

1FiS/2 → FONDATION INTERNATIONALE POUR LA SCIENCE /4 Stockholm ...

CONTRIBUTION DE L'ETUDE DES SOLS  
A L'ETABLISSEMENT D'UNE AGRICULTURE DURABLE  
EN AFRIQUE SUB-SAHARIENNE

Jean-François VIZIER

SEMINAIRE REGIONAL  
*SYSTEMES AGRAIRES ET AGRICULTURE DURABLE*  
*EN AFRIQUE SUB-SAHARIENNE*

7 - 11 février 1994

COTONOU - REPUBLIQUE DU BENIN

16 SEPT. 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire  
N° : 40567 ex. 1  
Cote : B

**CONTRIBUTION DE L'ETUDE DES SOLS  
A L'ETABLISSEMENT D'UNE AGRICULTURE DURABLE  
EN AFRIQUE SUB-SAHARIENNE**

*Jean-François VIZIER*  
*Laboratoire d'étude du Comportement des Sols Cultivés*  
*Centre ORSTOM B.P. 5045*  
*34032 MONTPELLIER Cedex, France*

**Résumé**

La diminution de la productivité des terres de l'Afrique sub-saharienne est signalée par plusieurs études récentes. Elle est à relier à la pression démographique existant dans ces régions et à ses conséquences que sont le raccourcissement de la durée des jachères et l'appauvrissement des terres cultivées ou l'extension des cultures à des zones fragiles.

L'analyse des agrosystèmes, destinée à préconiser des modes de gestion des terres permettant l'établissement d'une agriculture durable, comprend l'étude du fonctionnement des sols cultivés. Cette note précise la place de l'étude des sols dans l'analyse des agrosystèmes, et montre l'intérêt d'une telle étude à travers des exemples de recherches en agropédologie menées par l'ORSTOM en Afrique sub-saharienne.

Pour une zone donnée présentant une diversité pédologique s'intégrant dans des système-sols à caractères régionaux, l'étude réalisée sur un type de sol comporte toujours un témoin non cultivé (forêt, savane ou jachère de longue durée) et des parcelles cultivées depuis plus ou moins longtemps, supportant des pratiques culturales différentes, proches de l'utilisation traditionnelle des terres ou présentant des niveaux d'intensification variés.

Sur le terrain, à l'échelle de la parcelle, il s'agit d'étudier le fonctionnement saisonnier des sols en relation avec leur organisation. La connaissance de cette organisation fait appel à l'analyse tridimensionnelle (variabilité spatiale des sols) et à l'étude du profil cultural (système sol-racine). Le fonctionnement saisonnier comprend le suivi de l'état hydrique du sol et, suivant les cas, l'évolution de la composition de la solution du sol, celle du stock organique en relation avec l'activité biologique du sol (minéralisation), les transformations de l'organisation des constituants des sols (agrégation, porosité). Ces études mettent en évidence des caractères du sol défavorables au développement des racines et à l'alimentation hydrique ou minérale des plantes cultivées. Ces contraintes édaphiques peuvent être reliées directement aux caractéristiques du sol ou apparaître comme étant des effets des pratiques culturales (faibles stock organique et réserve en nutriments, acidité, compaction).

Au laboratoire, sur des échantillons de sol prélevés *in situ*, il s'agit d'étudier 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. L'accent est mis sur l'innovation de méthodes d'évaluation des propriétés du sol, considéré comme support de la production végétale : propriétés de stockage des nutriments dans des "compartiments" organiques ou organo-minéraux, propriétés d'échange entre phase solide et solution du sol au sein de laquelle la plante prélève les éléments minéraux, propriétés physiques et en particulier rhéologiques en relation avec l'organisation des constituants du sol et ses transformations sous l'effet de contraintes hydriques ou mécaniques, favorisant ou limitant le transfert des solutés et le développement des racines. Ces recherches permettent de mieux connaître les processus de transformation des sols, causes des contraintes identifiées sur le terrain.

Deux exemples pris dans des régions très différentes de l'Afrique sub-saharienne, dans la province du Yatenga au Burkina Faso (total des précipitations 500 mm, en une seule saison) et dans la Vallée du Niari au Congo (total des précipitations 1500 mm, en deux saisons), montrent l'intérêt de l'association de recherches de terrain et de laboratoire pour l'étude de l'évolution des sols cultivés. Il n'est pas toujours facile en effet, d'avoir sur le terrain des objets d'étude permettant de bien évaluer l'impact de tel ou tel mode d'utilisation des sols (variabilité spatiale, antécédents culturels imprécis). L'étude sur modèle en laboratoire permet d'étudier les processus de transformation des sols en conditions contrôlées, et d'évaluer plus aisément l'effet de certains traitements appliqués au sol.

L'objectif de ces études est d'obtenir un ensemble de résultats indicateurs du comportement d'un type de sol cultivé, et, à terme, d'établir un référentiel "sol-système de culture" permettant de proposer, dans le cadre d'approches pluridisciplinaires faisant appel à des références agronomiques ou socio-économiques, des itinéraires techniques pour la mise en place d'une agriculture durable dans différents environnements tropicaux.

## INTRODUCTION

La productivité des terres de l'Afrique sub-saharienne est actuellement en nette diminution. Les rendements sont inférieurs à ce qu'ils étaient dix ans auparavant et la production agricole par habitant, par exemple, a baissé de 14% entre 1972 et 1982 (LAL, 1987). Dans la zone de savane, la perte annuelle de rendement attribuée à la dégradation des sols a récemment été estimée à 3 - 5% (PIERI, 1989). Un rendement satisfaisant n'est obtenu que sur un faible pourcentage des surfaces cultivées. La diminution de la productivité des terres est à relier à la pression démographique existant dans ces régions, et à ses conséquences que sont l'appauvrissement des sols, l'extension des cultures à des zones fragiles et le raccourcissement de la durée des jachères.

Le principal objectif des recherches en agropédologie menées dans ces régions est de proposer des modes de gestion des terres permettant d'accroître les rendements en améliorant l'efficacité des "intrants", tout en préservant le milieu. D'où la réalisation de travaux pluridisciplinaires sur l'analyse des agrosystèmes, intégrant en particulier deux grands thèmes de recherche se rapportant :

- au *fonctionnement des sols*, pour mieux comprendre le comportement et l'évolution des sols sous cultures grâce à une meilleure connaissance des transformations subies par les sols cultivés, causes de l'accentuation ou de l'apparition de contraintes édaphiques responsables de la baisse des rendements ;

- au *mode de gestion des sols*, pour maintenir ou restaurer la productivité des terres, et à la *jachère* en particulier, qui constitue un des états de l'agrosystème.

Pour cette présentation de quelques aspects des recherches en agropédologie menées par l'ORSTOM en Afrique sub-saharienne, l'accent est mis sur l'apport de la pédologie aux programmes pluridisciplinaires destinés à la mise en place d'une agriculture durable. Les exemples présentés montrent l'intérêt de l'étude du fonctionnement des sols sous culture, et insistent sur la nécessaire réalisation de recherches complémentaires menées sur le terrain et en laboratoire.

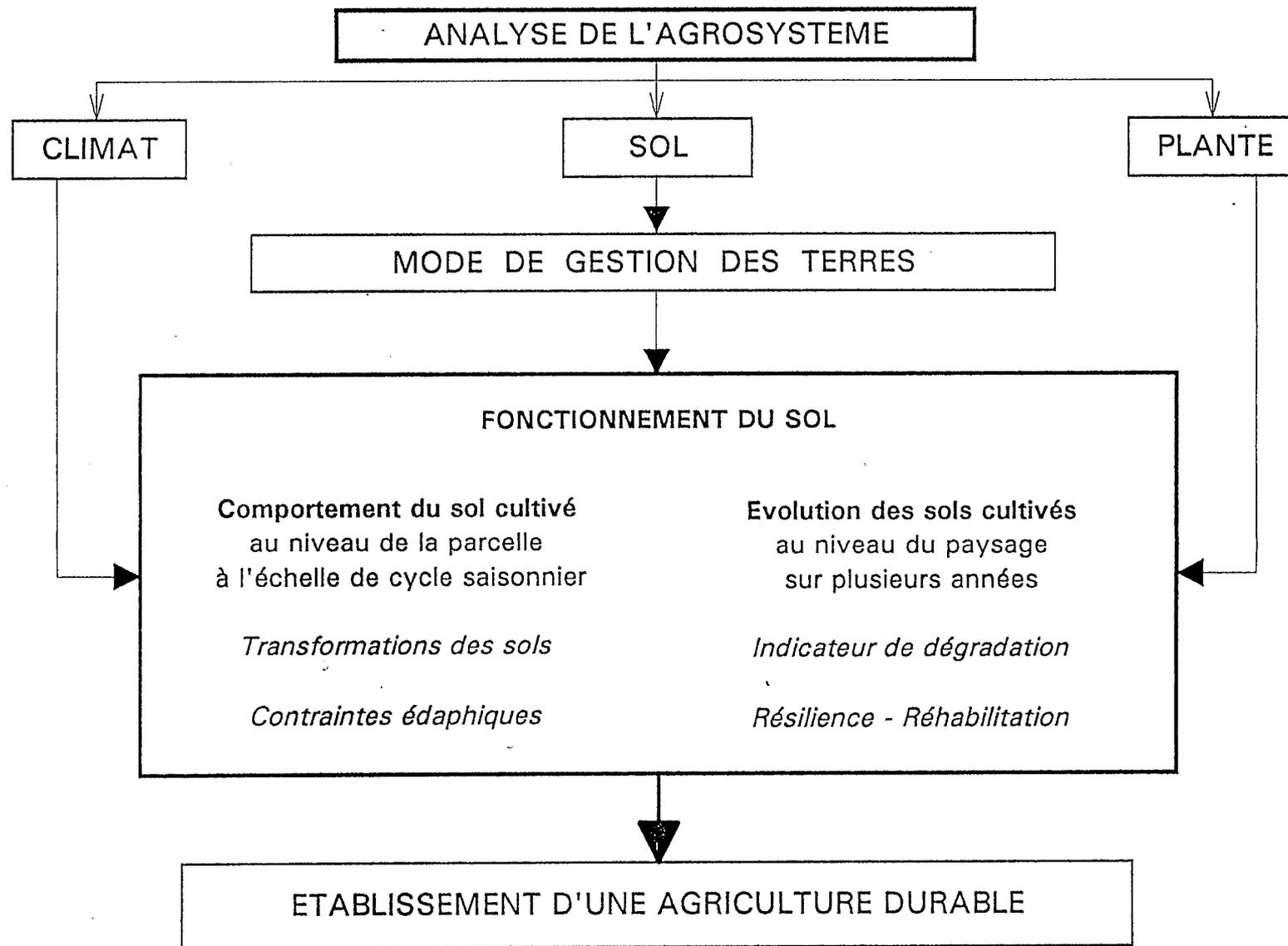
## I - RECHERCHES REALISEES SUR LES SOLS DANS L'ANALYSE DES AGROSYSTEMES : OBJECTIFS, ASPECTS METHODOLOGIQUES

Les recherches réalisées sur les sols dans le cadre d'études concernant l'analyse des agrosystèmes ont donc pour objectifs de connaître le comportement et l'évolution des sols cultivés (étude du fonctionnement des sols), mais aussi la façon dont ils peuvent, par une gestion appropriée de l'espace, recouvrer leur fertilité lorsque celle-ci s'est dégradée (étude de la jachère). Pour ces recherches, l'objet d'étude principal est le sol considéré comme support d'un peuplement végétal naturel ou cultivé (tableau I). Suivant ces objectifs, les recherches se rapportent à un système-sol représentatif de la couverture pédologique d'une région, au sol d'une parcelle cultivée ou à un échantillon remanié ou non, prélevé *in situ*, ce qui implique des approches méthodologiques très différentes. Il est à noter que ces recherches réalisées sur le sol prennent également en compte d'autres composantes de l'agrosystème et, en particulier, le climat et la plante.

### 1 - ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES SOLS CULTIVES

Le fonctionnement des sols représente une composante importante du fonctionnement de l'agrosystème.

Dans un contexte agroclimatique donné (zone climatique, système de culture), la couverture pédologique présente une diversité qui s'intègre dans des système-sols à caractères régionaux généralement bien connus. Dans un tel contexte, les sols cultivés peuvent donc ne pas



3

Tableau 1

tous correspondre au même "type de sol", et il convient d'en tenir compte dans le choix des situations étudiées.

L'étude du fonctionnement de ces sols devant déboucher sur une compréhension de leur comportement sous culture, les situations choisies doivent permettre de comparer :

- des sols supportant des pratiques culturelles différentes, proches de l'utilisation traditionnelle des terres ou présentant des niveaux d'intensification variés,
- mais aussi des sols-témoins non cultivés, sous forêt, savane ou éventuellement jachère de longue durée, suivant les cas.

L'étude du fonctionnement des sols cultivés est nécessairement effectuée en grande partie sur le *terrain*, mais les conditions naturelles sont souvent complexes et nécessitent d'avoir recours à des systèmes plus simples, étudiés en *laboratoire*, pour une meilleure compréhension des relations existant entre comportement, transformations des sols et pratiques culturelles.

### 1.1 - Etude de terrain

L'étude du fonctionnement des sols sur le terrain est réalisée au niveau de la *parcelle* (qu'elle soit cultivée ou "témoin"), à l'échelle de *cycles saisonniers* correspondant plus ou moins aux cycles culturels.

L'étude du fonctionnement des sols s'appuie sur une connaissance indispensable de leur organisation à différents niveaux (analyse tridimensionnelle) ; elle doit être éventuellement réorientée suivant les modifications que ces organisations peuvent subir du fait des pratiques culturelles supportées par les sols et du développement du système racinaire des plantes cultivées (profil culturel).

Pour une parcelle donnée, le nombre et la fréquence des observations, mesures et prélèvements, sont déterminés par la variabilité spatiale que présente le sol et l'importance des modifications qui surviennent lors des cycles culturels.

Les observations, mesures et prélèvements réalisés se rapportent à :

- l'eau dans le sol (sonde neutronique),
- la matière organique (distribution, nature des constituants organiques, minéralisation),
- la solution du sol (prélèvement par capteurs et analyse de la solution),
- l'agrégation, l'espace poral (densité apparente, conductivité hydraulique),
- la consistance (pénétration).

Les résultats de ces opérations faites sur le sol, rapprochés des observations, mesures ou prélèvements réalisés sur le peuplement végétal, permettent d'*identifier des contraintes édaphiques* affectant le développement des plantes.

La comparaison des résultats obtenus sur des parcelles subissant des itinéraires techniques différents permet une première appréciation de l'*efficacité des "intrants"*.

### 1.2 - Etude de laboratoire

Les recherches faites en laboratoire sur des échantillons de sol, remaniés ou pas, prélevés *in situ*, complètent celles réalisées sur le terrain au niveau de la parcelle. Elles ont pour but de mieux connaître 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. L'accent est mis sur les propriétés du sol pouvant influencer l'alimentation hydrique et minérale des plantes. Il s'agit :

- des propriétés de stockage du sol pour l'eau (rétention, état énergétique de l'eau), et les nutriments (dans des associations organo-minérales),
- des propriétés d'échange (complexe adsorbant, dynamique d'échange) et de transfert des solutés (espace poral), déterminant la disponibilité en eau et nutriments pour les plantes.

Ces recherches portent en grande partie sur la mise au point de nouvelles méthodes, associant analyses et expérimentations sur modèles, pour une meilleure appréciation des propriétés du sol considéré comme support de la production végétale.

Les résultats obtenus permettent de relier les *transformations subies par le sol*, sous l'effet des pratiques culturales, aux *modifications de ses propriétés*, et d'avoir une appréciation plus fine de l'*efficience des "intrants"*.

## 2 - ETUDE DES JACHERES

Les recherches menées sur les jachères ont deux objectifs. Il s'agit d'une part, de suivre la *restauration des propriétés des sols* considérés comme supports d'un peuplement végétal, pendant la durée de la jachère et, d'autre part, d'apprécier l'*efficacité de ce mode de gestion de l'espace* pour le choix d'une politique visant à l'établissement d'une agriculture durable.

Pour répondre au premier objectif, s'agissant de suivre l'évolution d'un sol, les recherches vont se dérouler suivant des démarches méthodologiques proches de celles adoptées pour l'étude du fonctionnement des sols cultivés. Ces études se déroulent au niveau de la parcelle et coïncident d'ailleurs avec celles du fonctionnement des parcelles de sol-témoin évoquées précédemment ; mais dans ce cas, l'accent est mis davantage sur une *évolution sur plusieurs années* que sur une dynamique saisonnière.

Pour répondre au deuxième objectif, il est nécessaire de choisir des situations permettant de juger des effets de la jachère sur la restauration de la fertilité des sols. Il peut s'agir par exemple, de la réaction de la culture qui suit la jachère, en fonction de l'itinéraire technique adopté et du climat, ou de l'évaluation des effets cumulatifs des rotations cultures-jachère, en fonction des périodicités de ces rotations. Ces recherches sont généralement conduites *au niveau d'un paysage*, espace de quelques dizaines de kilomètres carrés pouvant correspondre à un terroir villageois, dans lequel les sols présentent le plus souvent une diversité dont il faut bien évidemment tenir compte.

## II - EXEMPLES DE RECHERCHES REALISEES SUR LES SOLS DE DEUX AGROSYSTEMES DIFFERENTS

Les exemples présentés concernent deux régions de l'Afrique sub-saharienne très différentes par leur climat, leurs sols et les systèmes de culture qui y sont pratiqués. Il s'agit :

- de la province du Yatenga au Burkina Faso où, dans le domaine des sols ferrugineux tropicaux, sous climat soudano-sahélien, la gestion de l'espace associe l'élevage à une agriculture vouée aux cultures de mil et de sorgho ;

- de la Vallée du Niari au Congo où, dans le domaine des sols ferrallitiques, sous climat équatorial, la principale culture est le manioc.

### 1 - INFLUENCE DES SYTEMES DE CULTURE SUR L'EVOLUTION DES SOLS DE LA PROVINCE DU YATENGA AU BURKINA FASO

#### 1.1 - Position du problème

Dans la province du Yatenga, les systèmes de culture traditionnels évoluent peu à peu du fait de la faible disponibilité des terres, après un triplement des surfaces cultivées en trente ans, et d'un contexte climatique contraignant. La rotation culture - jachère de longue durée tend à être remplacée par des cultures continues qui s'étendent, par ailleurs, à des zones fragiles. Quelques pratiques nouvelles se développent cependant pour limiter la dégradation des terres ; il s'agit de

travaux du sol (construction de diguettes antiérosives, labour) ou d'apports de fumure organique. Pour évaluer l'intérêt de ces nouvelles pratiques, l'évolution des sols a été étudiée dans ces systèmes de culture traditionnels modifiés (BACYE, 1993). Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire dont le but était de connaître les contraintes physiques et biologiques limitant le développement agricole de cette région.

## 1.2 - Les situations étudiées et les méthodes choisies

Un plateau cuirassé, sommet d'interfluve et zone de parcours pour le bétail, domine un glacis et un axe de drainage (qualifié de bas-fond) voués à la culture (figure 1). L'espace cultivé concerne un système-sol très représentatif de cette région : sur le glacis, sol ferrugineux tropical sableux à mi pente (MP), puis sol ferrugineux tropical sablo-argileux à drainage réduit en profondeur, en bas de pente (BP) et, dans le bas-fond, sol hydromorphe argilo-limono-sableux à engorgement temporaire (BF).

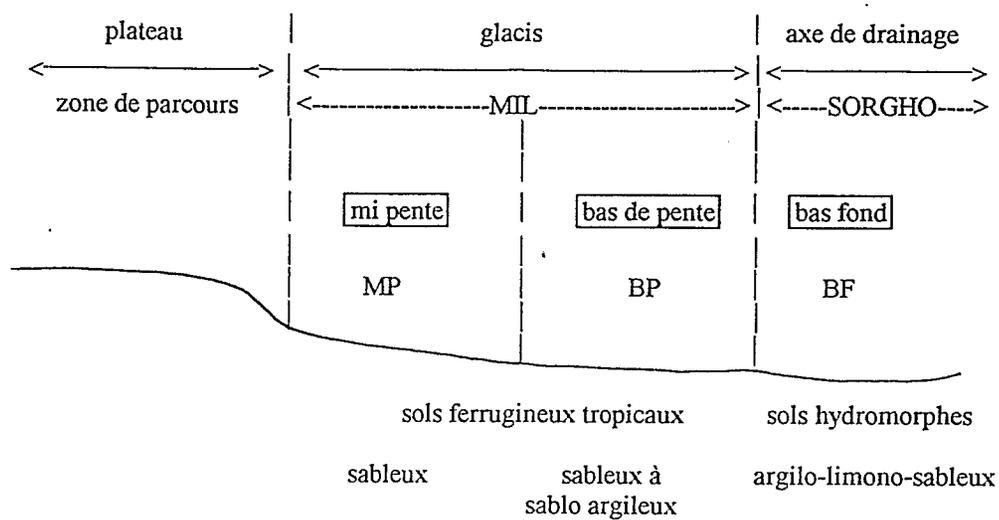
La saison des pluies dure environ cinq mois (de mai à octobre, avec actuellement un total des précipitations un peu inférieur à 500 mm). Sur le glacis, du fait de la pente et de l'érodibilité des sols, les pluies de forte intensité qui se produisent en début de saison humide peuvent entraîner des pertes en terre.

Pendant la période de culture, le déplacement du bétail est limité au plateau ; par contre, en saison sèche, soit par la divagation des animaux, soit par un affouragement réalisé avec les résidus de récolte, le développement de l'élevage contribue beaucoup à limiter les possibilités de restitution organique aux sols. Au voisinage des habitations cependant, le parcage des animaux peut, par les rejets organiques, compenser la consommation des résidus de récolte.

Les situations à étudier se rapportent à *trois sols* (ferrugineux ou hydromorphe présentant un gradient textural le long du système-sol cultivé) et *deux systèmes de culture* différents, sur le glacis (culture du mil, avec ou sans labour et apport de fumure organique) et dans le bas-fond (culture de sorgho, sans labour, ni apport). A ces pratiques culturelles s'ajoute la construction de diguettes antiérosives à mi-pente, dans la zone la plus sensible à l'érosion hydrique. L'évolution des sols cultivés a été comparée à celle de sols-témoins sous jachère ou végétation naturelle. Mais il est à noter qu'en bas de pente, près des habitations, il n'a pas été possible d'obtenir un témoin très satisfaisant (jachère de 5 ans). Huit situations différentes ont été étudiées (figure 1).

Le rôle de la matière organique des sols est considéré comme étant primordial pour l'obtention d'une production végétale correcte (réserve en éléments nutritifs). L'étude réalisée s'est donc focalisée sur la *dynamique de la matière organique* dans ces sols.

Le stock organique des sols est estimé *quantitativement* par des déterminations de carbone et d'azote, mais également *qualitativement* par un fractionnement granulométrique (fraction grossière de 50 à 2000 microns, constituée de débris végétaux à rapport C/N élevé et fraction fine < 50 microns, constituée de substances humiques associées aux constituants minéraux). Les variations des teneurs en carbone et azote de ces fractions sont liées au niveau des restitutions organiques dans les sols. Le *pouvoir minéralisateur des sols* a été déterminé par des dosages de carbone (dégagement de CO<sub>2</sub>) et d'azote (nitrique et ammoniacal) obtenu sur des échantillons incubés au laboratoire. Concernant ces processus de minéralisation, l'accent est mis sur l'azote, les besoins azotés des plantes devant être assurés par les réserves du sol qui sont essentiellement sous forme organique. La *dynamique de l'azote* a été suivie *in situ*, pendant la saison des pluies de deux années consécutives. L'influence des amendements organiques (poudrette de fumier, résidus de récolte) apportés à ces sols a été précisée par deux *expériences d'incubation*, l'une réalisée *in situ*, grâce à l'enfouissement de sacs progressivement déterrés pour suivre la décomposition des apports organiques, l'autre *en laboratoire*, dans des conditions hydriques simulant l'état du sol du bas-fond pendant la saison des pluies.



"TEMOIN"	MP1	BP1	BF1
N	Jachère 15 ans	Jachère 5 ans	Forêt galerie dégradée
I	MP2		BF2
V	Culture de mil (6 ans)		Culture de sorgho (30 ans)
E			
A			
U			
X		BP2	
		Culture de mil (40 ans) apport léger de fumier	
D			
'			
I			
N	MP3		
T	Culture de mil (6 ans) Labour diguettes antiérosives		
E			
N			
S			
I			
F		BP3	
I		Culture de mil (40 ans) apport annuel de fumier	
C			
A			
T			
I			
O			
N ↓			

Figure 1 : Les situations étudiées sur les trois sols et les deux systèmes de culture représentatifs de la région



### 1.3 - Résultats et conclusions

Les résultats obtenus confirment la baisse du stock organique dans les sols cultivés de manière continue (tableau II). L'effet est net à mi-pente (par rapport à la jachère de longue durée) et dans le bas-fond (par rapport à la forêt). Par contre, en bas de pente, le niveau organique est plus élevé dans le sol cultivé recevant une fumure organique importante que dans la jachère de 5 ans.

Les plus fortes restitutions organiques sont notées dans les sols sous végétation naturelle (BF1), sous jachère de longue durée (MP1) et dans le sol cultivé recevant une fumure organique (BP3). Ces restitutions se manifestent par le fait que plus de la moitié du carbone organique se trouve dans la fraction grossière plus labile.

La minéralisation du carbone et de l'azote est fonction des teneurs en carbone organique et azote total dans les sols. Elle est plus forte dans les sols dans lesquels les restitutions organiques sont plus importantes.

Le suivi de l'azote *in situ* révèle la présence d'azote minéral, surtout sous forme de nitrate, pendant toute la saison des pluies. La minéralisation de l'azote est liée à la répartition des précipitations : elle démarre avec les premières pluies mais reste modérée tant que les précipitations ne sont pas régulières. Le niveau d'azote minéral dans les sols atteint un maximum en juillet, puis chute rapidement et reste faible jusqu'à la fin de la saison des pluies. On note un décalage entre la disponibilité de l'azote dans le sol et les besoins de la plante ; d'où l'importance des apports, surtout organiques, qui peuvent être faits au sol pendant le cycle cultural pour assurer une nutrition azotée correcte des plantes.

L'amélioration du niveau organique du sol est plus nette avec la poudrette de fumier qu'avec la paille de mil. La décomposition de ces apports organiques est plus rapide dans les sols de versant que dans le sol hydromorphe du bas-fond. L'augmentation des teneurs en azote dans la fraction fine du sol révèle une notable réorganisation de cet élément faisant suite à la minéralisation de l'azote organique apporté.

Cet exemple montre l'importance du choix des situations à étudier, surtout lorsque l'espace cultivé couvre plusieurs types de sols supportant différents systèmes de culture. Certaines situations ne correspondent pas toujours à celles que l'on souhaiterait étudier (cas du sol témoin de bas de pente, par exemple). Les répercussions des pratiques culturales sur le stock organique des sols, en fonction des conditions pédoclimatiques existant dans cette zone de culture, ont pu être approchées par des analyses faites sur des prélèvements de sol, mais aussi par des expérimentations menées sur le terrain ou en laboratoire.

Pour ces sols, l'amélioration de leur fertilité passe la *réduction d'une des contraintes majeures* qu'ils présentent et qui concerne les *propriétés de stockage des nutriments*, limitées par la baisse rapide du niveau organique des terres cultivées. La solution est à rechercher dans une gestion plus efficace des matières organiques disponibles, en assurant, en particulier, une meilleure interaction entre les activités agricoles et l'élevage.

## 2 - CORRECTION DE L'ACIDITE DES SOLS FERRALLITIQUES DE LA VALLEE DU NIARI AU CONGO

### 2.1 - Position du problème

La mise en culture des terres de la Vallée du Niari se traduit très rapidement par une dégradation des sols, marquée en particulier par une baisse du pH. L'acidité des sols est une contrainte pour le développement des cultures. Elle affecte l'alimentation minérale des plantes en étant à l'origine de déséquilibres nutritionnels et parfois de toxicités manganiques ou aluminiques,

qui se répercutent sur les rendements. Cette contrainte affecte les systèmes de culture à base de manioc pratiqués dans cette région du Congo. De nombreuses recherches ont abordé le problème de la correction de l'acidité de ces sols ferrallitiques argileux. Deux d'entre elles sont présentées. La première se rapporte à un système de culture traditionnel pratiquant l'écobuage (NZILA, 1992), la seconde, à la correction plus classique de l'acidité réalisée par des amendements calcaires (DJONDO et al., 1993).

## 2.2 - Les situations étudiées et les méthodes choisies

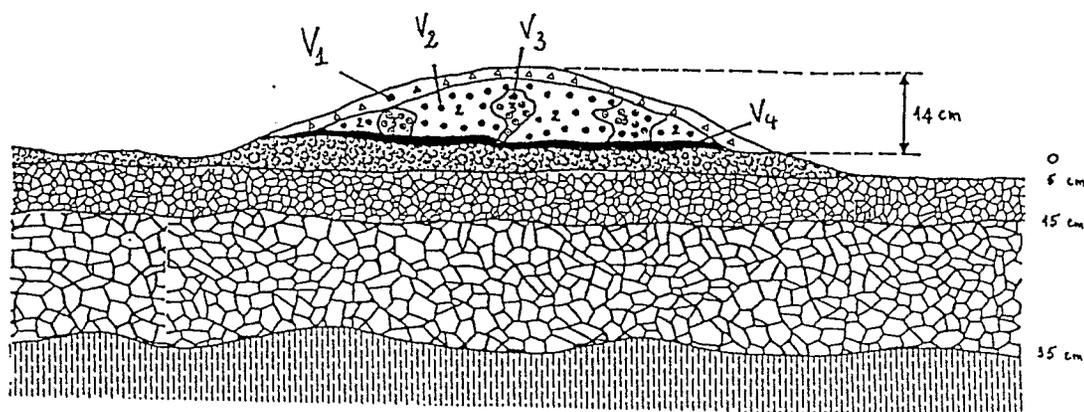
Les répercussions de l'écobuage ou des amendements calcaires sur les propriétés des sols ont été évaluées à partir de la comparaison des caractères du sol écobué à ceux d'un sol de savane, ou de la comparaison des sols amendés à un sol dégradé après quinze ans de culture continue.

La pratique traditionnelle de l'écobuage dans la Vallée du Niari consiste à rabattre la végétation naturelle herbacée d'une vieille jachère pour former des andains. Ces andains sont recouverts de terre pour former des billons. La lente combustion des herbes enfouies modifie les caractéristiques du sol du billon, améliorant ses propriétés. L'objectif de l'étude était d'évaluer cette amélioration. Le billon écobué forme un milieu hétérogène dans lequel il est possible de reconnaître des volumes qui se distinguent surtout par leur couleur et leur texture au toucher, et qui correspondent à des parties du billon ayant subi des élévations de température plus ou moins fortes pendant la combustion des herbes. Des données analytiques concernant des échantillons provenant de ces volumes, dont l'importance relative dans le billon a été estimée, permettent de faire un bilan de cette pratique traditionnelle.

Les effets des amendements calcaires sur le sol peuvent être appréciés par la comparaison de parcelles cultivées ayant reçu des apports différents. Certaines parcelles reçoivent simultanément un apport organique par l'enfouissement d'une culture de *Pueraria* de deux ans. Il est souvent difficile de s'assurer de la bonne représentativité des échantillons prélevés dans ces parcelles, en raison des différents modes d'apport de calcaire (épandage uniforme, en ligne ou en rond autour des plants de manioc). Outre cette approche de terrain, il est donc indispensable d'avoir recours à l'étude de modèles plus simples en laboratoire. Des échantillons de sol dégradé recevant des doses de calcaire broyé différentes et/ou des apports de matière végétale sont conservés à humidité et température constantes pendant plusieurs semaines (incubation). L'évolution de ces échantillons est régulièrement suivie. Différentes expérimentations réalisées sur ces échantillons permettent de mesurer les effets des apports de calcaire et de matière végétale sur les propriétés d'échange du sol, et leurs répercussions sur la disponibilité des nutriments pour les plantes. Lorsque de tels apports sont faits au sol, il est important de connaître la fraction apportée susceptible d'être entraînée par les eaux de drainage (expérience de lixiviation), celle qui est retenue par le sol et, pour cette dernière, ce qui peut passer plus ou moins facilement de la phase solide dans la solution du sol (séparation par électrodialyse). Enfin, la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes peut être appréciée par la composition d'une plante-test se développant sur ces échantillons de sol diversement traités, mis dans des vases de végétation.

## 2.3 - Résultats et conclusions

Quatre volumes différents peuvent être distingués par leur couleur dans le billon écobué. L'importance relative de ces volumes et les températures qui y ont été enregistrées pendant la combustion des herbes (de 100 à plus de 350°C) sont présentées sur la figure 2. Par rapport au sol-témoin de savane, la terre du billon a un pH supérieur, une capacité d'échange un peu plus faible du fait de la pectisation des argiles sous l'effet de la chaleur et de la baisse du niveau de matière organique (perte de 30%), mais un complexe d'échange plus saturé (tableau III).



	Températures	Pourcentage du volume du billon
V <sub>1</sub>	100 - 150° C	22 %
V <sub>2</sub>	220 - 280° C	41 %
V <sub>3</sub>	+ de 300° C	17 %
V <sub>4</sub>	-	14 %

Figure 2 Températures enregistrées dans le billon pendant l'écobuage et importance relative de chaque volume dans le billon.

	Sol de savane	Billon écobué			
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>
Mat. org.					
C %	3,8	2,7	2,0	0,5	6,0
N %	0,22	0,18	0,19	0,12	0,24
C.E.C.	14	11,5	10,8	7,8	24,0
Ca <sup>++</sup>	3,65	3,9	5,6	5,8	6,5
Mg <sup>++</sup>	0,65	0,70	0,85	0,85	3,6
K <sup>+</sup>	0,56	0,64	0,71	0,8	2,6
S/T %	35	45	67	95	53
pH	5,1	5,3	6,5	6,8	6,8

Tableau III Quelques caractéristiques des différents volumes du billon écobué.

L'écobuage apporte donc au sol une amélioration comparable à celle résultant d'un chaulage et d'un apport d'engrais, sans transfert de fertilité, puisque ces effets favorables sont obtenus à partir du sol et de la végétation de la parcelle. Le principal inconvénient de cette pratique concerne le temps de travail nécessaire pour la fabrication des billons (environ 150 jours de travail/hectare). Le bilan fait par ailleurs ressortir une perte de 60% du carbone organique de la parcelle (diminution de la matière organique du sol + végétation brûlée). L'amélioration signalée perdure environ quatre ans, tout en s'atténuant ; il ne peut donc s'agir que d'une technique de culture semi-permanente, nécessitant tous les quatre ans un retour à la jachère pour la reconstitution d'une strate herbacée naturelle suffisante pour la confection de nouveaux billons écobués.

Les amendements calcaires ont un effet net sur le pH des sols. Des informations plus complètes sont obtenues sur les modèles plus simples étudiés en laboratoire. Ces recherches ont pour objectif de mesurer l'effet d'un apport de calcaire ou d'un enfouissement de *Pueraria* sur les *propriétés d'échange du sol*. De tels apports (aux doses de 4t/ha de calcaire et de 4,8t/ha de matière végétale) ont été faits au sol dégradé; ils modifient le pH du sol, la capacité d'échange cationique (il s'agit de sols à charges variables ayant donc une CEC qui est fonction du pH) et les niveaux de bases échangeables. L'ensemble de ces résultats est présenté dans le tableau IV. Il apparaît aussi que 5 à 8% du calcium apporté par le calcaire et/ou le *Pueraria* est lixivié. La proportion de potassium apporté par le *Pueraria* entraînée par les eaux drainant à travers le sol est plus importante (15 à 30%). La séparation des éléments minéraux du sol par électrodialyse met en évidence l'interaction existant entre les dynamiques du calcium et du potassium. L'enfouissement de matière végétale apportant du calcium et du potassium au sol se traduit par un accroissement des quantités de potassium et, inversement, par une diminution de celles de calcium séparées par électrodialyse. L'ajout de calcaire apportant du calcium au sol se traduit par une augmentation des quantités de calcium, mais aussi par une diminution importante des quantités de potassium séparées par électrodialyse. Cette interaction entre calcium et potassium se retrouve dans la composition de la plante test, ce qui semble indiquer que la séparation par électrodialyse constitue une bonne approche de la disponibilité des nutriments pour les plantes.

Ces deux études montrent les effets de différentes pratiques culturales devant corriger l'acidité des terres, sur diverses propriétés des sols. L'écobuage relève le pH des sols et améliore surtout le *stock des nutriments*. Cette pratique traditionnelle ne modifie pas de façon notable les caractéristiques du complexe d'échange. Dans ces sols à charges variables en effet, l'augmentation de la capacité d'échange cationique pouvant résulter de la hausse du pH est compensée par la perte de matière organique et la pectisation des argiles. Par contre les apports de calcaire modifient la capacité d'échange cationique, la dynamique des éléments minéraux et leur *disponibilité pour les plantes*. Le simple apport de calcaire entraîne une disponibilité beaucoup plus faible du potassium pour les plantes. L'apport de matière végétale limite cet inconvénient.

Pour les sols de cette région du Congo, dont l'économie est basée sur un système de culture à base de manioc, il convient encore de préciser le caractère durable des améliorations de la productivité des terres apportées par les différentes pratiques culturales, et d'en apprécier le coût (amendements, temps de travail).

## CONCLUSIONS

Les exemples présentés sur ces études de fonctionnement de sols cultivés apportent plusieurs enseignements.

Sur le plan méthodologique, il est évident que le choix des situations à étudier doit prendre en compte la *variabilité spatiale de la couverture pédologique*. Les études se rapportent soit à un type de sol présentant une homogénéité suffisante sur la zone de culture concernée (cas des sols de la Vallée du Niari), soit à un système-sol comportant des "compartiments" correspondant à divers

	équivalent de l'apport cmol <sup>+</sup> /kg		pH	C.E.C cmol <sup>+</sup> /kg	Base échang. cmol <sup>+</sup> /kg		Lixiviation cmol <sup>+</sup> /kg		Sép. électrodial. cmol <sup>+</sup> /kg		Composition plante %	
	Ca	K			Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K
Témoin (T)	Ca	-	4,58	5,04	2,48	0,06	0,21	0,03	2,45	0,28	7,76	18,52
T + Mat. Vég.	Ca	1,39	4,73	5,33	2,71	0,21	0,28	0,07	1,38 ↓	0,41 ↑	5,96 ↓	33,57 ↑
T + Calc.	Ca	6,07	6,27	9,59	6,70	0,05	0,60	0,02	3,86 ↑	0,18 ↓	14,83 ↑	17,30 ↓
T + MV + Calc.	Ca	7,46	6,25	9,58	7,28	0,20	0,80	0,05	2,80	0,28	11,69	27,35

Tableau IV : Répercussions des apports de calcaire et de matière végétale sur le complexe et sur la dynamique d'échange d'un sol ferrallitique acide du Congo

contextes pédoclimatiques et, parfois même, à des systèmes de culture différents (cas des sols de la province du Yatenga). Les répercussions des itinéraires techniques sur les sols sont approchées *en vraie grandeur* au niveau des parcelles cultivées ; mais elles peuvent être aussi étudiées grâce à des *expérimentations "localisées" effectuées in situ* (décomposition de matières organiques placées dans des sacs enfouis dans les sols), ou sur des modèles expérimentaux, *en conditions contrôlées au laboratoire*.

Sur les résultats obtenus, ces études démontrent l'intérêt d'avoir une meilleure connaissance des *relations* existant entre, les *pratiques culturales*, les *transformations des sols* et les *modifications de leurs propriétés*. Cette connaissance permet de mieux évaluer les *contraintes édaphiques* et doit contribuer à l'élaboration d'une politique visant à l'établissement d'une agriculture durable.

### Bibliographie

- BACYE B. (1993). Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso). Doc. ORSTOM Montpellier, n° 6, 243 p.
- DJONDO M., FARDOUX J., VIZIER J.F. (1993). Modification de la disponibilité des éléments minéraux d'un sol pour les plantes après correction de son acidité par un apport de calcaire broyé. Compte rendu de la sixième réunion du GRESSAP : 25-29.
- LAL R. (1987). Managing the soils of sub-saharan Africa. Science, vol. 236 : 1069-1076.
- NZILA J.D.(1992). La pratique de l'écobuage dans la Vallée du Niari (Congo). Ses conséquences sur l'évolution d'un sol ferrallitique acide. Doc. ORSTOM Montpellier, n° 7, 190 p.
- PIERI C. (1989). Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Min. Coop., CIRAD-IRAT, 444 p.