

DEMARCHE ET PERSPECTIVES EN PEDOLOGIE POUR UNE UTILISATION AGRICOLE RATIONNELLE DES SOLS

R. MOREAU
ORSTOM Montpellier

RESUME

On sait que la réussite des opérations de développement agricole est largement conditionnée par la maîtrise de la fertilité des sols cultivés et la capacité de concevoir des systèmes d'exploitation viables. Mais la contribution apportée par les pédologues dans ce domaine, au niveau des connaissances sur les sols et de leur comportement cultural, apparaît généralement très insuffisante ; cette situation doit être corrigée en recherchant une meilleure articulation des activités entre pédologues, agronomes et développeurs.

En ce qui concerne la Science des Sols, il convient que soient mieux pris en compte les problèmes relatifs à la connaissance, à l'amélioration et à la conduite de la fertilité des sols. Un effort d'analyse, de clarification et d'innovation sur les objectifs et les méthodes de recherche doit en particulier être réalisé, afin que cette discipline assume la responsabilité qui lui revient en matière d'utilisation agricole rationnelle des sols.

En se plaçant dans le cas général d'une mise en valeur agricole régionale, le pédologue peut répondre aux questions des développeurs en intégrant dans sa démarche les acquis de la Science des Sols actuelle, notamment la conception de l'organisation des sols dans les trois dimensions de l'espace. Les recherches actuelles doivent être conçues en fonction de besoins d'information bien identifiés à différentes échelles, et constituer une suite ordonnée d'actions dont les résultats concernent directement les préoccupations des utilisateurs.

Caractérisation des sols sous culture

Sur le plan de la programmation, ces recherches se rattachent à deux types d'interventions selon le caractère pédologique ou agropédologique des thèmes traités.

Les recherches pédologiques portent sur la connaissance des sols dans leur spécificité et leur variabilité à l'échelle régionale et locale. Le pédologue apporte à ce niveau la connaissance de l'objet-sol, avec sa variabilité spatiale et temporelle. Cette connaissance sert de base pour assurer le développement rationnel des activités de recherche agropédologiques et agronomiques, ainsi que pour la mise en valeur.

Les recherches agropédologiques, définies de concert avec l'agronome, concernent les interventions en rapport avec l'utilisation agricole des sols et leur capacité de production. Elles doivent aborder plusieurs thèmes, en particulier celui de l'aptitude culturale des sols et celui des techniques culturales aptes à créer et à maintenir une fertilité garante d'une stabilité à long terme de la productivité agricole.

INTRODUCTION

L'extension des surfaces cultivées et les efforts d'intensification agricole dans les pays en développement répondent à la nécessité d'accroître la production agricole, du fait de l'augmentation des populations et de leur aspiration à une élévation de leur niveau de vie. Mais on constate, trop souvent, que les opérations de mise en valeur et de développement agricole n'atteignent pas les résultats escomptés, notamment en raison de contraintes édaphiques insuffisamment maîtrisées, s'accompagnant d'une dégradation parfois irrémédiable des sols.

En s'interrogeant sur les causes de ces échecs, on est naturellement conduit à considérer les implications de la pédologie, en tant que science de l'étude des sols. On peut, en particulier, se demander si l'insuffisance des connaissances en vue d'une utilisation agricole satisfaisante des sols est le fait des propres limitations de cette discipline, ou bien d'une mise à contribution insuffisante de ses capacités. Il faudrait, enfin, savoir si la pédologie peut offrir des possibilités d'action et des perspectives nouvelles pour l'acquisition des bases scientifiques nécessaires à la gestion rationnelle des sols, permettant d'assurer à la fois le maintien du potentiel de production et la reproductibilité des systèmes d'exploitation dans le temps.

Pour aborder de façon plus concrète ces questions, nous évoquerons le cas du projet de développement de la Crête Zaïre - Nil (CZN), qui représente une situation typique de mise en valeur confrontée à des contraintes édaphiques majeures. L'analyse de cette situation a montré la nécessité d'assurer un développement coordonné des recherches portant sur les sols et la maîtrise de la fertilité, afin de disposer des données indispensables en vue de la mise en valeur agricole régionale. Le cas de la CZN a donc surtout ici une valeur d'exemple pour expliciter une démarche générale concernant l'étude des sols et leur utilisation ; démarche qui pourrait également s'appliquer à beaucoup d'autres situations de mise en valeur et d'intensification agricole.

En raison d'une pression démographique élevée dans les zones de moyenne altitude, le Rwanda développe une politique de colonisation des hautes terres pratiquement exemptes de peuplement permanent. Le projet CZN concerne une zone à topographie fortement différenciée, située au Sud Ouest du pays entre 1900 et 2500 m d'altitude, avec un climat tropical d'altitude (température moyenne annuelle : 12-15°C ; pluviométrie : 1400-1700 mm/an avec deux maxima saisonniers).

Le projet s'est accompagné, depuis 1983, de la mise en place d'une infrastructure de développement importante (ouverture de routes, création de villages...), avec attribution d'un lot de deux hectares de terre pour chaque famille installée.

Afin de pallier rapidement l'inexistence de références agronomiques locales et les défauts de fertilité des sols qui avaient été identifiés, un programme d'amélioration et de conservation des sols a été mis en place dès le démarrage du projet, avec l'appui de la Coopération Technique Française. Les recherches se sont surtout intéressées à la correction de l'acidité et à l'amélioration de la fertilité, avec l'apport de travertin d'origine locale et différents modes de fertilisation (engrais N P K et fumier), sur la station de Gakuta (créée en 1983) et en différents points d'appui hors station.

Après quatre années d'expérimentation, les résultats obtenus s'avèrent peu ou non significatifs et difficilement vulgarisables : en particulier l'application de travertin se montre incapable de corriger efficacement l'acidité du sol. Devant cette situation, une évaluation du volet Recherche - Développement

du projet a été ordonnée, et le problème des sols et de leur fertilité a représenté un thème important de l'évaluation (MOREAU, 1988)¹.

L'évidence de l'insuffisance de données concernant les composantes du milieu physique (sol, climat et végétation) s'est imposée rapidement. Encore le cas des sols apparaissait-il relativement privilégié, avec l'existence d'une esquisse morphopédologique à 1/50 000 (GUILLOBEZ, 1984). S'agissant de développer une exploitation agricole d'occupation permanente et viable des sols, deux séries de préoccupations ont été considérées : la connaissance des sols et de leur variabilité spatiale d'une part, l'amélioration et l'évolution des sols d'autre part.

I - LA CONNAISSANCE DES SOLS ET DE LEUR VARIABILITE

Les essais multilocaux réalisés dans le cadre du projet CNZ sont établis sur des sites pour lesquels n'existe aucune référence pédologique précise², et les agronomes considèrent la variabilité "du sol" comme une cause principale de leurs difficultés (coefficients de variation des résultats expérimentaux souvent supérieurs à 25 %). Dans ces conditions, il serait illusoire d'espérer développer une recherche agronomique plus performante sans de meilleures connaissances de base en pédologie, notamment en ce qui concerne la différenciation et l'organisation spatiale, puis la caractérisation et le fonctionnement des sols.

1.1. Différenciation et organisation spatiale des sols

L'esquisse morphopédologique à 1/50 000 donne des indications générales sur le modelé, les pentes et les grandes catégories de sols (classes et sous-classes) existant dans chacune des

¹ Seul ce thème est considéré ici. Les thèmes plus strictement agronomiques (agroclimat, activités humaines, systèmes de culture et d'élevage) ont également fait l'objet d'un rapport distinct (ANGE, 1988) dans le cadre de l'évaluation.

² Les possibilités d'exploitation des résultats d'analyse sur quelque 300 échantillons de terre de la zone du projet (Anonyme, 1987), qui ne peuvent être rapportés à aucun type de sol bien défini, se trouvent aussi de ce fait limitées.

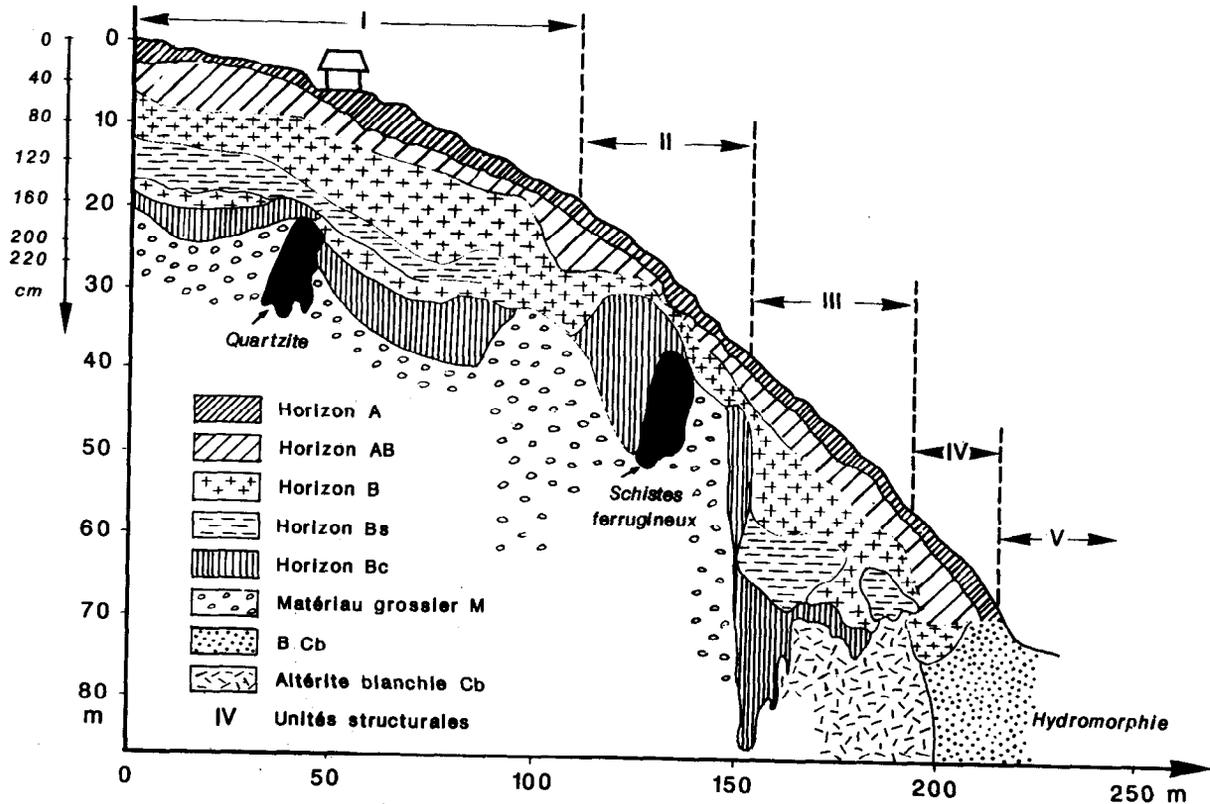


Figure 1 : Toposéquence I (versant N.E. Station Gakuta)

Utilisation agricole rationnelle des sols

14 unités morphopédologiques de la région, où les "ferrisols humifères" se trouvent de loin les plus répandus (GUILLOBEZ, 1984) ; mais elle ne peut pas représenter la variabilité spatiale des versants se manifestant à des échelles d'ordre décamétrique ou hectométrique, comme nous l'avons constaté à la station agronomique de Gakuta (fig. 1).

Les agents du développement et les agronomes ne disposent pas, actuellement, des informations nécessaires pour apprécier la représentativité d'un site par rapport à la diversité des situations pédologiques de la Crête, soit pour le choix d'un site expérimental significatif d'une situation souhaitée, soit pour valoriser les résultats acquis, par extrapolation à des situations comparables.

La recherche agronomique a donc besoin de disposer d'un référentiel des principales catégories de sols existants sur la CZN, avec un minimum de critères de reconnaissance pour faciliter la caractérisation pédologique précise des situations de terrain.

1.2. Caractérisation et fonctionnement des sols

La mise en évidence des entités pédologiques et de leur répartition géographique ne peut naturellement pas faire abstraction de l'étude du contenu, c'est-à-dire de l'ensemble des connaissances nécessaires pour établir de façon précise la "carte d'identité" des principales unités de sol. Ces connaissances sont également indispensables comme bases de développement des recherches agropédologiques dont il sera question plus loin. Elles portent en effet sur des caractéristiques qui représentent le fondement même des propriétés agronomiques du sol :

- connaissance des constituants (minéralogiques et organiques) et de leurs propriétés (aspects quantitatifs et qualitatifs) ;
- connaissance de leur organisation, jusqu'aux échelles les plus fines : modes de répartition et liaison des constituants en relation avec l'état physique ;
- connaissance du fonctionnement : mise en évidence de processus essentiels d'évolution (physiques, chimiques, biologiques) et de régulation des équilibres dynamiques de la couverture pédologique ; approche des phénomènes naturels de transformation des états du sol (mobilisation, transfert,

redistribution de matière) dans différentes situations pédologiques.

1.3. Les nécessités de recherches en pédologie

Dans une perspective de mise en valeur et d'utilisation agricole des sols, il est nécessaire d'aboutir, à l'intérieur d'une couverture pédologique, à l'identification d'unités spatiales élémentaires. Chacune doit être suffisamment homogène pour être considérée comme représentative d'un type de sol défini (différenciation du profil), avec des propriétés et un comportement cultural comparables et passible partout, de ce fait, du même traitement cultural.

Faut-il donc entreprendre, dans le cas de la CZN, une cartographie régionale à grande échelle (au 1/5 000, par exemple, pour se trouver à l'échelle des variations de versant) ? Cela n'est guère concevable sur une étendue aussi grande que celle du projet. Mais il serait plus judicieux de procéder à une analyse méthodique de l'organisation pédologique, pour mettre en évidence les principales entités de sol existant dans la région (types de sol et systèmes de sol), ainsi que les règles de leur répartition et les critères de reconnaissance sur le terrain.

Un système de sols donné se composant partout, de façon implicite, des mêmes types de sol selon la même règle de distribution, il suffirait, sur le plan régional, de posséder une carte des différents systèmes de sols, selon une échelle qui s'imposera d'elle-même en fonction des réalités de terrain. Bien sûr, pour caractériser de façon précise une portion de terrain (par exemple un champ d'expérimentation existant ou à rechercher), des observations complémentaires seront toujours nécessaires. Mais l'intervention sera alors facilitée par la connaissance des règles d'association et des caractères d'identification des différents types de sol au sein des systèmes pédologiques.

Sur le plan pratique, le travail de pédologie concernera d'abord l'étude approfondie de quelques secteurs parmi les plus représentatifs et les plus intéressants pour la recherche agronomique. Assez rapidement, ensuite, devront être choisis quelques sites où seront développées des recherches sur

l'amélioration de la fertilité (ce seront, à plus long terme, des sites de référence et des observatoires du comportement cultural du sol).

II - AMELIORATION ET MAINTIEN DE LA FERTILITE

2.1. Les données sur les sols et leur évolution

Les sols de la CZN sont profonds et bien structurés, mais toutes les données disponibles font ressortir l'acidité importante de la plupart des sols (pH de 4 à 4,5), avec des valeurs d'aluminium échangeable fréquemment élevées (1 à 4 mé/100 g) et une pauvreté chimique chronique affectant la plupart des éléments nutritifs à l'exception du potassium (Anonyme, 1987 ; GUILLOBEZ, 1984).

Leur situation d'altitude confère à ces sols des caractéristiques spécifiques, telles que la richesse en matière organique (5-7 % de carbone total), avec des horizons humifères épais et le développement d'horizons "sombriques" en profondeur, la variation importante de la C.E.C. en fonction du pH (moins de 5 mé/100 g au pH du sol, jusqu'à 30 mé/100 g à pH 7) et l'abondance de muscovite jusqu'aux horizons supérieurs, ce qui explique la richesse relative en potassium par rapport aux autres bases échangeables.

Avec la mise en culture, on assiste à une diminution rapide des éléments assimilables et certainement de certaines formes de réserve par lixiviation, exportation, appauvrissement et érosion, aboutissant à des niveaux de production très faibles ou même nuls (après trois ans à Gakuta). Par ailleurs, bien que la culture soit manuelle, les risques de dégradation structurale en culture continue ne sont pas à écarter, et les risques d'érosion sont latents dans une zone aussi accidentée.

Ces phénomènes évolutifs sont très importants à considérer dans la perspective d'une exploitation permanente, et il est nécessaire d'en suivre les manifestations et d'en étudier les processus si l'on souhaite maîtriser l'évolution des sols et de la fertilité à long terme.

2.2. Les causes de l'insuffisance des résultats de la recherche agronomique

La variabilité spatiale non contrôlée

La variabilité spatiale peut être d'origine pédologique (échelle décamétrique et au-delà), biologique et anthropique (échelles métrique et décamétrique). Quelle qu'en soit l'origine, son contrôle n'est possible que si elle se trouve bien définie dans ses principales caractéristiques : nature, extension, échelle ou maille de manifestation. C'est ensuite à l'expérimentateur de définir le dispositif expérimental le mieux adapté à ses objectifs et aux réalités de terrain (ce qui n'a manifestement pas été le cas sur la CZN). Mais deux remarques s'imposent à ce sujet :

- La différenciation spatiale de la couverture pédologique ne suit qu'exceptionnellement une ligne droite : les unités de sol existant dans la nature présentent généralement des contours curvilignes irréguliers. L'expérimentation agronomique, au contraire, donne lieu à des dispositifs de terrain caractérisés par une géométrie rectiligne quadrangulaire. La superposition de systèmes géométriques aussi différents peut présenter des difficultés, mais c'est toujours à l'expérimentateur de s'adapter aux possibilités offertes par la nature ;
- La possibilité, ou non, d'intégrer la variabilité des caractères du sol dépend du rapport entre l'échelle de manifestation de celle-ci et les dimensions des parcelles expérimentales. Sur les sols ferrallitiques de basse Côte d'Ivoire, par exemple, quelques dizaines à quelques centaines de mètres carrés permettent généralement d'intégrer la variabilité résultant de l'action des êtres vivants ; mais il faut plusieurs milliers de mètres carrés pour intégrer la variabilité texturale d'origine pédologique (MOREAU, 1986).

De toute façon, l'intégration de l'hétérogénéité spatiale, dans une parcelle unitaire de surface appropriée, n'est tolérable (particulièrement dans le cas des études de comportement du sol) que si cette hétérogénéité ne porte que sur des variations mineures, n'impliquant pas de processus de fonctionnement fondamentalement différents les uns des autres ; faute de quoi les résultats moyens obtenus sur la parcelle correspondraient à des

situations dissemblables, voire peut-être opposées, et n'auraient de valeur explicative pour aucune d'elles.

Le mode d'échantillonnage

Il conditionne la représentativité de l'échantillon prélevé et la précision des résultats ; il doit faire, avec le dispositif expérimental, l'objet d'une mise au point préliminaire, en tenant compte de l'hétérogénéité du terrain et des contraintes expérimentales. Bien souvent, par manque de temps, le contrôle préliminaire est négligé, et ce facteur n'est certainement pas sans influence sur la variabilité des résultats obtenus à Gakuta.

L'absence de contrôle des facteurs de conjoncture

Ce sont les variables non expérimentales ne faisant pas l'objet de l'expérimentation mais affectant les paramètres mesurés au niveau de la culture ou du sol. Pour le sol, ce sont surtout les phénomènes d'érosion et de lixiviation qui ont entraîné des pertes non estimées d'éléments constitutifs du sol ou qui ont apporté ces éléments dans les essais. A la station de Gakuta, l'érosion a sévi de façon spectaculaire, aboutissant au façonnement de terrasses bien marquées au bout de 3 ans (mise à l'affleurement des horizons B à l'amont des parcelles), avec des conséquences certainement très importantes sur la variabilité des échantillons et des résultats analytiques au cours du temps.

2.3. Quelles recherches en agropédologie ?

Les problèmes de fertilité à résoudre sont d'abord liés à des phénomènes de carence, toxicité et déséquilibres minéraux, c'est-à-dire à des difficultés concernant à la fois la chimie des sols et le comportement des végétaux. S'agissant de pallier l'insuffisance de références locales en matière d'agropédologie pour la mise en exploitation permanente de sols acides s'épuisant rapidement, et de maîtriser leur évolution sous l'effet des contraintes culturales, les recherches sont à conduire dans deux domaines :

- amélioration de la fertilité ;
- contrôle de l'évolution des sols.

Amélioration de la fertilité

Les sols de la station de Gakuta ont subi un tel état de transformation qu'ils ne peuvent plus avoir conservé les capacités de réponse et de comportement réactionnel aux traitements culturaux représentatives des sols de même type non perturbés. De ce fait, les études de terrain pour l'amélioration des sols sont à réaliser hors station (à l'exception de certains thèmes particuliers comme la réhabilitation).

Sur le plan méthodologique, les voies classiques pour traiter les problèmes de fertilité sont difficilement utilisables dans une région récemment ouverte à l'occupation permanente. Du fait de la faiblesse numérique des situations établies et stabilisées, il est difficile avec l'approche par voie d'enquête d'acquérir des informations non biaisées. L'approche expérimentale par réseaux d'essais pluriannuels, quant à elle, nécessiterait des moyens considérables et des délais relativement longs en raison de la diversité du milieu et du nombre de problèmes à traiter.

Il faut donc envisager une autre alternative qui, sans rien sacrifier à la rigueur scientifique, permette l'élaboration d'un référentiel agronomique précis, tout en restant dans des limites de coûts et de temps raisonnables. De façon à alléger les expérimentations de terrain, une telle méthodologie (actuellement appliquée en Nouvelle Calédonie : BONZON *et al.*, 1983) s'appuie sur un travail préparatoire en serre et en laboratoire (fig. 2). L'utilisation de vases de végétation de grand volume permet d'aller au-delà de la simple mise en évidence des carences ou des réserves minérales, pour arriver jusqu'à l'étude des réponses du sol et de la plante à différentes doses et formes de fertilisation, dans des conditions aussi proches que possible de celles du champ. Il est ainsi possible d'assurer le développement d'une plante sans distorsion notable par rapport aux conditions de terrain, au moins sur une partie notable de son cycle (28 jours, avec 5 kg de terre, pour le maïs en Nouvelle Calédonie).

La coordination entre les études menées au laboratoire, en serre et sur le terrain, où sont nécessairement élaborées et affinées les solutions finales, doit bien sûr être parfaite.

REFERENTIEL DE BASE POUR
UN TYPE DE SOL DEFINI SUR LE SITE ETUDIE

- Comment améliorer et contrôler l'état du sol
- Relations avec le comportement des cultures

T E R R A I N

SOLUTIONS FINALES
EXPERIMENTATIONS ALLEGÉES

VASE DE VEGETATION
5 Kg Terre

IDENTIFICATION DES PROBLEMES
ET RECHERCHE DES SOLUTIONS

- Mise en évidence des carences et déséquilibres
- Réponses du sol et de la plante à des mesures correctives (fumures)
- Etude du fonctionnement, dynamique d'éléments minéraux dans un système Sol-Plante

CHAMPS DE COMPORTEMENT MULTILOCAUX

- Sur sol de même type

DISTRIBUTION DES SOLS et
CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES
(Programme I)

LABORATOIRE

RECHERCHES APPROFONDIES
SUR THEMES PRECIS

- Nature des constituants du sol
- Leur organisation et propriétés
- Formes et disponibilité des nutriments

Utilisation agricole rationnelle des sols

La mise en oeuvre d'une telle méthodologie requiert naturellement une connaissance précise des sols et de leur répartition, et les techniques de culture en pot de gros volume (volume de terre, plante test, alimentation hydrique...) doivent être bien maîtrisées. Enfin, il faut admettre que l'aboutissement des recherches ne sera pas immédiat (au moins 6 ans en Nouvelle Calédonie, sans aucune référence agronomique au départ) et qu'un effort soutenu est nécessaire pendant ce temps (bien que des résultats partiels utilisables par la recherche agronomique puissent être obtenus plus rapidement).

Par rapport à la situation antérieure de la CZN, ces recherches bénéficieraient des données pédologiques de base et des études approfondies réalisées au laboratoire concernant des caractéristiques ou des processus fondamentaux. Sur le terrain, les modalités d'action et le devenir des amendements et engrais apportés au sol doivent faire l'objet d'une analyse suivie, en même temps que l'étude des comportements du sol et des cultures, de façon à disposer de bases plus larges et plus sûres d'interprétation des résultats.

Dans le cas de l'application du travertin à Gakuta, par exemple, l'absence de résultats probants peut avoir plusieurs causes, qu'il faut mieux cerner au niveau de la nature de l'amendement (composition, granulométrie, solubilité) et de son devenir (pertes par érosion ou lixiviation, formes chimiques nouvelles), en relation avec les propriétés du sol (contacts sol-solution-amendement, capacité d'échange, pouvoir tampon...). C'est donc à une meilleure connaissance des points de blocage de l'action de l'amendement qu'il convient d'arriver, de façon à mieux raisonner ensuite la conduite des recherches. Le même schéma d'intervention doit d'ailleurs être appliqué à tout autre type de traitement concernant l'action des engrais ou des amendements.

Contrôle de l'évolution des sols

Cet aspect des recherches en agropédologie se trouve malheureusement souvent négligé en raison de considérations trop strictement immédiates conduisant, avec la dégradation des sols sous culture, bon nombre d'opérations de développement à l'échec, à plus au moins longue échéance. Sur la CZN, où les risques de dégradation sont évidents, la recherche agronomique

n'a fait qu'effleurer la question. Les recherches doivent y être développées de façon plus méthodique, avec des objectifs précis, en fonction de la diversité des situations locales.

Il s'agit, d'abord, de prévenir la dégradation des sols en décelant à temps les tendances évolutives défavorables et de prendre éventuellement les mesures correctives nécessaires, puis de fournir les données de bases relatives au comportement des sols, pour l'élaboration de systèmes techniques d'exploitation durables. Il est alors préférable de développer des études comparatives, élargissant les possibilités d'analyse du comportement des sols en fonction des conditions de milieu et de culture.

On s'efforcera de caractériser et d'analyser le comportement réactionnel du sol vis-à-vis des contraintes d'exploitation, en suivant les modifications de son état et de son fonctionnement au cours du temps. Trois principaux aspects thématiques sont à considérer, chacun pouvant faire l'objet de recherches plus ou moins approfondies en fonction des cas de situation considérés :

- l'évolution de l'état physique des sols et ses liaisons avec l'hydrodynamique et l'érosion : modifications du profil cultural en relation avec l'organisation de la structure et la transformation des constituants organiques et minéraux du sol ;
- l'évolution des statuts organiques et minéraux du sol en relation avec la transformation quantitative et qualitative des constituants, de leur organisation et des propriétés qui leur sont subordonnées : propriétés d'échange, pouvoirs tampon et fixateur... ; aspects dynamiques en relation avec les processus biologiques, de lixiviation, d'érosion ;
- l'étude de l'érosion, actuellement limitée à une série de cases d'érosion sans références pédologiques et climatiques précises, pour une meilleure connaissance des phénomènes érosifs, de leurs causes et de leurs conséquences, en relation avec l'état des sols et les conditions de milieu et de culture.

*

* *

Ces deux programmes d'agropédologie sont tout à fait complémentaires et ne peuvent être conduits qu'en parfaite coordination avec les activités de la recherche agronomique. Sur la CZN, la priorité revient à l'amélioration de la fertilité. Mais le programme sur l'évolution des sols doit aussi être développé sans tarder, au moins pour des aspects évolutifs déjà bien identifiés et dont certains éléments de connaissance pourraient être rapidement mis à profit pour l'amélioration de la fertilité. Ainsi, les processus d'anthropisation ancienne et leurs conséquences sur l'état du sol, considérées comme favorables dans la région, devraient faire l'objet de recherches immédiates ; en particulier dans le domaine de la matière organique dont la transformation peut avoir d'importantes répercussions sur les propriétés générales du sol (capacité d'échange et pouvoir tampon par exemple).

III - PEDOLOGIE ET UTILISATION AGRICOLE DES SOLS

3.1 Un plan d'action cohérent pour la connaissance et l'utilisation des sols

L'analyse de situation de la CZN montre, comme c'est souvent le cas dans les opérations de développement, qu'en voulant aller vite, on s'est efforcé de manipuler un milieu que l'on connaissait mal, en particulier au niveau des sols qui constituent pourtant le support essentiel de l'activité agricole. Si des contraintes majeures telles que l'excès d'acidité et certaines de ses séquelles ont bien été identifiées dès le départ, les difficultés pour les corriger ont été sous-estimées et les moyens de recherches engagés n'ont pas été, non plus, à la mesure de ces difficultés.

Pour répondre aux besoins d'information en matière de connaissances sur les sols, il est nécessaire de développer un plan d'action en trois programmes de recherches coordonnées :

- connaissance et répartition des sols (pédologie) ;
- amélioration de la fertilité (agropédologie) ;
- évolution des sols (agropédologie).

Il existe entre ces trois programmes un ordre de dépendance découlant de l'ordre logique d'acquisition des connaissances.

Mais il n'est pas nécessaire que chacun de ces programmes arrive à échéance pour que le suivant soit initié. D'ailleurs, l'obligation de travailler en conformité avec la diversité des situations pédologiques conduit à traiter séparément chaque type de sol et de système de sols.

3.2. Les relations entre pédologues et utilisateurs des résultats de la recherche

Les opérations de mise en valeur ou d'intensification agricole sont encore trop souvent conduites sans connaissance suffisante des sols, ou sans tenir suffisamment compte de cette connaissance si elle existe. Mais les reproches fréquemment adressés aux pédologues par les utilisateurs potentiels de leurs travaux ne sont pas non plus sans fondement ; qu'il s'agisse des difficultés de compréhension et d'utilisation des documents cartographiques ou, de façon plus générale, des difficultés d'extraire des travaux réalisés les informations nécessaires à la solution de problèmes concrets auxquels ces utilisateurs sont confrontés.

Cette situation résulte, semble-t-il, d'un défaut de communication entre pédologues et responsables du développement et de la recherche agronomique, conduisant à une connaissance ou considération insuffisante des besoins et des possibilités des uns et des autres. On constate, en considérant la position du pédologue dans le cadre des structures et processus concourant à la production agricole (fig. 3), que l'intercommunication se trouve notamment insuffisante au niveau du "système d'information", dans le sens descendant et le sens remontant, par rapport aux demandes des utilisateurs du "système de décision". C'est pourtant à ce niveau qu'il est souvent nécessaire d'opérer une transposition de problématique, faisant intervenir des modifications d'échelle avec des considérations thématiques nouvelles, afin d'assurer au mieux la pertinence des recherches à réaliser et en réponse aux besoins d'information. Il apparaît souhaitable, pour remédier à cette situation, que la sphère de préoccupation du pédologue puisse s'étendre plus largement en direction des utilisateurs, dont on pourrait attendre, en retour, un mouvement dans le sens inverse.

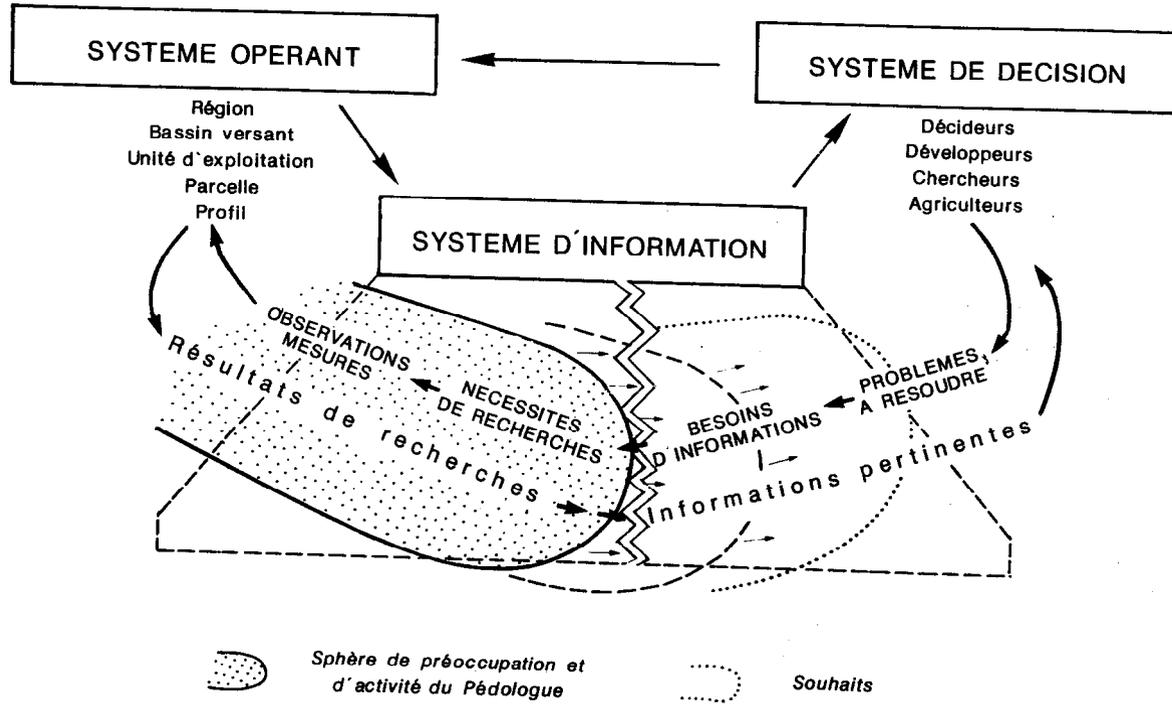


Figure 3 : Position du pédologue dans le contexte des structures et processus concourant à la production agricole

4.3. Les recherches sur la fertilité des sols : deux approches complémentaires

En ce qui concerne la conduite des recherches sur la fertilité des sols en rapport avec les pratiques culturales et le comportement des cultures, il y a lieu de distinguer deux approches, d'inspiration agronomique ou pédologique (fig. 4).

L'approche agronomique

Elle privilégie, au niveau du sol, l'étude des caractéristiques ou paramètres de fertilité intervenant dans la satisfaction des besoins de la plante : eau et éléments nutritifs absorbés, ou déterminant un environnement favorable ou non pour le fonctionnement racinaire : caractéristiques physiques et physico-chimiques.

L'échelle de travail privilégiée est celle de la parcelle ou du champ de culture. Les recherches visent à l'analyse des liaisons entre les traitements culturaux, les caractéristiques de fertilité du sol et les rendements des cultures ; elles cherchent également à établir des bilans ou des modèles, lorsque l'on se préoccupe de fonctionnement et d'évolution du sol.

Les données obtenues correspondent principalement à des déterminations quantitatives exprimées en terme de moyenne représentative d'une étendue de terrain (en général l'hectare). Cette approche peut être qualifiée de globalisante, considérant le sol à un niveau d'échelle qui est classiquement celui des interventions agronomiques. Elle s'intéresse en priorité à un groupe de caractéristiques apparaissant comme causes directes de la capacité de production, mais qui ne se situent, en général, qu'au second rang dans la chaîne des causalités de la fertilité édaphique.

L'approche pédologique

Cette approche, qui doit compléter la précédente, apparaît plus spécifique de la démarche pédologique. Elle se développe en concordance avec la conception "structuraliste" appliquée à la couverture pédologique et au système sol-plante. Elle vise à une connaissance approfondie de l'état des sols, de leur

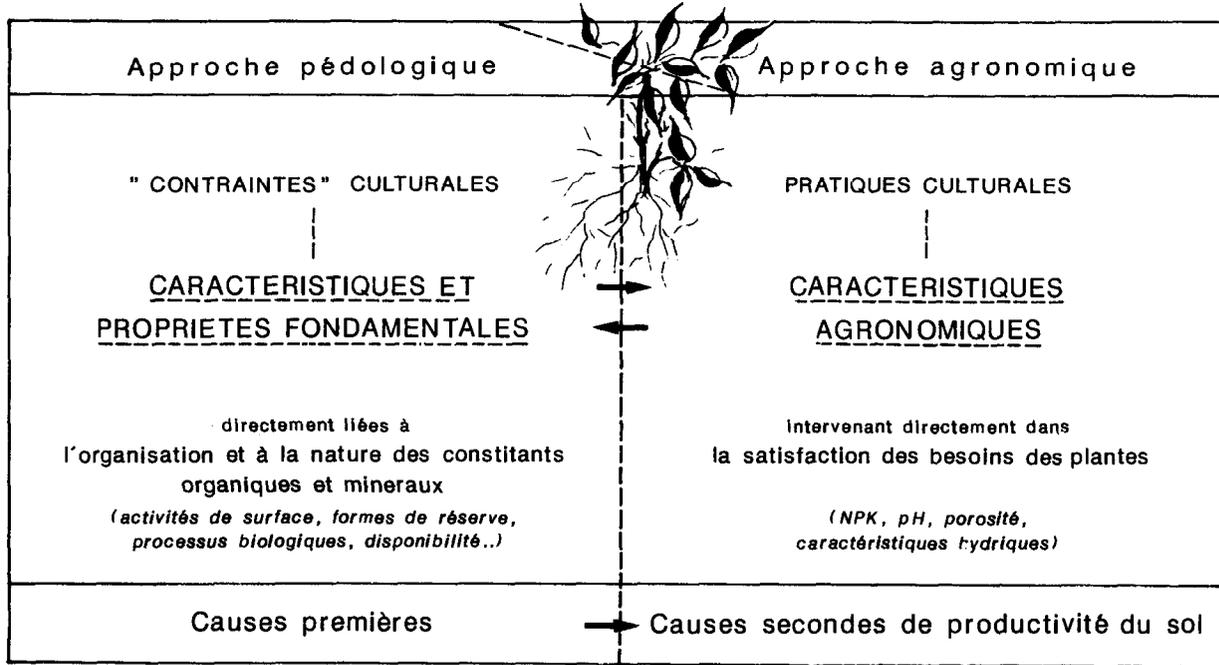


Figure 4 : Deux approches complémentaires pour l'étude de la fertilité et de l'évolution des sols cultivés

Utilisation agricole rationnelle des sols

fonctionnement et de leur évolution en relation avec les contraintes culturelles et le comportement des cultures.

L'approche pédologique s'efforce de lier les propriétés et le comportement cultural des sols et leurs manifestations agronomiques à leurs causes, jusqu'au niveau le plus fondamental où les recherches touchent à la nature et à l'organisation des constituants du sol et à leur modification sous les effets combinatoires et cumulatifs des pratiques culturelles. En s'intéressant aux caractéristiques assurant le fondement des paramètres de fertilité classiques, on va donc plus loin, ici, dans la connaissance des causes premières de la capacité de production des sols et de leur devenir, qui détermine à terme l'évolution du potentiel de production.

Il existe une double nécessité en vue d'améliorer la gestion des sols : mieux comprendre les causes et les processus de transformation de l'état d'un sol d'une part, et améliorer la connaissance des relations internes entre l'état du sol et le développement des plantes d'autre part. On est amené, dans les deux cas, à considérer l'importance de la solution du sol, soit comme agent de transformation, soit comme terme central des relations sol-plante ; c'est un thème de recherche à développer, en associant les considérations physiques et chimiques, surtout lorsqu'on s'intéresse à la fonction de production pour laquelle il est nécessaire d'étudier la solution du sol en intégrant les aspects quantitatifs et qualitatifs, en relation avec l'alimentation hydrique et minérale des plantes.

D'un point de vue opérationnel, l'étude des propriétés et des phénomènes évolutifs est liée à celle des entités structurales, et l'emboîtement des échelles constitue un facteur déterminant de l'approche méthodologique. Niveau d'organisation majeur du système sol-plante, le profil cultural apparaît comme un niveau d'approche privilégié pour la compréhension des relations entre la plante et le sol, pour l'analyse de l'impact des pratiques culturelles (en particulier des travaux aratoires) et comme point d'articulation entre les études conduites à l'échelle de la parcelle et au-delà, et celles réalisées aux échelles plus fines : horizons, volumes structuraux homogènes, éléments structuraux (agrégats).

CONCLUSION

D'une façon générale, le domaine de compétence des pédologues apparaît encore trop souvent limité à l'étude de la pédogenèse et à la cartographie. Cette perception restrictive de la Science des Sols nuit à son développement dans d'autres domaines de recherche où elle n'intervient encore que de façon insuffisante, en particulier dans celui de la fertilité et de la culture des sols. Il s'avère indispensable, pour l'avenir, d'assurer le développement de la discipline sur des bases plus larges et de renforcer sa position parmi les sciences apportant une contribution majeure au développement agricole. Plusieurs éléments de conjoncture actuelle font ressortir la nécessité d'agir dans ce sens.

Ainsi, certains secteurs de recherche scientifique et technique, qui connaissent un essor relativement nouveau et rapide (biotechnologies, génie génétique...) laissant espérer des possibilités de développement jusqu'alors inconnues, retiennent actuellement plus facilement l'intérêt des responsables politiques et financiers et concentrent à leur profit une part croissante des moyens de recherches, au détriment des secteurs plus traditionnels. Parmi ces derniers, la Science des Sols risque de manquer des moyens nécessaires à son développement satisfaisant, si elle ne s'attire une considération plus grande.

La prise de conscience grandissante, dans les milieux du développement et de la recherche agricole, du fait que la viabilité des systèmes de culture et le succès des opérations de développement nécessitent une maîtrise meilleure de la fertilité des sols et de leur évolution, est aussi à considérer avec le plus grand intérêt. Ce courant d'idée doit, en effet, porter les pédologues à mieux définir la position de leur discipline et à revendiquer une responsabilité plus grande dans le domaine des recherches concernant l'utilisation agricole des sols, de concert avec les agronomes. Nos possibilités dans ce domaine sont loin d'être partout reconnues, et il est nécessaire que les capacités actuelles de la discipline et ses potentialités pour le futur puissent être perçues de façon plus évidente.

La pédologie dispose déjà d'acquis importants devant lui permettre d'affirmer véritablement sa vocation de science de l'étude des sols, par un effort d'analyse, de clarification et, si besoin, de renouvellement de ses concepts, de ses finalités et de ses modalités d'actions. Il s'agit d'assurer un développement cohérent des recherches sur l'ensemble du champ thématique de la discipline, touchant aussi bien à la connaissance des sols,

Caractérisation des sols sous culture

avec leur spécificité et leur variabilité spatiale et temporelle, qu'aux possibilités de les améliorer et de les cultiver sans diminution de leur productivité à long terme. Dans ce domaine de l'étude des sols en rapport avec l'activité agricole, la Science des Sols doit notamment intégrer dans sa démarche l'analyse des relations entre les sols et le comportement des cultures, la recherche des fondements pédologiques des propriétés des sols et de leurs manifestations agronomiques, enfin leur comportement réactionnel aux sollicitations ou contraintes culturelles en relation avec l'évolution de la capacité de production.

La conduite de ces recherches implique de travailler dans la logique de l'approche pédologique, basée sur une conception structuraliste du sol, et en faisant valoir, dans le domaine de l'agropédologie, le principe que les propriétés et le fonctionnement d'un sol se trouvent subordonnés à la nature et à l'organisation de ses constituants minéraux et organiques. Et c'est effectivement au contact avec d'autres disciplines, telles qu'agronomie, bioclimatologie, hydrologie..., que la Science des Sols doit pouvoir le mieux affirmer sa spécificité et renforcer son identité, en montrant la cohérence de ses concepts et de sa démarche pour l'ensemble des situations où le sol constitue un objet d'étude essentiel.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGE (A.), 1988 - La Recherche Agronomique pour le projet Crête Zaire-Nil. Résultats et propositions de programme pour la 2^e phase du projet. Mission de Coopération Française - CIRAD/IRAT (Montpellier), 54 p., multigr.
- Anonyme, 1987 - Synthèse des analyses de sol réalisées par le Projet C.Z.N. Doc. trav. n° 4, Recherche-Développement, Projet C.Z.N., 12 p., multigr.
- BONZON (B.), DEVINCK (F.), MAZARD (P.) & SEVERIAN (P.), 1983 - Effets de différentes croûtes calcaires sur sol sodique acide. Résultats des études expérimentales conduites en 1982. Rapp. ORSTOM (Nouméa) - CREA Nassadiou, 38 p., multigr.

Utilisation agricole rationnelle des sols

- GUILLOBEZ (S.), 1984 - Projet Crête Zaïre - Nil. Etudes du milieu naturel ; morphologie régionale, défense des sols contre l'érosion hydrique, étude de la station expérimentale de Gakuta, amélioration de la fertilité des sols. République rwandaise. Mission de Coopération Française - IFARC, 64 p., multigr.
- MOREAU (R.), 1986 - Variations spatiales d'une couverture pédologique relativement homogène et expérimentation agronomique en Basse Côte d'Ivoire. IBSRAM Proceedings, n° 4 : 163 - 172.
- MOREAU (R.), 1988 - Sols et fertilité dans le cadre du projet Crête Zaïre - Nil. Rapport d'évaluation au Rwanda. Mission de Coopération française - ORSTOM (Montpellier), 38 p., multigr.