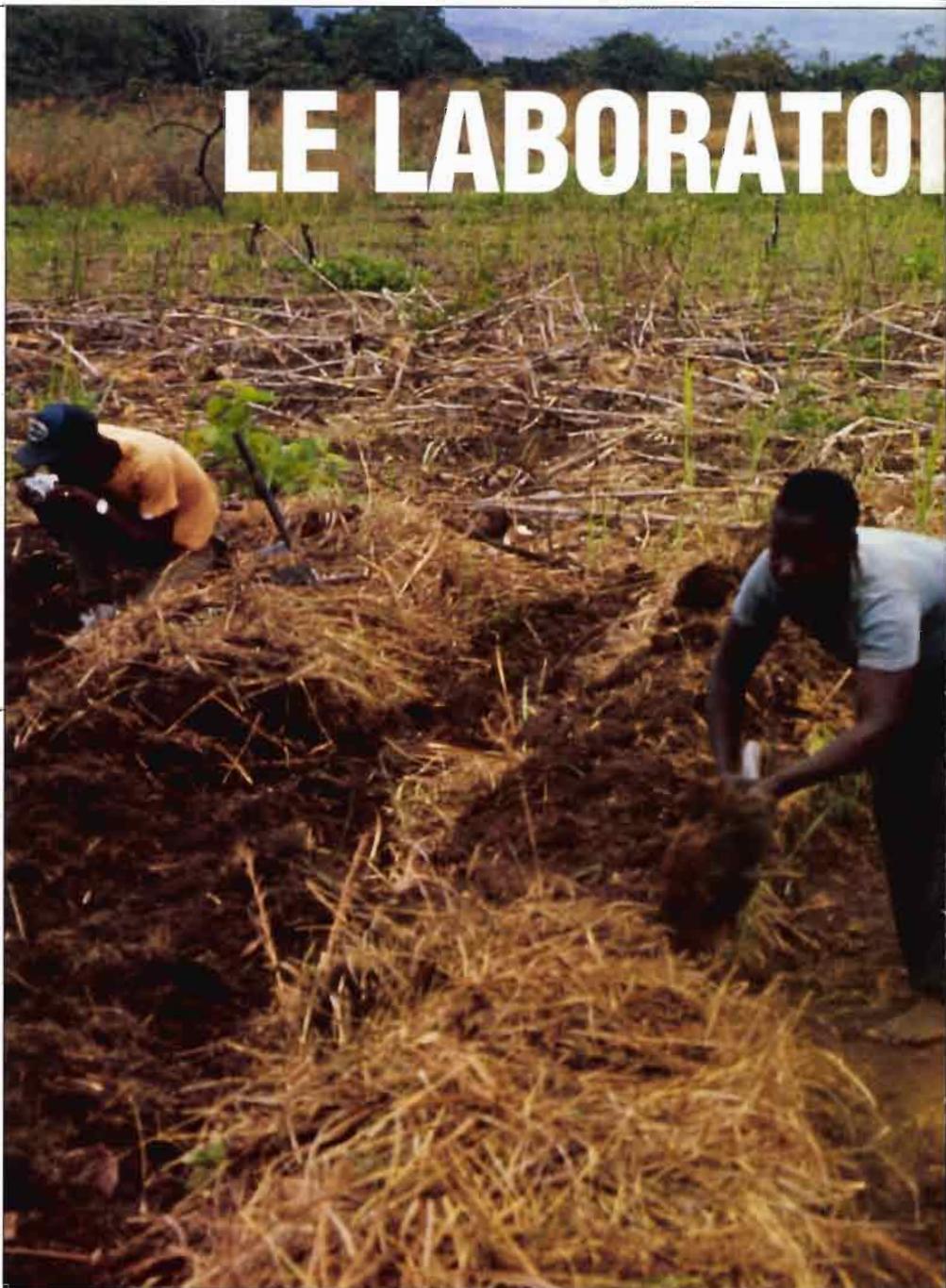


Le troisième élément du triptyque présentant les serres tropicales de Montpellier et leurs utilisateurs concerne le Laboratoire d'étude du Comportement des Sols Cultivés (LCSC). Créé en 1987, ce laboratoire étudie les processus de transformation des sols tropicaux à la suite de leur mise en culture. Il permet de réaliser, à une échelle plus fine, des travaux sur le fonctionnement des sols, habituellement menés sur le terrain au niveau de la parcelle. Le LCSC développe ses propres recherches tout en participant à celles qui sont menées par des équipes outre-mer.

Les recherches du LCSC visent à préciser l'incidence de la nature et de l'organisation des constituants des sols sur les propriétés qui déterminent leur comportement et leur évolution sous culture. Le sol étant essentiellement considéré comme support de la production végétale, l'accent est mis sur les propriétés qui lui permettent d'assurer durablement une alimentation hydrique et minérale satisfaisante pour les plantes.

Un sol est formé de constituants organiques et minéraux dont l'organisation, observable à différentes échelles, délimite une phase solide et des vides (porosité) occupés par des phases liquide et gazeuse. L'alimentation minérale des plantes s'effectue surtout à partir des éléments contenus dans la phase liquide du sol. Les concentrations des éléments dans cette phase, encore appelée solution du sol, sont généralement très faibles dans beaucoup de milieux tropicaux ; aussi l'alimentation des plantes dépend-elle à la fois du réenrichissement de la solution du sol à partir des éléments contenus dans la phase solide et du transfert de ces nutriments jusqu'aux racines par les flux hydriques. Les recherches portent donc plus précisément sur :

- la fonction de stockage d'éléments nutritifs au sein de compartiments organiques ou organo-minéraux du sol ;
 - la fonction de régulation de la composition de la solution du sol ;
 - la fonction de transfert des solutés*.
- Ces fonctions, et en particulier celles de



LE LABORATOIRE

Préparation du billon pour l'écobuage - Photo : R. Moreau

stockage des nutriments et de transfert des solutés, sont souvent affectées par des pratiques culturales mal adaptées à certains milieux fragiles (baisse du stock organique, formation de croûtes facilitant le ruissellement et modifiant la répartition de l'eau dans le sol). Les recherches menées sur l'érodibilité* des sols en fonction des systèmes de culture qu'ils supportent, permettent de préciser des mesures conservatoires modifiant la gestion des agrosystèmes.

TROIS APPROCHES

Les recherches du Laboratoire sont menées à partir de trois programmes qui se distinguent par leur approche méthodologique, mais qui convergent sur les

situations étudiées, les parcelles et les échantillons analysés. Les sites sont choisis en raison de l'intérêt qu'ils présentent pour faire ressortir le rôle de différents paramètres sur le comportement et l'évolution des sols en fonction des pratiques culturales qui leur sont appliquées : texture, nature des minéraux argileux, oxyhydroxydes*, matière organique, gamiture ionique du complexe d'échange. Des innovations méthodologiques sont recherchées pour mieux évaluer les contraintes édaphiques et éventuellement les corriger.

L'équipe "Matière organique des sols" développe surtout une approche analytique avec des recherches sur la dynamique du carbone et de l'azote à partir de fractionnements physiques de la



RE DES SOLS CULTIVES

Cultivated soils Laboratory

One of the teams using Orstom's hi-tec tropical greenhouses in Montpellier is the LCSC, a unit working on the "Behavior of cultivated soils". Though it has research projects of its own, this unit mainly works in collaboration with field studies abroad ; while field work usually concerns individual plots, the LCSC focuses on lab work and simulated conditions in the greenhouses. The overall aim is to improve the assessment, prediction and control of edaphic limitations; one practical aim is to develop diagnostic soil fertility tests for cultivated tropical soils. The LCSC consists of three teams, each taking a different scientific approach and attempting to innovate in methodology. Their respective fields are organic matter, physical and physico-chemical soil properties, and soil management and conservation (erosion, soil and water conservation methods).

Current work concerns parts of

Africa where soil productivity is declining, or where population pressure has led to changes in farming systems. Organic matter studies have been run in areas of Benin and Burkina Faso where long-term natural fallowing had died out, or where cropping has been extended into areas with fragile soils. The findings stress the importance of crop rotation or intercropping to restore organic matter and soil fertility. Two studies are examining structural stability and the exchange complex. Both are based on areas in the Congo where the soil deteriorates rapidly under mechanized agriculture (compaction, acidity).

One concerns a traditional slash-and-burn system, and has shown that the beneficial effect of burning is short-lived and that, to be sustainable, the system requires a six-year fallow. The second study, still under way, concerns liming on both clayey and sandy acid soils. Future work is planned for Congo, Brazil and the South Pacific.

matière organique. L'effort méthodologique porte sur la comparaison de différentes méthodes de fractionnement et, en collaboration avec d'autres laboratoires (CNRS, INRA), sur l'analyse chimique et la biostabilité des fractions séparées, en vue d'une caractérisation plus fine des différents compartiments organiques ou organo-minéraux du sol. L'équipe "Propriétés physiques et physico-chimique des sols" réalise essentiellement des études comportementales. Concernant les propriétés physiques, l'accent est mis sur le comportement rhéologique* du sol, pour estimer sa susceptibilité à la compaction sous l'effet des variations de son état hydrique ou de contraintes mécaniques. Concernant les propriétés physico-chi-

miques, l'accent est mis sur la réactivité des surfaces de la phase solide organominérale du sol et sur la dynamique des échanges intervenant entre cette phase solide et la solution du sol.

L'équipe "Gestion et conservation des sols" effectue la synthèse des résultats acquis *in situ* à différentes échelles (mini-parcelles pour simulateur de pluie, parcelles de ruissellement, bassins versants) pour évaluer l'érodibilité des sols en milieu cultivé, aménagé ou non contre l'érosion. Cette synthèse vise à déterminer le comportement du sol en fonction des facteurs naturels et de l'activité humaine ; elle a aussi pour but de juger de l'efficacité des aménagements, concernant l'infiltration de l'eau dans le sol et la limitation de la perte en terre. Ces résultats permettent la mise en place d'une stratégie de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols qui conçoit la lutte antiérosive non plus comme une fin en soi mais comme un préalable à tout projet de développement rural.

DES SITUATIONS AGRICOLES PRÉCAIRES

Les situations étudiées actuellement correspondent à des zones d'Afrique présentant soit des baisses de la productivité, soit une pression démographique nécessitant une modification des systèmes de culture.

Deux études ont été réalisées sur l'influence des systèmes de culture sur le statut organique des sols.

Au Bénin, la pression démographique entraîne une élimination de la jachère forestière traditionnelle. L'influence du système de culture sur le statut organique des sols a été étudiée en comparant les stocks organiques de sols ferrallitiques sous forêt, sous plantations forestières, sous plantations de palmiers à huile et sous cultures vivrières.

Au Burkina Faso, dans la province du Yatenga, la pression démographique entraîne la disparition de la rotation traditionnelle culture-jachère de longue durée, l'extension d'espaces cultivés dans des zones sensibles à l'érosion, l'absence de restitution de résidus de récolte dans des sols ne recevant qu'exceptionnellement une fumure organique. L'étude porte sur l'impact de la fumure organique, du paillage, du travail du sol et de la mise en place de dispositifs antiérosifs sur l'évolution du stock organique de dif-



Parcelles expérimentales (Vallée du Niari - Congo).

Photo : C. Hartmann

Sur le volcan Ilalo (bassin de Quito - Equateur), l'érosion dégage de larges surfaces indurées ("cangahua").

Photo : G. de Noni

Etude de la plante cultivée sur les parcelles expérimentales (rendement du soja). Photo : C. Hartmann

férents sols ferrugineux tropicaux ou hydromorphes.

Au LCSC, la synthèse des résultats acquis sur ces deux terrains d'étude a été complétée par des fractionnements physiques de la matière organique et des expérimentations sur la minéralisation du carbone et de l'azote. Dans ces deux situations, il apparaît indispensable de privilégier des rotations ou des associations culturales assurant de fortes restitutions organiques (racinaires, en particulier) aux sols. Des plantations forestières sous climat soudano-guinéen au Bénin, des cultures fourragères sous climat soudano-sahélien au Burkina Faso, peuvent limiter la baisse générale des stocks organiques des sols et réhabiliter leur fertilité azotée.

Deux autres études se sont focalisées sur l'influence des systèmes de culture sur différentes caractéristiques du sol se rapportant plus particulièrement à sa stabilité structurale et à son complexe d'échange.

Au Congo, la culture mécanisée dégrade rapidement les sols ferrallitiques argileux très acides de la Vallée du Niari. Deux contraintes majeures ont été identifiées : la dégradation de la structure qui se manifeste par une compaction des horizons superficiels et l'acidité qui se répercute sur les rendements, dont la baisse et parfois attribuée à une toxicité manganique. Deux systèmes de culture très différents sont actuellement étudiés dans cette région.

Le premier est un système traditionnel, basé sur la pratique de l'écobuage. Les modifications de différentes caractéristiques du sol des billons écobués ont été étudiées au LCSC. L'élévation du pH, la plus forte saturation en base du complexe d'échange constatées dans les billons écobués, montrent que cette pratique traditionnelle produit sur les sols les mêmes effets qu'un amendement calcaire et un apport de fumure minérale. Mais cette amélioration des propriétés du sol ne dure pas plus de quatre ans, et la reconduction d'une telle pratique nécessite le retour préalable à une jachère d'au moins six ans. Il ne peut donc s'agir que d'une mise en culture semi-permanente du sol.

Le deuxième système de culture étudié est celui qui consiste à tenter de corriger l'acidité du sol par des amendements calcaires, auxquels sont parfois ajoutés des apports organiques. Ce travail est effectué sur les sols acides argileux de la Vallée du Niari et sur les sols acides sableux des Plateaux Batéké. Les conséquences de ces amendements et apports sur le complexe d'échange et la dynamique des nutriments sont en cours d'étude à Montpellier.

ETABLISSEMENT DE DIAGNOSTICS ET PERSPECTIVES

Les recherches effectuées par le Laboratoire d'étude du Comportement des Sols Cultivés portent sur différents systèmes de culture et différents sols dans lesquels une ou plusieurs contraintes ont été identifiées : baisse du stock organique du sol responsable de la limitation des réserves en nutriments et de la fragilisation des horizons superficiels, compaction se développant naturellement ou sous l'effet de la mécanisation, érodibilité des sols, acidité et toxicité ou carences minérales.

Les résultats de ces recherches de laboratoire, associés à ceux obtenus sur le terrain, doivent permettre de mieux comprendre les transformations intervenant dans les sols sous différents systèmes de culture et d'apprécier l'effet des traitements qui leur sont appliqués. La validation de ces résultats sur des essais en vases de végétation sous serre tropicale, puis en vraie grandeur au champ, doit permettre de proposer une série de tests et de déterminations servant à établir un diagnostic de la fertilité des sols tropicaux cultivés.

Les activités de recherche du LCSC vont

se poursuivre sur les situations étudiées au Congo avec la collaboration du Laboratoire d'Etude des Sols Cultivés (LESC) du Centre Orstom de Brazzaville et de la DGRST du Congo ; elles vont aussi s'étendre à d'autres régions du globe : Brésil et Pacifique Sud.

Au Brésil, la susceptibilité à la compaction des sols cultivés ou pâturés des "cerrados" sera étudiée en collaboration avec l'équipe Orstom-Embrapa de Goiânia (Cf. ORSTOM Actualités N°38). Dans le Pacifique Sud (Iles Loyauté), en collaboration avec le Laboratoire d'Agropédologie de l'Orstom à Nouméa, il s'agira de prévoir les répercussions que pourrait avoir le développement d'une agriculture plus intensive, avec utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires, sur des sols allitiques* des îles coralliennes. La faible rétention des éléments apportés aux sols peut, en effet, entraîner des risques de pollution de la nappe d'eau douce de ces îles ■

Jean-François Vizier
Département "Milieux et Activité Agricole" - UR "Fonctionnement des sols, utilisation de l'eau, élaboration des rendements"
Responsable du LCSC



Essais en vase de végétation. Photo : J. Fardoux



Dynamique d'échange entre phases solide et liquide du sol (électrodialyse). Photo : J. Fardoux

Glossaire

Les solutés : éléments présents dans la solution du sol.

Erodibilité : degré de résistance d'un sol aux forces érosives.

Oxyhydroxydes : oxydes de fer et d'aluminium plus ou moins hydratés, amorphes ou cristallisés.

Comportement rhéologique : étude de la susceptibilité d'un sol à modifier l'organisation de ses constituants sous l'effet de différentes contraintes.

Sols allitiques : sols résultant d'une altération très poussée, se traduisant par l'élimination de la plupart des éléments provenant de l'hydrolyse des minéraux à l'exception des hydroxydes d'aluminium.

Pour en savoir plus

De Blic Ph., Fardoux J. (1991) "Recherche d'une méthode de dissociation des agrégats constituant la macrostructure du sol", Cahiers ORSTOM, série Pédologie, vol. 26, n°3, pp. 251-258.

Djégui N. (1992) "Matière organique et azote dans les sols cultivés sur terres de barre (Bénin)", Document ORSTOM Montpellier, n°6, 190 p.

Feller C., Schouller E., Thomas F., Rouiller J., Herbillon A.J. (1992) "N₂-BET specific surface areas of some low activity clay soils and their relationships with secondary constituents and organic matter contents", Soil Science, vol. 153, pp. 293-299.

Feller C. (1993) "Organic inputs, soil organic matter and functional soil organic compartments in low activity clay soils in tropical zones", In : "Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture". K. Mulongoy et R. Merckx Eds., pp. 77-88, Wiley-Sayce Co-Publication, 392 p.

Moreau R. (1985). "Etude sur parcelles comparatives de l'évolution des sols ferrallitiques sous différents modes de mise en culture en zones forestières et préforestières de Côte d'Ivoire". Cahiers ORSTOM, série Pédologie, vol. 21, n°1, pp. 43-56.

Nzila J.D.D. (1992). "La pratique de l'écobuage dans la Vallée du Niari (Congo). Ses conséquences sur l'évolution d'un sol ferrallitique". Document ORSTOM Montpellier, n°7, 186 p.

Roose E. (1991). "Conservation des sols

en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la G.CES". Cahiers ORSTOM, série Pédologie, vol. 26, n°2, pp. 145-181.

Roose E. (1992). "La G.CES, une nouvelle stratégie de lutte antiérosive appliquée à l'aménagement de terroirs en zone soudano-sahélienne du Burkina-Faso". Bois et Forêts des Tropiques, n°223, pp. 49-63.

Sala G.H., Tessier D. (1993). "Importance de l'état énergétique de l'eau sur l'aptitude au tassement de matériaux argileux non saturés". Comptes-rendu de l'Académie des Sciences, T.316, série II, n°2, pp. 231-236.

Vizier J.F. (1990). "Etude du fonctionnement des milieux saturés d'eau. Une démarche physico-chimique. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, vol. 25, n°4, pp. 431-442.

Développement d'une agriculture durable dans un environnement protégé.

Face aux résultats mitigés des stratégies traditionnelles de lutte antiérosive, l'équipe "gestion et conservation des sols" propose une nouvelle démarche, grâce à des études intégrées englobant la protection de l'environnement et le nécessaire développement d'une agriculture durable, dans des situations agricoles diverses. Ces études, qui associent des partenaires ou des étudiants étrangers préparant une thèse, concernent les régions tropicales à saisons contrastées et les régions de montagnes méditerranéennes ou tropicales.

En Algérie, en zone de montagne, sur fortes pentes, les risques d'érosion en nappe sont faibles. Par contre, le ruissellement très fort peut provoquer la formation de ravines qu'il est possible de stabiliser. Les aménagements effectués sont rentabilisés par l'augmentation des rendements des cultures et la valorisation des nouvelles productions de fourrage et de bois.

En Equateur, dans la montagne andine, avec des densités humaines de 50 à 200 habitants par km², l'érosion par ruissellement liée à l'activité agricole est forte ; elle peut entraîner des pertes en terre de 50 à 100 t/ha/an. Des ouvrages simples, construits selon les traditions locales ont montré qu'il est possible de réduire l'érosion à des normes admissibles (pertes en terre inférieures à 5 t/ha/an).

Au Rwanda, à l'érosion existant sur des

pentes souvent supérieures à 20 %, s'ajoutent des contraintes liées à l'acidité des sols. L'implantation de haies vives et le développement de l'agroforesterie permettent de réduire les pertes en terre de 300t/ha/an à moins de 3t/ha/an. Le rendement des cultures reste cependant faible sur ces sols, malgré des enfouissements de matière végétale et de fumier. Une restauration de la fertilité est obtenue par des apports annuels d'engrais minéraux NPK, auxquels s'ajoutent, tous les deux ans, 10t/ha de fumier et 2 à 3t/ha de chaux ou de calcaire broyé.

Certaines pratiques nécessaires à l'amélioration des rendements des cultures entraînent parfois un accroissement de l'érosion. Au Cameroun, sur les sols ferrugineux sableux de la région de la Bénoué, le bilan hydrique et l'étude de l'enracinement mettent bien en évidence l'impact du labour dans les zones dégradées. Le labour permet un bon développement des racines et améliore les rendements en coton ; il limite le drainage, mais accroît le ruissellement et les pertes en terres (1 à 10t/ha/an).

Les données acquises sur certaines de ces situations doivent être complétées au LCSC par l'étude de l'érodibilité des sols sous pluies simulées et par l'extension, au niveau d'une région grâce à l'analyse d'images satellitaires, des résultats obtenus au niveau des parcelles sur le terrain.

ORSTOM

A C T U A L I T É S

HAPEX-SAHEL

**L'ATLAS
INFOGRAPHIQUE
DE QUITO**

**LE LABORATOIRE
DES SOLS
CULTIVES A
MONTPELLIER**

**LACS COLLINAIRES
EN TUNISIE
SEMI-ARIDE**

N° 39

1993 - 30 F

L'INSTITUT
FRANÇAIS
DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
POUR LE
DÉVELOPPEMENT
EN COOPÉRATION