph Domenech, directeur
Didier Richard, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques
Guilhem Lacombe, chef du service d'appui à la gestion
Georges Rippstein, chef du service enseignement et formation
Jean-François Renard, chargé de la valorisation

François Monicat, chef du programme écosystèmes naturels et pastoraux
Bernard Faye, chef du programme productions animales
Emmanuel Camus, chef du programme santé animale

Département des forêts Cirad-forêt

Jacques Valeix, directeur
Eric Loffeier, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques
Yves Danglehant, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion
Patrick-Yves Durand, chargé de la valorisation

Jean-Guy Bertault, chef du programme forêts naturelles
Bernard Mallet, chef du programme arbres et plantations
Christian Sales, chef du programme bois

Département territoires, environnement et acteurs Cirad-tera

Jean Pichot, directeur
Jean-Philippe Tonneau, directeur adjoint chargé des affaires scientifiques
Léandre Mas, adjoint au directeur, chef du service d'appui à la gestion
Anne-Marie Gotanègre, chargée de la valorisation

Bruno Losch, chef du programme agricultures familiales
Emmanuel Torquebiau, chef du programme espaces et ressources
Guy Faure, chef du programme savanes et systèmes irrigués
Alain Ducreux, chef du programme tropiques humides et insulaires

Département d'amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique Cirad-amis

Vincent Dollé, directeur
Jacques Schwendiman, chargé des affaires scientifiques
Francis Ercole, chef du service d'appui à la gestion
Alain Chauchard, chargé de la valorisation
Dany Griffon, chargé du suivi de la qualité

Anne-Lucie Wack, chef du programme agroalimentaire
Florent Maraux, chef du programme agronomie
Jean Christophe Glaszmann, chef du programme biotechnologies et ressources génétiques végétales
Daniel Deybe, chef du programme économie, politiques et marchés
François Houllier, chef du programme modélisation des plantes
Xavier Mourichon, chef du programme protection des cultures

Les conseils du Cirad en 2000

Le conseil d'administration

Président
Daniel Nahon

Représentants de l'Etat
Alain Coléno, représentant du ministre de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie
Yves Saint-Geours, représentant du ministre des affaires étrangères
Lucien Scotti, représentant du ministre chargé du budget
Bernard Guérin, représentant du ministre de l'agriculture et de la pêche
Daniel Metayer, représentant du ministre chargé des départements et territoires d'outre-mer
Bertrand Hervieu, président de l'Inra

Personnalités extérieures au Cirad choisies en raison de leurs compétences
Michel Fichet, ancien président de la Cfdt
Alain Godard, président du directoire Aventis Crop Science
Henry Jouve, président de l'Afdi
Philippe Lazar, président de l'Ird
Christiane Mercier, ancien directeur scientifique du groupe Danone

Représentants élus du personnel
Alain Bertrand, Henri Calba, Patrick d'Aquino, Tristan Durand-Gasselin, Didier Montet, Marc Roesch

Le conseil scientifique

Président
Guy Riba, Inra, France

Personnalités scientifiques extérieures au Cirad
Ricardo Abramovay, Cidade Universitaria, São Paulo, Brésil
Bernard Chevassus-au-Louis, Afssa, Inra, France
Alain de Janvry, University of California, Etats-Unis
Herman Van Keulen, Plant Research International, Pays-Bas
Patrice Levang, Ird, France
Oumar Niangado, Délégation Fondation Novartis, Mali
Janet Riley, Iarc-Rothamsted, Royaume-Uni

Personnalités scientifiques du Cirad
Anne-Lucie Wack, chef du programme agroalimentaire
Bernard Reynaud, responsable du pôle protection des plantes

Représentants élus du personnel
Martine Antona, Emile Cros, Bernard Dupuy, Jacques Lançon, Marcel de Raïssac

Les délégations scientifiques en 2000

Agronomie, gestion de l'environnement et des ressources naturelles

Délégué scientifique
Eric Malézieux

Chargé de mission
Guy Trébuil

Comité scientifique

Président
Bernard Seguin, Inra

Membres externes
Christian Feller, Ird
Robert Habib, Inra
Bertrand Ney, Ina-pg
François Papy, Inra
Jean-Pierre Raison, université Paris X
Bernard Saugier, université Paris XI
Gilles Thevenet, Itcf
Jacques Wéry, Agro Montpellier

Membres internes
Représentants des départements

Connaissance et amélioration des plantes

Délégué scientifique
Philippe Feldmann

Chargée de mission
Hélène Joly

Comité scientifique

Président
André Charrier, Agro Montpellier

Membres externes
Michel Caboche, Inra
Michel Delseny, Cnrs, université de Perpignan
Serge Hamon, Ird
Antoine Kremer, Inra
Pierre-Louis Lefort, Geves

Membres internes
Représentants des départements

Défense des cultures

Déléguée scientifique
Marie-line Caruana

Comité scientifique

Président
Charles-Antoine Dedryver

Membres externes
Stéphane Blanc, Inra
Thierry Candresse, Inra
Alan Kirk, laboratoire européen Ebcl/Usda
Marc-Henri Lebrun, Cnrs, Aventis
Catherine Masson-Boivin, Lstm, Ird
Jean-Loup Notteghem, Agro Montpellier

Membres internes
Représentants des départements

Productions animales

Délégué scientifique
Philippe Lhoste

Comité scientifique

Président
Bernard Hubert, Inra

Membres externes
François Bocquier, Agro Montpellier
Alain Bourbouze, Iam
Jean Chantal, Env Toulouse
Antoine Cornet, Ird
Jean-Baptiste Coulon, Inra
Edmond Tchakérian, Institut de l'élevage

Membres internes
Représentants des départements

Technologie

Délégué scientifique
Guy Linden

Comité scientifique

Président
Didier Majou, Actia

Membres externes
Jean-Charles Costier, entreprise Costier, Perpignan
Robert Duchamp, Ensam, Paris
Gérard George, Skw, Grasse
Daniel Guitard, Lept-Ensam, Bordeaux
Philippe Schill, Michelin
Gilles Trystram, Ensia
Georges Vermeersch, Sofiproteol, Paris

Membres internes
Représentants des départements

Economie et sociologie

Délégué scientifique
Benoit Daviron

Comité scientifique

Président
Denis Requier-Desjardins, université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines

Membres externes
Francis Akindes, université de Bouaké, Côte d'Ivoire
Jean-Marie Boisson, université Montpellier I
Marie-Christine Cormier-Salem, Ird
Christopher Delgado, Ifpri
Afranio Garcia, Ehess
Sylvie Lambert, Inra
Bertil Sylvancer, Inra
Steve Wiggins, université de Reading, Royaume-Uni

Membres internes
Représentants des départements

Mathématiques et informatique appliquées

Délégué scientifique
Marc Jaeger

Comité scientifique
en cours de nomination

Les représentants du Cirad

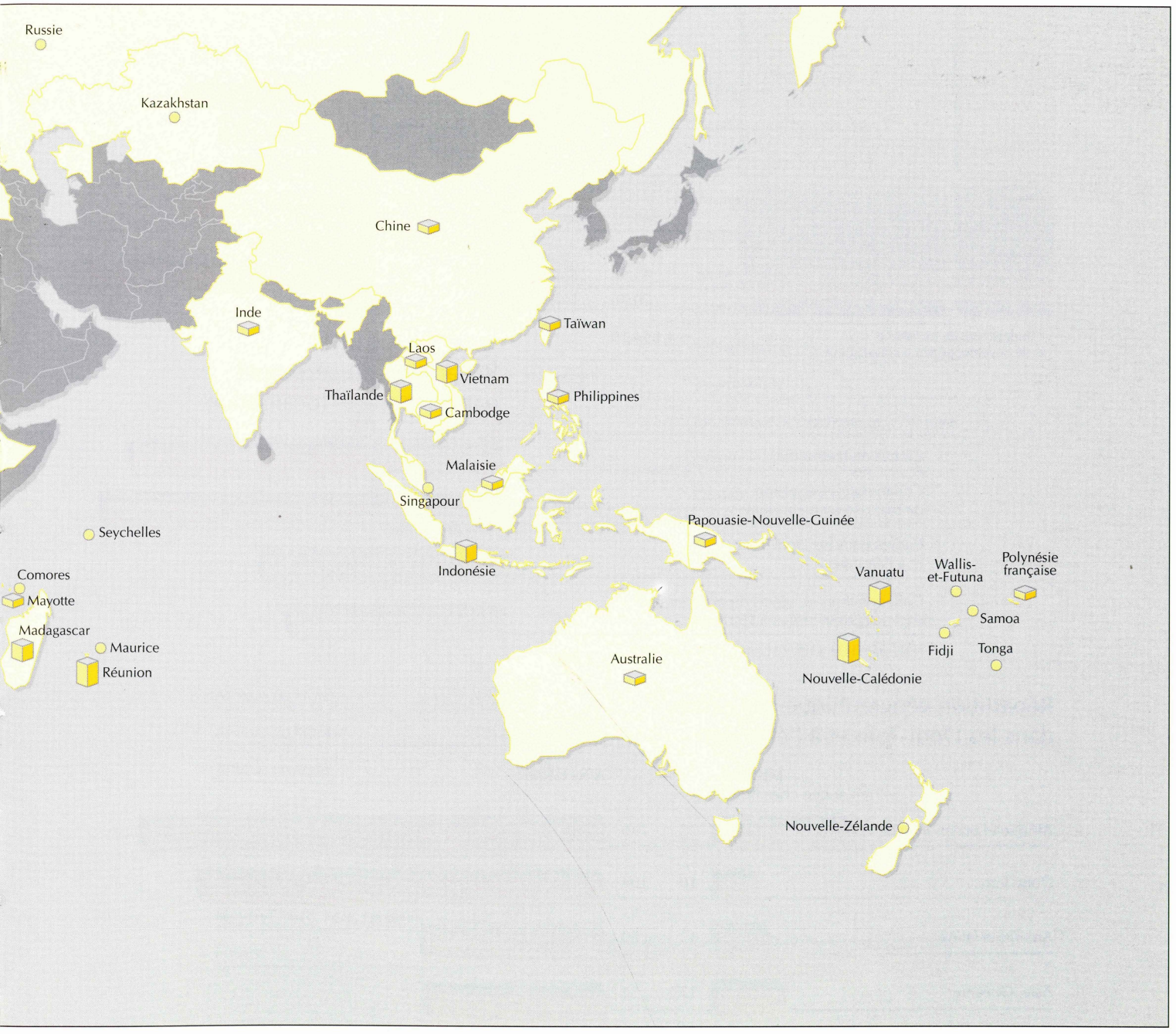
Dans les départements et territoires d'outre-mer

Guadeloupe, **Hubert Manichon**
Guyane, **Jean-Jacques Baraer**
Martinique, **Philippe Melin**
Mayotte, **Gilbert Vallée**
Nouvelle-Calédonie, **Thierry Mennesson**
Polynésie française, **Vincent Baron**
Réunion, **Michel Trébel**

A l'étranger

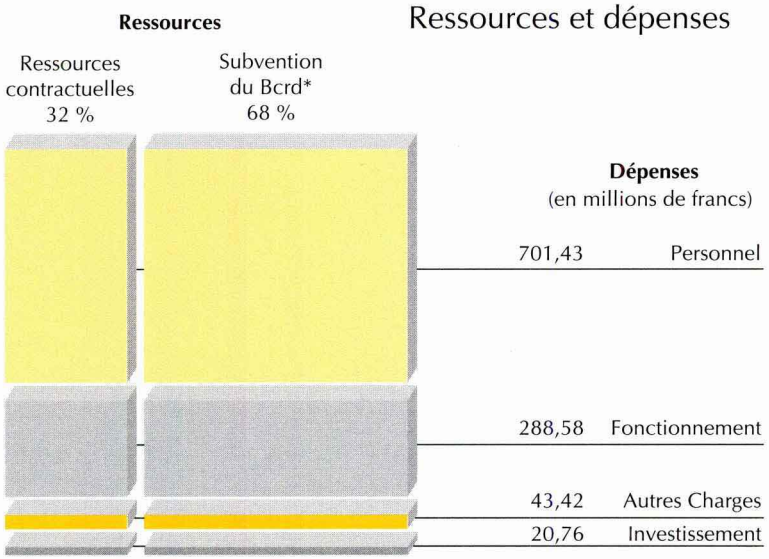
Afrique du Sud, **Jean-Paul Loyer**
Amérique centrale, **Benoît Bertrand**
Bénin, **Philippe Vernier**
Botswana, **Patrick Caron**
Brésil, **François Bertin**
Burkina, **Georges Subreville**
Cameroun, **Jean-Louis Reboul**
Caraïbe (pays insulaires), **Hubert Manichon**
Chine, **Zheng Li**
Congo, **Jean-Pierre Bouillet** (par intérim)
Côte d'Ivoire, **Patrice de Vernou**
Etats-Unis, **Jill Barr**
Guinée, **Edmond Viricelle**
Indonésie, **Gabriel de Taffin**
Madagascar, **Jean-Louis Messager**
Mali, **Georges Subreville** (en résidence au Burkina), **Yves Nouvellet,** adjoint
Océan Indien, **Michel Trébel**
Pacifique sud, **Thierry Mennesson**
Sénégal, **Jacques Dubernard**
Thaïlande, **Jacques Pagès**
Vanuatu, **Bernard Dolacinski**
Vietnam, **Gilles Mandret**
Zimbabwe, **Dominique Dulieu**

Le Cirad dans le monde


Russie
Kazakhstan
Chine
Inde
Taïwan
Laos
Vietnam
Thaïlande
Philippines
Cambodge
Malaisie
Singapour
Seychelles
Papouasie-Nouvelle-Guinée
Indonésie
Comores
Mayotte
Madagascar
Maurice
Réunion
Australie
Vanuatu
Wallis-et-Futuna
Polynésie française
Samoa
Fidji
Tonga
Nouvelle-Calédonie
Nouvelle-Zélande

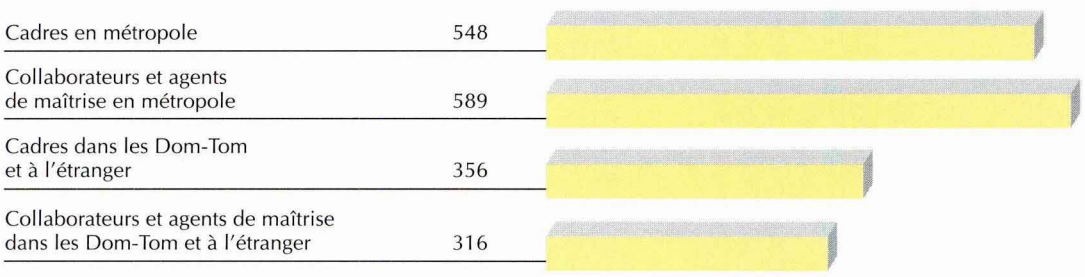
Le budget et le personnel du Cirad en 1999

Ressources et dépenses

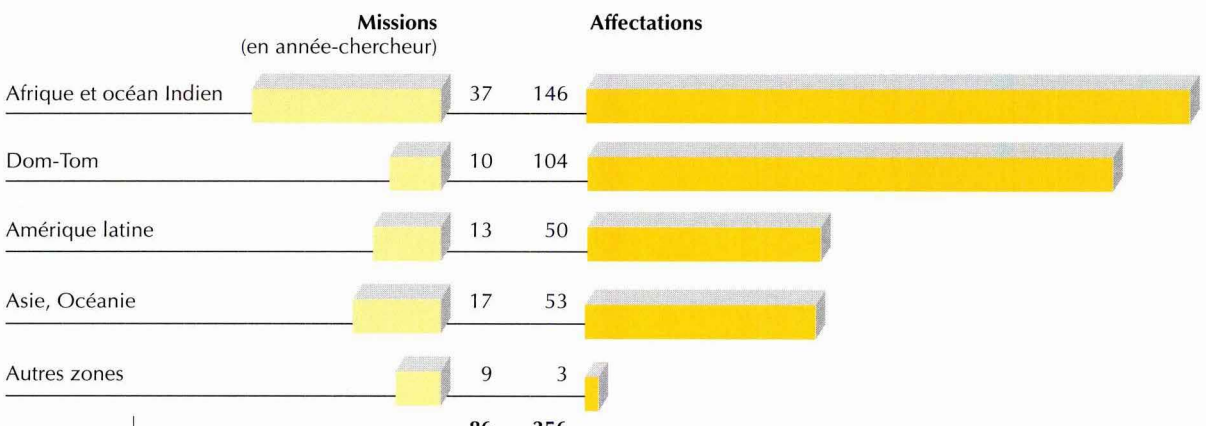


* Budget civil de recherche et de développement technologique

Répartition du personnel par catégorie et localisation

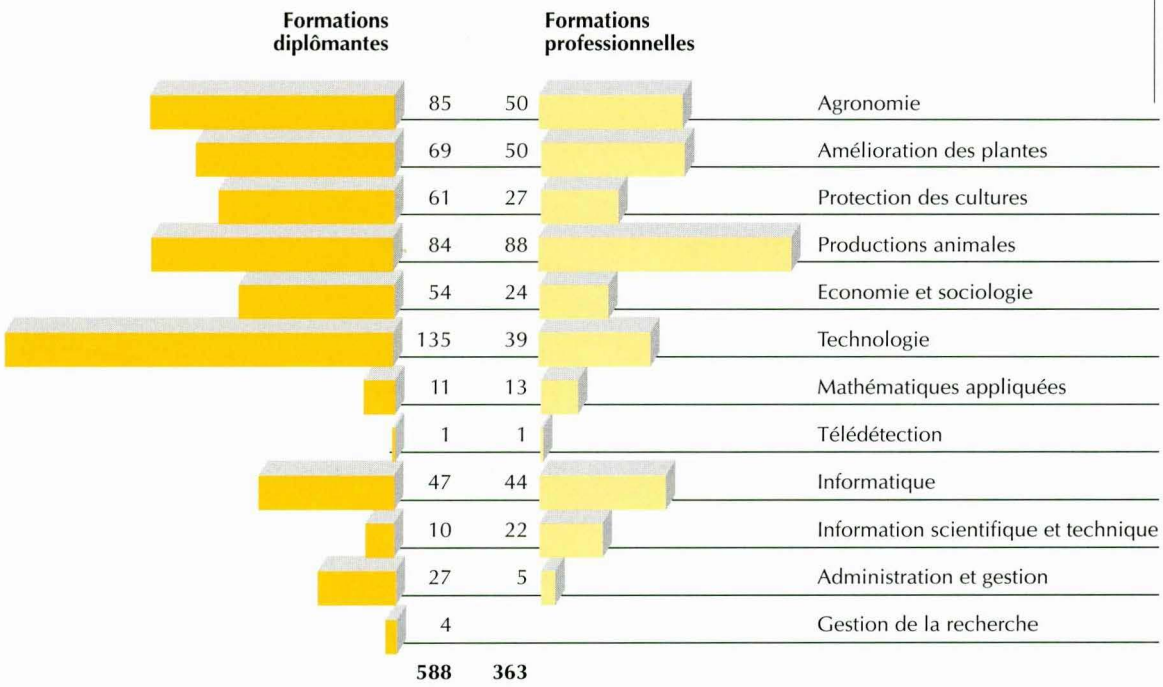


Répartition géographique des cadres dans les Dom-Tom et à l'étranger

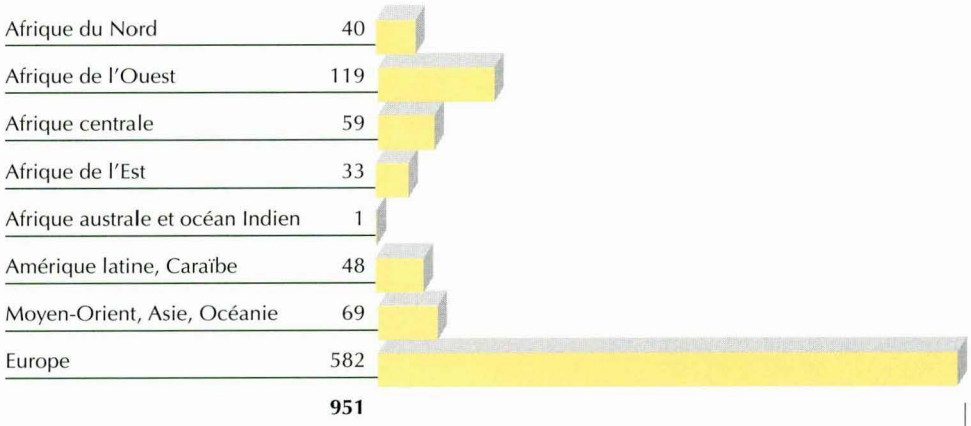


Les chercheurs formés par le Cirad en 1999

Répartition par discipline et par type de formation



Origine géographique des chercheurs en formation



Les adresses du Cirad

Siège social

42, rue Scheffer
75116 Paris
France
Téléphone : 01 53 70 20 00
Télécopie : 01 47 55 15 30

Centre de recherches de Montpellier

Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France
Téléphone : 04 67 61 58 00
Télécopie : 04 67 61 59 86

Campus international du Jardin tropical de Paris

45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle
94736 Nogent-sur-Marne Cedex
France
Téléphone : 01 43 94 72 00
Télécopie : 01 43 94 73 49

Station de recherches agronomiques de San Giuliano, Corse

Sra Inra-Cirad
20230 San Giuliano
France
Téléphone : 04 95 59 59 22
Télécopie : 04 95 59 59 37

Le Cirad dans les Dom-Tom

Guadeloupe
M. le délégué
Station de Neufchâteau
Sainte-Marie, 97130 Capesterre-Belle-Eau
Téléphone : 05 90 86 17 90
Télécopie : 05 90 86 17 91

Guyane
M. le délégué
BP 701, 97387 Kourou Cedex
Téléphone : 05 94 32 73 50
Télécopie : 05 94 32 73 51

Martinique
M. le délégué
BP 153, 97202 Fort-de-France Cedex
Téléphone : 05 96 71 92 01
Télécopie : 05 96 63 07 24

Mayotte
M. le délégué
BP 1304, 97600 Mamoudzou
Téléphone : 02 69 61 21 21
Télécopie : 02 69 61 21 19

Nouvelle-Calédonie
M. le délégué
BP 73, 98890 Païta
Téléphone : (687) 43 74 15
Télécopie : (687) 43 74 16

Polynésie française
M. le délégué
BP 467, 98713 Papeete
Téléphone : (689) 42 47 03
Télécopie : (689) 42 46 93

Réunion
M. le délégué
BP 20, 97408 Saint-Denis Messageries Cedex 9
Téléphone : 02 62 52 80 00
Télécopie : 02 62 52 80 01

Le Cirad à l'étranger

Afrique du Sud
M. le représentant
Agribis c.c.
Po Box 70793, Bryanston 2021
Téléphone : (27) 11 706 77 83
Télécopie : (27) 11 706 76 54

Amérique centrale
M. le correspondant
c/o Iica/Promecafe
Apartado postal 6742-1000, San José, Costa Rica
Téléphone : (506) 556 09 38
Télécopie : (506) 556 09 38

Bénin
M. le correspondant
Cirad-Iita, 08 BP 0932, Cotonou
Téléphone : (229) 35 01 88
Télécopie : (229) 35 05 56

Botswana
M. le correspondant
c/o Saccar
Private Bag 00108, Gaborone
Téléphone : (267) 328 775
Télécopie : (267) 328 806

Brésil
M. le représentant
SHIS–QI 15
Conjunto 3, casa 1
71 635-230 Brasilia DF
Téléphone : (55) 61 248 20 79 ou 56 65
Télécopie : (55) 61 248 26 19

Burkina
M. le représentant
01 BP 596, Ouagadougou 01
Téléphone : (226) 30 70 70
Télécopie : (226) 30 76 17

Cameroun
M. le représentant
BP 2572, Yaoundé
Téléphone : (237) 21 25 41
Télécopie : (237) 20 29 69

Caraïbe (pays insulaires)
M. le représentant
Station de Neufchâteau
Sainte-Marie, 97130 Capesterre-Belle-Eau
Guadeloupe - France
Téléphone : 05 90 86 17 90
Télécopie : 05 90 86 17 91

Chine
M. le représentant Inra-Cirad
1901, Golden Land Building
No. 32, Liang Ma Qiao Lu
Beijing 100016
Téléphone : (86) 10 64 63 84 84
Télécopie : (86) 10 64 64 38 61

Congo
M. le correspondant
BP 1264, Pointe-Noire
Téléphone : (242) 94 31 84
Télécopie : (242) 94 47 95

Côte d'Ivoire
M. le représentant
01 BP 6483, Abidjan 01
Téléphone : (225) 20 22 18 69 ou 20 21 16 25
Télécopie : (225) 20 21 43 68

Etats-Unis
M^me^ la correspondante
Development Research Associates
8313 Woodhaven Blvd.
Bethesda, Maryland 20817
Téléphone : (1) 301 365 6855
Télécopie : (1) 301 365 6855

Guinée
M. le correspondant
c/o Scac
Ambassade de France
BP 570, Conakry
Téléphone : (224) 45 58 06
Télécopie : (224) 45 58 06

Indonésie
M. le représentant
Plaza Bisness Kemang, 3rd floor
Jalan Kemang Raya 2
Jakarta Selatan 12730
Téléphone : (62) 21 719 90 67 ou 21 719 46 01
Télécopie : (62) 21 7179 33 04

Madagascar
M. le représentant
BP 853, Antananarivo
Téléphone : (261) 20 22 271 82
Télécopie : (261) 20 22 209 99

Mali
M. l'adjoint au représentant
BP 1813, Bamako
Téléphone : (223) 21 42 93 ou 77 01 50
Télécopie : (223) 21 87 17

Océan Indien
M. le représentant
BP 20
97408 Saint-Denis Messageries Cedex 9
Réunion - France
Téléphone : 02 62 52 80 00
Télécopie : 02 62 52 80 01

Pacifique sud
M. le représentant
BP 73, 98890 Païta
Nouvelle-Calédonie
Téléphone : (687) 43 74 20 ou 43 74 15
Télécopie : (687) 43 74 16

Sénégal
M. le représentant
37, avenue Jean XXIII
BP 6189, Dakar-Etoile
Téléphone : (221) 822 44 84
Télécopie : (221) 821 18 79

Thaïlande
M. le représentant
Cirad Office
Administrative Building (9th floor)
Kasetsart University, Bangkhen Campus
10900 Bangkok
Téléphone : (66) 2 942 86 83 ou 1 844 75 62 (mobile)
Télécopie : (66) 2 942 86 84

Vanuatu
M. le représentant
BP 231, Santo
Téléphone : (678) 36 320
Télécopie : (678) 36 355

Vietnam
M. le représentant
Cirad Regional Répresentative
French Embassy
CCC - Cirad
57 Tran Hung Dao, Hanoï
Téléphone : (84) 4 83 14 675 ou 90 21 57 92 (mobile)
Télécopie : (84) 4 83 14 676

Zimbabwe
M. le correspondant
Projet faune
Po Box 1378, Harare
Téléphone : (263) 4 702 766
Télécopie : (263) 4 722 850

Liste des sigles

Acri, American Cocoa Research Institute, Etats-Unis

Adepta, Association pour le développement des échanges internationaux des produits et techniques agroalimentaires, France

Afd, Agence française de développement, France

Afdi, Agriculteurs français et développement international, France

Agrocom, Association interprofessionnelle agriculture-agro-industrie-communication, Cameroun

Agro Montpellier ou Ensa de Montpellier, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France

Ait, Asian Institute of Technology, Thaïlande

Armes, Association réunionnaise pour la modernisation de l'économie sucrière, Réunion, France

Cabi, Cab International, Royaume-Uni

Carfv, Centre agronomique de recherche et de formation du Vanuatu, Vanuatu

Catie, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica

Cedaf, Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, République dominicaine

Cepta, Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais, Brésil

Ceraas, Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse, Sénégal

Cerf, Canne à sucre création variétale et technologie sucrière, Réunion, France

Cfc, Common Fund for Commodities

Cfdt, Compagnie française pour le développement des fibres textiles, France

Cfr, Centre français du riz, France

Ciepac, Centre international pour l'éducation permanente et l'aménagement concerté, France

Cifa, Centre interprofessionnel pour la formation aux métiers de l'agriculture, Sénégal

Cifc, Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro, Portugal

Cifor, Center for International Forestry Research, Indonésie

Cimmyt, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Mexique

Cirdes, Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, Burkina

Cisiam, Centre interorganisme de systématique et d'identification pour l'agriculture et la médecine, France

Cites, Convention on International Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora

Cncfti, Comité national de concertation sur la filière tomate industrielle, Sénégal

Cnra, Centre national de recherche agronomique, Côte d'Ivoire

Cnrada, Centre national de recherche agronomique et de développement agricole, Mauritanie

Cnrs, Centre national de la recherche scientifique, France

Coraf, Conseil ouest et centrafricain pour la recherche et le développement, anciennement Conférence des responsables de recherche agricole en Afrique de l'Ouest et du Centre, Sénégal

Cpdi, Centro de Procecimiento Digital de Imagenes, Venezuela

Crbp, Centre de recherches régionales sur bananiers et plantains, Cameroun

Crf, Coffee Research Foundation, Kenya

Cros, Comité régional d'orientation et de suivi, Madagascar

Cru, Cocoa Research Unit, Trinité-et-Tobago

Csiro, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australie

Ctba, Centre technique du bois et de l'ameublement, France

Dfid, Department for International Development, Royaume-Uni

Diarf, Direction des inventaires, des aménagements et de la régénération de la forêt, Gabon

Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brésil

Ensam, Ecole nationale supérieure des arts et métiers, France

Ensia, Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, France

Epic, Etablissement public à caractère industriel et commercial

Esimaq, Ecole supérieure de management de la qualité, Maroc

Fac, Fonds d'aide et de coopération, France

Fao, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Italie

Fapesp, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Brésil

Ffem, Fonds français pour l'environnement mondial, France

Fofifa, Centre national de la recherche appliquée au développement rural, Madagascar

Fundecitrus, Fundo de Defesa da Citricultura, Brésil

Geruco, General Rubber Corporation, Vietnam

Gcrai, Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale, Etats-Unis

Gret, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, France

HortResearch, Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Limited, Nouvelle-Zélande

Iac, International Agricultural Centre, Pays-Bas

Iaurif, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région Ile-de-France, France

Icco, International Cocoa Organization, Royaume-Uni

Icrisat, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Inde

Ier, Institut d'économie rurale, Mali

Iica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica

Iita, International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria

Ilri, International Livestock Research Institute, Kenya

Imades, Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, Mexique

Ina, Institut national agronomique, Algérie

Inera, Institut de l'environnement et des recherches agricoles, Burkina

Inifap, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Mexique

Inpi, Institut national de la propriété industrielle, France

Inra, Institut national de la recherche agronomique, France

Inran, Institut national de recherches agronomiques du Niger

Ipgri, International Plant Genetic Resources Institute, Italie

Irad, Institut de recherche agricole pour le développement, Cameroun

Iraf, Institut de recherches agronomiques et forestières, Gabon

Iram, Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement, France

Ird, Institut de recherche pour le développement, France

Isra, Institut sénégalais de recherches agricoles, Sénégal

Itad, Information, Training and Agricultural Development, Royaume-Uni

Lead, Livestock, Environment And Development (en français, Ieed, Initiative élevage, environnement, développement)

Minrest, Ministère de la recherche scientifique et technique, Cameroun

Nri, Natural Resources Institute, Royaume-Uni

Occge, Organisation de coordination contre les grandes endémies en Afrique de l'Ouest, Côte d'Ivoire

Oceac, Organisation de coordination pour la lutte contre les endémies en Afrique centrale, Cameroun

Odeadom, Office de développement de l'économie agricole des départements d'outre-mer, France

Odi, Overseas Development Institute, Royaume-Uni

Oibt, Organisation internationale des bois tropicaux, Japon

Oie, Office international des épizooties

Omc, Organisation mondiale du commerce, Suisse

Onic, Office national interprofessionnel des céréales, France

Onudi, Organisation des Nations unies pour le développement industriel, Autriche

Oua, Organisation pour l'unité africaine

Prasac, Pôle régional de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique centrale, Tchad

Procisur, Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico del Cono Sur

Psi, Pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués en zone soudano-sahélienne, Sénégal

Pso, Projet de développement régional du Sud-Ouest malgache, Madagascar

Rrit, Rubber Research Institute of Thailand, Thaïlande

Sadec, Communauté de développement des pays de l'Afrique australe

Sasma, Société agricole de service du Maroc, Maroc

Searca, Center for Graduate Study and Research in Agriculture, Philippines

Sodecoton, Société de développement du coton, Cameroun

Solagral, Solidarités agricoles et alimentaires, France

Svr, Standard Vietnamese Rubber

Tafa, Tany sy Fampandrosoana, Terre et développement, Madagascar

Terdel, Territoires et développement local, Cameroun

Ucasp, Union des coopératives agricoles des semences de Provence, France

Unicamp, Universidade Estadual de Campinas, Brésil

Usp, Universidade de São Paulo, Brésil

Wisben, West Indies Sugarcane Breeding and Evaluation Network

Photographies de couverture

B. Faye, G. Le Thiec, C. Lanaud, H. Saint Macary, T. Ruf, C. Fovet-Rabot
Arrière-plan : Cirad-forêt

Illustrations

Page 14 : Cirad, Muséum national d'histoire naturelle ; page 16 : d'après P. Valicek, *Coton et fibres tropicales,* 1979 ; page 17 : M.A. Arraudeau et B.S. Vergara, *Manuel illustré de riziculture pluviale,* M.A. Arraudeau et B.S. Vergara, Irri, Irat, 1992 ; page 18 : d'après Snowden, 1936 ; page 23 : d'après N. Hallé ; page 24 : Cirad ; page 26 : d'après Burotrop ; page 29 : H. Larkins, *Le caoutchouc naturel,* Cirad, 1997 ; page 30 : J.-C. Jacquemard ; pages 33, 34, 36 : F. le Bellec, *Tropical fruits, The Compendium,* F. le Bellec et V. Renard, Orphie, Cirad, 2000 ; page 39 : Cirad ; page 43 : H. Larkins, *Des animaux et des hommes en pays chauds,* Cirad, 2000 ; page 46 : F. D'Amico ; page 49, 50 : F. Chabouis, *Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes,* Y. Cabanis, L. Chabouis et F. Chabouis, Bdpa, 1969 ; page 51 : J. Rassiat, Ctft ; page 55 : L.M. Planet ; page 60 : C. Seignobos, *Nord Cameroun, montagnes et hautes terres,* C. Seignobos, Editions Parenthèses, 1982 ; page 63 : C. Seignobos, *Des taurins et des hommes,* C. Seignobos et E. Thys, éd., Orstom, 1998 ; page 77 : H.-P. Aberlenc.

Production, maquette et fabrication

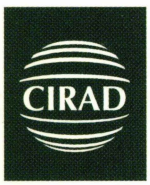
Délégation à l'information scientifique et technique
Service des éditions

Avec la participation du pôle images du Cirad
et du service de communication du Cirad-tera

Impression

Svi-Publicep, 34 Montpellier

Dépôt légal 2e trimestre 2000
Cet ouvrage est également publié en anglais



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

42, rue Scheffer
75116 Paris
France