

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

INSTITUT DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES AU CONGO

SERVICE PEDOLOGIQUE

LES ETUDES PEDOLOGIQUES DANS LES PAYS
SOUS DEVELOPPES EN MATIERE AGRICOLE

par

J.M. BRUGIERE &
Directeur des Recherches
O.R.S.T.O.M.

G. MARTIN
Maître de Recherches
O.R.S.T.O.M.

Cote IRSC: MC 122
Cote ORSTOM:

Brazzaville, Octobre 1962

LES ETUDES PEDOLOGIQUES DANS LES PAYS
SOUS DEVELOPPES EN MATIERE AGRICOLE

par

J.M. BRUGIERE &
Directeur des Recherches
O.R.S.T.O.M.

G. MARTIN
Maître de Recherches
O.R.S.T.O.M.

I. PRELIMINAIRES

Partout, l'homme a rapidement compris la nécessité d'être agriculteur pour subvenir à ses besoins en nourriture. Il semble que là où ces besoins étaient les plus importants, que la nature soit moins favorable, ou que la population soit plus nombreuse, l'agronomie a évolué plus vite. C'est en particulier vrai pour les pays d'Europe.

Dans un second stade, où les communications se sont développées, produire pour vendre au voisin s'est révélé lucratif et certaines régions ou certains pays se sont orientés vers des productions agricoles particulières.

Dans ces pays agricoles, correspondant à l'une ou l'autre de ces catégories, la production est liée soit à une population agricole nombreuse, soit à une technique évoluée, soit à ces deux facteurs à la fois. Les surfaces cultivées y sont utilisées en permanence, et les sols, à la suite des interventions continuelles de l'homme ont acquis des propriétés nouvelles qui les différencient sensiblement de celles qu'elles possédaient avant leur utilisation.

En zone subéquatoriale africaine, plus spécialement en République du Congo, on a pratiquement à peine dépassé le stade de procurer de la nourriture à la population. Et la production agricole est restée à un niveau relativement bas parce que cette population est peu nombreuse (densité: 2,3 habitants au kilomètre carré), et que la nature est relativement favorable aux espèces végétales couramment utilisées (manioc, banane).

Cette pénurie de main-d'oeuvre, liée à la médiocrité quasi générale des sols a amené les africains à pratiquer des modes d'agriculture peu évolués, se rapportant tous à la culture itinérante. Sur le plateau Koukouya par contre, où la densité arrive à 27 h/km², on constate la mise en pratique d'une agriculture déjà un peu plus évoluée (écobuage), quoiqu'étant toujours itinérante.

La mise en valeur de ces pays, en matière d'agriculture doit faire face à deux problèmes: l'un mineur qui consiste à assurer le ravitaillement des centres qui ont brusquement pris une ampleur anormale, réduisant d'autant la population agricole du pays; l'autre majeur, car vital pour l'économie du pays, qui est de vendre à l'extérieur des produits agricoles transformés ou non. La mise en valeur de ces régions doit donc être essentiellement orientée vers des productions agricoles susceptibles de pouvoir être vendues sur le marché extérieur.

Cette mise en valeur pose deux catégories de problèmes, les uns économiques et sociaux, les autres techniques. Les premiers sont au moins aussi importants que les seconds à résoudre, car déterminent également le succès ou l'échec. Nous ne les aborderons pas car ils débordent notre compétence. Les problèmes techniques sont également d'ordres divers, mais contrairement aux précédents, il est rare qu'ils soient insolubles en théorie. Par contre, les études demandent du temps et de l'argent, et les solutions qu'elles proposent, pour être applicables, doivent être économiquement réalisables.

L'élaboration d'un programme agricole pour la mise en valeur de ces régions doit donc normalement faire appel à un certain nombre de spécialistes: agronome, pédologue, botaniste, sociologue, économiste etc..., mais la part consacrée à l'étude des sols est évidemment la plus importante.

Les études pédologiques, dans un premier stade, doivent être orientées vers l'inventaire général des sols, la caractérisation rapide des principales catégories pour en estimer les valeurs. Il s'agit donc d'une prospection générale systématique, qui sera concrétisée par l'établissement d'une carte à petite échelle. Ce premier stade de travaux permettra de proposer les zones pédologiquement intéressantes pour leurs possibilités agricoles.

Après le choix qui est ensuite fait, qui tient compte des facteurs économiques et sociaux, un certain nombre de zones doivent être reprises dans un second stade d'études, selon l'ordre d'urgence fixé.

Pour chacune, une prospection plus détaillée est réalisée, avec caractérisation complète physique, chimique et biologique, cartographie à grande échelle, estimation

des surfaces, délimitation des blocs, établissement de parcelles d'essai.

Dans un troisième stade sont étudiées les méthodes d'ouverture des terres, sont réalisées des études particulières (bilan hydrique, érosion, etc.), sont dégrossis les problèmes des espèces et variétés à utiliser, et sont testés les assolements proposés. La carte d'utilisation des sols est dressée et les blocs tracés.

Dans un quatrième stade enfin, le pédologue suit d'une manière très précise l'évolution des sols sous culture. Avant l'intervention, ces sols étaient en équilibre avec la végétation naturelle, que ce soit la savane (soumise aux feux de brousse) ou la forêt. La mise en culture rompt cet équilibre, ce qui peut apporter des perturbations importantes aux propriétés physiques, chimiques et biologiques. L'évolution de ces propriétés doit être suivie pas à pas de manière à en déterminer le sens, prévenir les accidents possibles et proposer les remèdes: adoption de méthodes culturales définitives, d'assolements conservateurs, utilisation de techniques spéciales, apports d'engrais etc...

La recherche est longue et parfois on est tenté de lancer l'application prématurément sur une grande échelle. Cela peut parfois faire gagner du temps, mais dans la majorité des cas on court à la catastrophe: dégradation des sols, épuisement etc... Là encore on fait appel au pédologue, pour la restauration des sols. Ces problèmes sont le plus souvent techniquement peu faciles à résoudre et la plupart du temps, les solutions proposées sont anti-économiques. Le vieil adage "mieux vaut prévenir que guérir" est ici très vrai.

Comme on le voit, les études pédologiques pour la mise en valeur des pays sous développés en matière d'agriculture sont essentielles, car elles interviennent à tous les stades.

2. PREMIER STADE - PROSPECTION GENERALE

Ces premières études, destinées à désigner et délimiter les zones pédologiquement intéressantes pour la mise en valeur agricole, nécessitent une bonne connaissance du pays, à la fois connaissance pédologique des principaux types de sols et connaissance de leurs possibilités.

a) Inventaire des principaux types de sol.-

Cet inventaire peut être assez rapidement fait, ne demandant, pour chaque région naturelle que l'étude précise d'un nombre assez restreint de profils pédologiques. Elle se fait ordinairement le long des voies de communication et se borne aux catégories de sol représentatives de la région considérée, formées sur des roches dont les affleurements sont suffisamment étendus et occupent les positions topographiques les plus courantes.

Pour ces études, les données topographiques, géologiques, geomorphologiques, climatologiques, botaniques, etc. doivent être suffisantes pour permettre une extrapolation de première approximation, et chacune ont leur importance.

Les études en laboratoire des propriétés physiques, chimiques et biologiques permettent de compléter les observations recueillies sur le terrain, l'ensemble de ces renseignements servant à caractériser chaque sol. Cette caractérisation est indispensable pour définir les grandes catégories de sol et les ranger dans la classification pédologique.

b) Cartographie à petite échelle.-

Ces études préliminaires permettent alors de dresser une carte à petite échelle dont la légende utilise les diverses catégories de cette classification. A cette échelle (1/1.000.000ème environ) les limites peuvent être approximatives, leur tracé sur le fond n'étant que le résultat d'extrapolations plus ou moins valables selon l'exactitude des documents de base.

c) Estimation de la valeur agronomique des sols.-

Cette estimation est possible à la fois par l'interprétation des propriétés physicochimiques des sols en

fonction des exigences des diverses espèces utilisées, et par les résultats obtenus dans la pratique soit en culture africaine, soit sur les stations d'essai généralement et c'est le cas pour la République du Congo (sauf la vallée du Niari) le réseau de ces stations est très peu développé, et les renseignements que peuvent donner les services officiels ou les cultivateurs sur les rendements obtenus sont imprécis ou contestables.

d) Néanmoins, en première approximation, il est possible de dresser un ordre dans les valeurs, ce qui permet de désigner et de délimiter sur la carte les secteurs les mieux adaptés à une action de mise en valeur.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, dans ces régions, la population ne s'est pas forcément fixée sur les zones agricoles intéressantes. Cela tient au fait que pour la majorité des gens, l'agriculture est encore une activité secondaire vis à vis d'autres (chasse, pêche, cueillette, échanges etc.) et que la localisation des populations est avant tout la résultante de faits historiques coutumiers, administratifs etc.. Cependant presque partout les cultivateurs ont quelques connaissances de la valeur des terres de leur secteur, ce qui leur a permis de fixer une rotation de cultures généralement adaptée à la richesse des sols qu'ils utilisent, et à effectuer un certain choix pour la mise en place de leurs nouvelles cultures.

Un autre problème important à relater est une conséquence à la fois du rassemblement de la population sur les axes de communication, et de l'agriculture itinérante: c'est la création de "couloirs de culture" le long de ces axes, réduits à une largeur qui est fonction de la densité humaine et de la valeur des sols. Tout plan de développement agricole devra dans ces conditions souvent faire appel à des surfaces en dehors de ces couloirs, ce qui peut rendre nécessaire des déplacements de population, sur des distances plus ou moins grandes. Ces déplacements, également indispensables techniquement si on veut réunir sur des sols valables la densité de main d'oeuvre nécessaire pour les mettre en valeur, posent des problèmes importants qui entrent en considération dans le choix des zones à aménager.

3. SECOND STADE: PROSPECTION DE DETAIL

Ce choix fait, un ordre d'urgence classe les diverses opérations à réaliser. Une étude détaillée est alors indispensable pour caractériser d'une manière précise tous les types de sols rencontrés, les cartographier, estimer les surfaces utilisables pour chacune des activités préconisées. C'est à ce moment que peuvent être implantés des essais destinés à tester leurs possibilités agricoles, si on ne possède pas ces renseignements par ailleurs.

Le document synthétique de ce stade d'études est la carte pédologique à grande échelle, utilisant pour sa légende une classification beaucoup plus poussée, et accompagnée d'une notice substantielle.

a) La prospection détaillée demande un travail au sol plus important, les points d'observation devant toujours être nombreux. On estime en effet que pour qu'une carte soit valable, il est nécessaire qu'on ait un point d'observation au centimètre carré (de carte). Si l'échelle est au 1/1.000.000ème (premier stade), il suffit d'un profil examiné au 100 km²; pour une carte au 1/50.000ème, il en faut un par 25 hectares et au 1/10.000ème un par hectare.

Il est évidemment nécessaire de posséder des documents topographiques exacts. Dans ces pays, ils sont restitués la plupart du temps à partir d'une couverture aérienne. Ces dernières sont particulièrement intéressantes pour le pédologue. En effet les examens sur le terrain sont essentiellement axés sur l'étude de chaînes de sols ou succession de types de sols bien définis en fonction de facteurs naturels, topographiques en particulier. Tous autres facteurs égaux par ailleurs: roches ayant donné naissance aux sols, végétation etc., ces chaînes de sols se répètent en fonction de la topographie, depuis les sols de sommet jusqu'aux sols hydromorphes de fonds de vallée. L'extrapolation est encore facilitée par l'examen direct des photographies aériennes, au stéréoscope. Le nombre des points d'observation se trouve ainsi réduit d'une part à un travail de terrain très précis sur des zones ou des

bandes représentatives, d'autre part à des contrôles d'extrapolation. On voit donc quel intérêt il y a tant sur le terrain qu'au laboratoire à avoir ces documents remarquables que constituent les couvertures aériennes.

b) Les résultats d'analyse permettent de compléter les renseignements relevés sur le terrain concernant les profils de sol et les résultats culturaux (s'ils existent); avec ces indications on peut estimer la valeur des différentes catégories de sol eu égard à leurs utilisations possibles: sols à réserver à la culture; sols à réserver à l'élevage; sols à abandonner pour des activités forestières (exploitation, reforestation etc.). Chacune de ces catégories peut être estimée en surface par planimètre de la carte.

C'est essentiellement pour les premières, destinées aux cultures que la vocation doit être appréciée au mieux, en tenant compte à la fois des propriétés physiques et chimiques des sols, et des autres facteurs naturels (couverture végétale, climat etc.), des résultats obtenus en expérimentation ou en culture, enfin des exigences des plantes tant du point de vue physique que du point de vue chimique.

Ces notions de vocation des sols font apparaître à ce stade un certain nombre d'impératifs, du moins des techniques à employer concernant l'utilisation des sols aussi bien à l'ouverture des terres que pour la suite des opérations culturales.

c) Aussitôt qu'il est possible, dans le cas où les renseignements agronomiques concernant le comportement des espèces végétales préconisées sont insuffisants ou dans celui où les rendements ne sont pas connus avec suffisamment de précision, il est nécessaire d'expérimenter, l'implantation des parcelles d'expérimentation étant précisée par le pédologue.

d) Le document synthétique de ce second stade d'études est la production d'une carte à grande échelle, avec une notice très détaillée réunissant tous les renseignements connus.

L'examen de cette carte permet à la commission de mise en valeur, qui tient compte d'autres arguments, de situer les blocs à retenir, l'ordre d'urgence de leur utilisation, etc..

4. TROISIEME STADE

A ce stade, les études sont axées dans trois directions différentes: d'une part la réalisation d'études particulières relatives aux sols (bilan hydrique, ruissellement, érosion etc.); d'autre part l'édition d'une carte d'utilisation des sols pour chacun des blocs retenus; enfin, au fur et à mesure que l'expérimentation se déroule et se développe, on teste l'emploi des différentes espèces et variétés, des divers assolements proposés, de toutes les opérations culturales préconisées. A l'issue de ces travaux, la mise en application peut commencer.

a) Etudes particulières.-

Il s'agit là d'études demandant un certain temps pour être réalisées; l'étude du bilan hydrique en est un exemple, et l'intérêt des résultats qu'elle donne est évidemment primordial pour l'agriculture. Il en est de même pour les études concernant le ruissellement, les sols étant naturellement plus ou moins sensibles à l'érosion, en fonction surtout de leurs caractéristiques physiques; mis en culture, et selon les modes de cette mise en culture, les espèces cultivées etc., cette sensibilité varie généralement dans le sens de l'augmentation, avec tous les risques que cela comporte. On en déduit soit un pourcentage de pente à ne pas dépasser pour chacune des activités prévues, soit l'adoption d'un certain nombre de mesures antiérosives et de façons culturales adaptées.

b) Le dernier document préliminaire à l'application en vraie grandeur est la carte d'utilisation des sols, dressée pour les surfaces retenues. Vocation, fertilité, indications de pente, d'érosion, de végétation naturelle, importance des travaux à accomplir pour la mise en valeur et la conservation, adoption de modes de culture spéciaux etc. sont reportés sur cette carte. La légende en classes et sous classes donne tous les éléments utiles à l'agronome chargé de l'application.

Parallèlement à ces travaux, l'expérimentation a permis de tester les différentes espèces et variétés préconisées, de mettre en place les divers assolements proposés.

5. QUATRIEME STADE - EVOLUTION DES SOLS SOUS CULTURE

Cette évolution est aussi bien suivie sous pâturage que sous surfaces reforestées etc. Mais c'est essentiellement sous culture d'une part que les perturbations apportées à l'équilibre préexistant sol-végétation naturelle sont les plus importantes et que d'autre part, l'application en vraie grandeur risque de faire apparaître des problèmes plus aigus que ceux qui avaient été résolus sur champ d'essais d'autant plus que la gamme des sols utilisés en pratique n'a pas toute pu être testée en général par des essais.

a) Les modifications qu'apporte la culture peuvent être assez peu marquées, principalement lorsqu'on s'adresse à des cultures pérennes bien menées; par contre lorsqu'il s'agit de cultures annuelles, et plus encore lorsqu'on réalise deux cultures annuelles par an, comme c'est le cas dans ces régions subéquatoriales, elles peuvent être très importantes dans tous les domaines: propriétés physiques, propriétés chimiques, matières organiques, propriétés biologiques. La période de non culture elle-même, représentée au sud Congo par 5 mois de saison sèche, agit également d'une façon déterminante sur les sols, et peut amplifier dans certains cas des phénomènes évolutifs dangereux.

b) L'étude de l'évolution sous culture demande au pédologue une grande vigilance, la mise au point et l'application de méthodes adaptées à chaque cas. Généralement les modifications n'apparaissent pas immédiatement à la mise en culture, et de toutes façons, leur étude est généralement longue. Elle suppose un laboratoire bien équipé, capable d'analyser de nombreuses séries d'échantillons prélevés à des périodes très précises plusieurs fois par an, dont les résultats sont interprétés statistiquement = laboratoire de physique, de chimie, de microbiologie des sols. Les mesures sur le terrain sont faites en même temps.

c) Dès que le sens des évolutions, déclanchées par la mise en culture, est déterminé, il est indispensable de pouvoir en prévoir les conséquences. Celles-ci

peuvent être parfois sans gravité, mais souvent au contraire elles amènent insensiblement les sols à un état tel que les rendements en souffrent, voire même que la culture devienne impossible économiquement et même techniquement.

Il faut donc que le pédologue détermine aussi vite que possible les causes qui déclanchent ces processus d'évolution et surtout propose et expérimente des parades efficaces et économiquement applicables.

d) Les mesures qu'il est amené à préconiser peuvent être de divers ordres: modification des procédés d'ouverture des terres, des opérations culturales, des assolements; apports d'amendements, d'engrais chimiques, d'engrais organiques; utilisation d'engrais verts, de plantes de couverture; mise en oeuvre de diverses méthodes antiérosives; modification des systèmes de culture, introduction des pâturages; etc..

Pris à temps, chaque problème est ainsi résolu, mais encore est-il nécessaire que les parades proposées soient économiquement applicables et qu'elles soient effectivement appliquées. Dans le cas de la mise en valeur de la vallée du Niari, pour des raisons diverses, on assiste actuellement au fait que la recherche est en avance de 10 ans sur l'application, et que les conclusions des études sont peu, incomplètement ou non mises en pratique.

6. RESTAURATION DES SOLS

Il faut avouer que dans le cas de la mise en valeur de cette vallée, qui sera étudiée plus en détail plus loin, la suite logique des opérations qui vient d'être exposée ne s'est pas déroulée d'une manière aussi régulière et que surtout la grande erreur a été de démarrer l'application beaucoup trop tôt, en réalité avant même que les études ne débutent.

Les résultats ne se sont pas fait attendre, et bien des problèmes n'ont pu être abordés que lorsque se manifestaient déjà leurs conséquences graves. Pratiquement on est arrivé de cette manière à rendre impropre à la culture des surfaces importantes qui ont été alors abandonnées.

Le problème de la remise en culture de ces surfaces "épuisées" se pose alors au pédologue. De telles situations sont généralement très ardues à reprendre car presque toujours l'utilisateur est allé jusqu'à l'extrême limite, où les sols atteignent des stades difficilement réversibles.

Certes, techniquement, on peut arriver à résoudre ces problèmes, mais souvent on est amené à préconiser des solutions qui, dans les conditions locales (possibilité d'utiliser des terres vierges voisines) ne sont pas économiquement réalisables.

C'est avant tout l'inobservation des techniques préconisées par la recherche qui a abouti à ces échecs parfois spectaculaires, car dans tous les cas les spécialistes ont pu étudier les divers problèmes qui se posaient en grande culture, et adapter au fur et à mesure des techniques propres à parer aux conséquences désastreuses.

Dans des régions où la pression démographique est élevée, où les surfaces utilisables sont réduites, ces problèmes de restauration des sols "épuisés" doivent être résolus; la notion de seuil de rentabilité des méthodes préconisées se trouve déplacée et il est indispensable de les mettre en oeuvre quel que soit le coût de l'opération.

7. LA MISE EN VALEUR DE LA VALLEE DU NIARI

C'est en réalité, après la mise en valeur de l'Office du Niger, la seconde région ouverte à la grande culture moderne dans les ex-Territoires Français d'Afrique.

Dès 1946, une Station de Modernisation Agricole était créée dans cette vallée tandis que plusieurs colons prenaient l'initiative, avec l'aide du gouvernement, d'y installer leurs fermes. Cette mise en valeur initiale n'était basée sur aucune étude préalable, la SMA elle-même s'orientant sur la mise en culture de surfaces importantes, tout en démarrant seulement l'expérimentation.

Ce n'est qu'en fin 1949 que des pédologues ont été attachés presque en permanence à ces problèmes, l'un (BRUGIERE) réalisant de 1949 à 1952 l'inventaire des sols de la vallée; l'autre (MARTIN) ayant suivi ensuite l'évolution des sols sous culture.

On voit donc que cette entreprise n'a pas respecté les règles cartésiennes de la logique exposées rapidement dans les paragraphes précédents. De ce fait, le développement des conceptions agronomiques initiales a fréquemment suivi une voie tortueuse où carrefours et impasses n'ont pas manqué.

a) L'inventaire des sols.-

Cet inventaire a été long à réaliser pour de multiples raisons: pédologue isolé sans moyens suffisants, notamment dépourvu de laboratoires équipés, manque total de documents topographiques exacts, la couverture aérienne n'ayant été réalisée que par la suite; peu de documents climatologiques, de végétation etc...

Ce travail a été concrétisé par la publication d'une carte en trois coupures au 1/100.000^{me}, donc à échelle moyenne entre celles préconisées précédemment aux stades 1 et 2, à laquelle était jointe une notice substantielle, caractérisant les divers types de sols, et donnant des indications très précieuses sur les facteurs naturels, et les possibilités agricoles, pastorales et forestières de cette vallée.

Pour résumer très rapidement les propriétés générales de ces sols, provenant de la décalcification des différents niveaux de schistocalcaire, on peut dire que ce sont des sols très profonds (30 - 50 mètres) comprenant un niveau intermédiaire de concrétions ferrugineuses posé sur différents niveaux d'argiles de décalcification déjà très évoluées, lui-même recouvert de plusieurs mètres de matériaux argileux meubles. L'origine autochtone de ces sols est certaine, mais le niveau meuble supérieur a subi généralement au cours des siècles des transports et des mélanges.

C'est ce niveau qui nous intéresse en matière de mise en valeur; lorsqu'il a été suffisamment érodé cependant, les concrétions ferrugineuses qu'il recouvre peuvent apparaître dans les profils de 2 mètres et même en surface, interférant ainsi plus ou moins sur les possibilités de culture.

Ces sols sont faiblement ferrallitiques, la fraction argileuse étant constituée essentiellement de kaolinite à laquelle s'ajoutent des proportions notables d'hydroxydes de fer et d'alumine.

Physiquement ils sont très argileux (60 à 80% d'argile) mais ont une bonne structure, une perméabilité moyenne et une capacité de rétention en eau élevée.

Chimiquement, leur potentiel est médiocre, avec des réserves peu importantes, des bases échangeables réduites, plus abondantes dans l'horizon superficiel humifère (capacité d'échange surtout due aux complexes organiques). Sous végétation naturelle (savane) le pH est faible, de l'ordre de 4,7-5,2.

Biologiquement l'activité globale est élevée dans les horizons humifères, et diminue rapidement avec la profondeur. La densité des germes fixateurs d'azote et des cellulolytiques est importante; la minéralisation de l'azote et la nitrification, par contre paraissent peu favorables.

b) Facteurs climatiques.-

Le climat est de type Bas-Congolais, caractérisé:
- par une saison sèche de 5 mois (15 Mai - 15 Octobre);
la pluviosité (moyenne annuelle de 1160 mm à Malela) est

soumise à des variations importantes suivant les années avec des écarts pouvant dépasser 50%.

- par une saison des pluies divisée en réalité en deux cycles par un minima relatif (petite saison sèche), qui se situe suivant les années entre la mi-décembre et la mi-mars; la pluviométrie du second cycle est généralement un peu inférieure à celle du premier.
- par une température moyenne mensuelle comprise entre 22°4 et 25°9, la température moyenne annuelle étant de 25°5, et la température minima absolue de 10°5.
- par une humidité relative moyenne variant entre 74,2 et 78,6; elle est voisine de la saturation au cours de la nuit et décroît au cours des heures chaudes de la journée.
- par une évaporation de 7 à 800 mm, importante dans les trois derniers mois de la saison sèche - baisse de la tension de vapeur; vents plus fréquents.

c) L'évolution des sols sous culture dans la Vallée du Niari.-

i) Le programme général de travail qui a été évoqué plus haut a donc été appliqué dans le cas précis des sols du Niari.

A partir du sol vierge sous savane, quelles sont les modifications qu'apporte la mise en culture mécanique, dans quel sens vont-elles, quels remèdes doivent être apportés? Pour l'étude de ce problème pédo-agronomique, il fallait reprendre systématiquement les données chimiques, physiques, biologiques.

ii) Données chimiques.

Sur l'évolution des données chimiques, le phénomène qui s'avère le plus important paraît bien être le phénomène de lessivage. Quels sont ses effets, avant d'étudier les moyens de lutte?

a. Ses effets:

On sait que ces sols portent une végétation de savane faiblement arbustive. Un équilibre sol-végétation-microorganismes s'est établi, un complexe organo-minéral stable pouvant y être noté. Au moment de la mise en culture, cet équilibre est rompu et les phénomènes de minéralisation l'emportent sur les synthèses organiques. Un autre équilibre peut s'établir mais à un niveau beaucoup plus bas et dans les cas les plus graves d'altération du sol, ce dernier peut pratiquement retourner au stade minéral.

Le matériau argileux en proportion de 60 à 80% (fraction inférieure à 2p), est fait en proportion égale d'hydroxydes métalliques d'une part et de kaolinite d'autre part pour la fraction silicatée.

La capacité d'échange étant faible, elle est due en réalité, dans la couche superficielle humifère, pour la moitié au moins à la fraction colloïdale de la matière organique. Le taux d'humus ayant baissé après une ou plusieurs années de culture, suivant son importance au défrichement et les modalités de cette culture et bien que la matière organique totale paraisse toujours en quantité suffisante, la capacité de fixation décroît rapidement jusqu'à ne plus être que de quelques milliéquivalents pour 100 g. de terre. En même temps le taux des bases échangeables décroît rapidement (exportation des récoltes mais surtout entraînement par lessivage) plus vite que la baisse du pouvoir de fixation et, corrélativement, le pH du sol décroît. Le problème se complique alors du fait de teneurs très fortes en manganèse total dont la plus grande partie se trouve sous forme facilement réductible. Du fait de la baisse importante de pH, une proportion importante de manganèse passe sous forme échangeable, et une toxicité grave se manifeste. Les rendements extrêmement bas peuvent être nuls dans les cas extrêmes, l'abaissement du pH s'accompagnant en effet du passage sous forme réduite assimilable de certaines formes oxydées insolubles mais facilement réductibles de manganèse toujours abondant dans ces sols.

Les différentes plantes cultivées réagissent d'ailleurs de façon assez différente. Pour ce qui concerne les graminées (le paddy, cultivé en sec et la canne à sucre), elles paraissent assez tolérantes à l'augmentation des teneurs en Mn et à la diminution du stock de bases échangeables: on note cependant pour le paddy un très fort taux de brisures au moment de l'usinage de récoltes issues de parcelles dégradées; on constate également des différences sensibles de rendement en matière verte et en sucre entre des parcelles de canne à sucre en bon état ou en mauvais état de fertilité. Par contre, le maïs s'avère sensible aux différences de fertilité.

Le cotonnier, lui, est extrêmement sensible à l'excès de Mn du sol et le pH du sol ne peut descendre au dessous de 5,0; dès pH 4,7-4,8, des accidents graves surviennent, qui enlèvent toute rentabilité à la culture.

L'arachide souffre également de l'abaissement du niveau de fertilité mais il semble bien qu'il s'agisse surtout de sensibilité à la carence en calcium, s'accompagnant d'une sensibilisation à l'excès de Manganèse dont l'effet paraît alors secondaire. A taux de Manganèse échangeable extrait à pH égal, les rendements seront affectés par une diminution de la teneur en calcium; ainsi on citera le cas de trois parcelles où les rendements ont été les suivants:

Rendt	Ca	Mn sol
kg/ha	meq.	ppm.
1.000	2.1	13.6
850	1.4	12.3
800	0.8	13.6

A teneur égale en Ca, inversement, les rendements seront affectés par une augmentation du Mn mais d'une façon moins importante.

Rendt	Ca	Mn sol
kg/ha	meq.	ppm.
1.000	2.1	13.6
900	2.1	23.0

L'étude de l'évolution du sol devra donc tenir compte également de ces différences de comportement des plantes cultivées, dans le but de concevoir un assolement rationnel.

De cette évolution du sol, on donnera quelques exemples, tirés d'une publication récente consacrée à ces problèmes.

Le premier de ces exemples concerne une parcelle de grande culture sur laquelle des prélèvements ont été faits trois ans de suite; les résultats analytiques sont les suivants:

Date	15/12/54		16/11/55		27/11/56	
Profondeur cm	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
pH	5,3	5,3	4,9	4,75	4,6	4,5
<u>Bases échangeables</u>						
Ca meq.	2,1	0,4	1,4	1,0	1,3	0,9
Mg "	0,4	0,07	0,3	0,15	0,15	0,06
K "	0,25	0,06	0,25	0,12	0,3	0,25
Na "	0,03	0,03	0,08	0,08	0,06	0,09
EBE "	2,78	0,56	2,03	1,35	1,81	1,30
Ca/Mg.	4,7	5,3	4,6	6,2	8,7	14,3
<u>Matière organique.</u>						
C'	3	1,5	2,5	2	2,6	1,8
Nmg/100g.	200	140	180	140	160	140
C/N	15,1	11;0	13,7	14,5	16,2	13,2
M.O.%	5,2	2,3	4,4	3,4	4,5	3,1
AH. mg/100 g.	25	8	10	4	16	10

De même on trouve dans le cas d'une même par-
celle portant des plages de végétations normales et des
plages stériles, les résultats suivants:

Cultures	Analyse du sol									Analyse foliaire					
	Prof. cm	pH	Ca Ech. meq.	Mg Ech. meq.	K Ech. meq.	BE meq.	Ca/Mg	N%	M.O%	N %	P O5 %	CaO %	MgO %	K2O %	Mn ppm
Cotonnier Plage fertile	0,20	5,1	1,57	0,49	0,25	2,31		0,14	3,8	2,2	0,4	2,6	0,4	1,8	500
	20,40	4,7	0,37	0,17	0,25	0,79		0,11	2,4						
Plage stérile	0,20	4,6	0,48	0,18	0,09	0,75		0,08	4,0	2,6	0,4	2,8	0,8	0,5	1400
	20,40	4,6	0,78	0,10	0,05	0,93		0,10	1,5						
Maïs Plage fertile	0,20	5,1	1,42	0,24	0,17	1,83		0,16	3,8	2,2	0,7	0,35	0,4	2,5	100
	20,40	5,1	0,82	0,20	0,12	1,14		0,12	2,8						
Plage stérile	0,20	4,6	0,41		0,17	0,58		0,14	3,1	1,8	0,6	0,2	0,2	2,3	600
	20,40	4,6	0,46	0,06	0,12	0,64		0,12	2,8						

Enfin un dernier exemple concerne un essai de dénudation

Parcelles	Sevane	Nues Travaillées 3 ans	Nues Travaillées 2 ans	Nues Travaillées 1 an	Cultivées Arachides 3 ans
Profond. cm	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Rendt Ar cult.test kg/ha		593	676	1120	685
Mn ppm.	7,5	15,8	14,0	15,2	11,4
pH	5,0	4,7	4,7	4,75	4,75
<u>Bases ech</u>					
Ca meq.	1,71	0,89	0,93	1,30	0,82
Mg meq.	0,20	0,04	0,06	0,20	0,04
K meq.	0,22	0,13	0,16	0,23	0,13
Na meq.	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02
<u>Mat. Org.</u>					
C/%	2,8	2,3	2,25	2,6	2,15
N	173	151	146	171	141
C/N	16,1	15,4	15,3	15,2	15,2

Dans les trois cas, on note un abaissement du pH, de la teneur en bases échangeables particulièrement net sur le calcium et encore plus sur la magnésie (le rapport Ca/Mg augmente rapidement), un abaissement également de la teneur en matière organique et en azote. Le phénomène est très rapide dans le cas des parcelles laissées nues et travaillées puisqu'on trouve un appauvrissement du sol dès la deuxième année de dénudation égal à celui obtenu par une culture continue d'arachide conduite pendant trois ans sans interruption.

b; Les Moyens de lutte.-

La conséquence de ces données est que si un sol est laissé nu ou peu couvert il s'appauvrit rapidement, mais que la couverture du sol par les plantes cultivées envisagées n'empêche pas cet appauvrissement de se manifester un peu moins vite mais de façon nette à plus ou moins brève échéance.

Il est donc important de protéger le sol, mais il l'est encore plus de trouver un moyen d'empêcher une percolation exagérée en utilisant des plantes dont non seulement le système aérien assurera une protection efficace du sol, mais aussi dont les racines occuperont profondément et densément ce sol dans sa masse de façon à absorber puis à rejeter dans l'atmosphère autant d'eau de précipitations que possible.

Des études dans ce sens en cas de mesures de l'évapotranspiration ont été menées à la station IRCT de Madingou. Une publication récente a donné les résultats trouvés. Les conclusions essentielles en sont les suivantes:

- il est possible de mettre en relation directe ces processus de dégradation avec le phénomène de lessivage.
- l'importance du drainage et ses effets sur l'évolution du pH reflètent bien le type de végétation.
- cependant, si la quantité d'eau qui draine joue le rôle principal d'autres facteurs interviennent sur le niveau de fertilité et entre autres: l'époque du drainage et à ce propos les drainages importants en fin de saison des pluies sont de beaucoup les plus nocifs pour le sol d'où l'importance d'une bonne occupation du sol à cette époque. L'espèce végétale, en ce sens que certaines espèces pourraient avoir une action spécifique sur le sol dans un sens ou dans l'autre.

- l'efficacité du système aérien sera la meilleure pour une plante couvrant le sol rapidement et sans interruption pendant toute la saison des pluies, c'est le cas des plantes pérennes et en particulier du *Stylosanthes gracilis*. Ce n'est pas le cas pour les graminées et pour l'arachide.

De ce qui vient d'être exposé on peut déduire les résultats suivants:

Les cultures industrielles (arachide, cotonnier, canne à sucre, maïs etc...) entraînent des pertes en bases, essentiellement en calcium et en magnésium d'où une baisse du pH, et, corrélativement, une solubilisation excessive du Manganèse; la solution à ce premier problème est l'apport d'amendements calcaires faiblement magnésiens que l'on peut trouver et fabriquer sur place. Cette question a été bien étudiée et de nombreuses publications ou rapports ont été faits sur ce sujet.

On peut essayer de remédier à la diminution du pouvoir de fixation de trois manières différentes: étant donné qu'elle n'est pratiquement due qu'à une baisse de la teneur en matière organique, on peut donc soit essayer d'apporter une matière verte (engrais verts), ou une matière humifiée (fumiers ou composts), soit enfin, tenter, par une jachère appropriée, de ramener le stock de matière organique au niveau initial (plantes de jachères paturées ou non).

Les engrais verts ont été étudiés en premier: ils n'ont donné que des résultats peu satisfaisants car l'effet sur le sol est trop fugace et, en outre, ils présentaient l'inconvénient majeur d'être acidifiants. D'autre part, et ce n'est pas là leur moindre défaut, ils coûtent cher.

Le fumier de ferme ou les composts: une étude récente a montré que pour conserver le stock initial de matière organique après seulement trois ans de culture, il faudrait 140 tonnes de fumier à l'hectare. De telles doses sont prohibitives. Cependant des apports fractionnés permettraient d'arriver à une certaine stabilisation due à un effet cumulatif de la matière organique du fumier non minéralisée. En effet sans apport d'aucune sorte, la teneur en matière organique baisse brusquement dès la première année puis se stabilise ou décroît très lentement;

par les apports de fumier relativement importants de l'ordre de 30 t/ha, en tête d'assolement on pourrait arriver à entretenir le stock initial. Il est cependant évident que ceci représente de grosses dépenses.

Les plantes de couverture ou de jachères:
l'idée de rentabiliser la période de jachère n'est pas nouvelle, mais elle s'applique fort bien au cas particulier du Niari. Les préférences vont donc à la jachère pâturée, ce qui permet de trouver un équilibre harmonieux dans la ferme entre les spéculations animales (sources de fumier) et les spéculations végétales. A cet égard, une plante, la *Stylosanthes gracilis*, s'est avérée très intéressante. Il semble en outre qu'elle ait une action spécifique favorable sur la fertilité du sol, un rôle anti-lessivage marqué, sans compter une productivité remarquable en matière verte de très bonne qualité et la faculté de rester verte en saison sèche.

C'est pourquoi on est amené à préconiser des jachères à *Stylosanthes gracilis* complétées en tête d'assolement par des épandages d'amendements organiques et calcaires. Il semble d'autre part que dans la partie culture de l'assolement, on doive préférer l'association arachide-cotonnier ou arachide-maïs, qui théoriquement devrait s'avérer meilleure quant aux conditions d'efficacité des systèmes aériens et souterrains des plantes sur l'évapotranspiration réelle, qu'une association arachide-arachide.

Il est enfin évident que le problème des engrais se pose une fois les trois problèmes fondamentaux résolus (lessivage, calcium, matière organique). Il a déjà été abordé, mais, en partie masqué par ces trois problèmes à l'époque mal connus, ils n'ont donné que des résultats décevants, parfois contradictoires ou nuls. Il semble néanmoins que la potasse joue un rôle important dans la nutrition de la canne à sucre, plus faible dans celle du cotonnier ou de l'arachide. Enfin l'azote, le phosphore, le soufre ont donné des résultats intéressants, alors que les conditions fondamentales étaient remplies. Le problème reste néanmoins à approfondir en fonction des données essentielles.

iii) Données physiques.

a. Introduction.

Le canevas d'études est le même que pour les données chimiques: à partir des qualités physiques du sol vierge, quelles sont les modifications apportées par la culture et en particulier par la mécanisation des façons culturales, dans quel sens vont-elles, quels remèdes peuvent être apportés?

Au départ le sol de savane a une très bonne structure. L'indice d'instabilité structurale $\log_{10} I_s$ d'Hénin donne des valeurs inférieures à 1 et la perméabilité est forte. Après la mise en culture, on assiste à une dégradation sensible de la structure: $\log_{10} I_s$ devient supérieur à 1 et dans les cas les plus graves rencontrés il est de l'ordre de 1,3-1,4, corrélativement la perméabilité diminue, $\log_{10} K$ devient inférieur à 2,0 et peut atteindre 1,6-1,7. De même en ce qui concerne le déficit hydrique, on note une baisse de 10-12% à 7-8% en même temps que la porosité diminue.

Donc les conditions de structure et d'alimentation en eau deviennent nettement moins bonnes et ceci très rapidement puisque dès la première année le phénomène est sensible et devient parfaitement net dès la troisième année.

Néanmoins une expérimentation en cases d'érosion a pu dégager ce fait que le danger d'érosion reste toujours limité, même sur des pentes relativement fortes. Il est vrai que dans les cas graves, la structure du sol garde des valeurs analytiques moyennes.

Quels sont les facteurs principaux de cette dégradation de la structure. L'étude des données physiques pouvait aller dans au moins deux directions essentielles:

- une étude pratique aux champs pour étudier les meilleures conditions de culture
- une étude théorique des facteurs de la structure.

b) Etude pratique

On a pensé que deux facteurs au moins pouvaient intervenir: les conditions de mécanisation du sol d'une part, les conditions culturales d'autre part.

i) Les conditions de mécanisation.

Le travail mécanique du sol n'est pas le responsable essentiel de cette dégradation. Il suffit pour s'en convaincre de constater que des parcelles uniquement travaillées à la main subissent à la longue les mêmes phénomènes. Il est bien certain cependant que des façons culturales abusives, des passages de pulvérisateurs répétés par exemple, responsables d'un émiettement exagéré accélèrent de façon très sensible le phénomène en même temps qu'ils font apparaître une semelle de labour compacte que les racines des plantes ne peuvent que difficilement pénétrer. On a été amené (CAVALAN 1960) à concevoir des façons culturales plus appropriées (travail du sol sans retournement avec des engins à disques crenelés type Rome-Plow) et à les réduire tout en conservant des rendements au moins égaux à ceux obtenus avec des façons classiques.

ii) Les conditions culturales:

En fait l'aération consécutive au travail du sol conjointement à une augmentation de la température du sol due à la dénudation, constituent vraisemblablement, avec l'eau des pluies, les moteurs d'une minéralisation rapide des ciments agrégeants, que ce soit par les germes minéralisant la matière organique du sol, ou que ce soit par les germes minéralisant les sels organiques de cations bivalents, dont le fer, qui comme nous le montrerons plus loin joue un grand rôle dans l'aggrégation du sol.

Les plantes cultivées ne pourraient avoir dans ces conditions qu'un rôle spécifique sur la structure. La plupart de celles qui ont été essayées dans le Niari, n'empêchent rien. Seul le Stylosanthès au cours de la période de repos du sol que permet son utilisation, semble avoir une action favorable puisqu'une légère amélioration de la structure est à noter.

De la même façon, les amendements utilisés, organiques ou calcaires, n'amènent aucune amélioration sensible.

Donc sur le terrain le problème reste entier puisqu'aucun essai n'a donné de bons résultats et ce phénomène de dégradation paraît irréversible.

c. Etude théorique.

Il a paru indispensable de mener une enquête systématique sur ce problème pour essayer de voir quel était le facteur essentiel de la structure. Les résultats suivants ont pu être dégagés: -(MARTIN 1961)

- la dégradation de la structure est un phénomène immédiat dès l'ouverture des terrains,
- la répartition des valeurs analytiques est très différente entre les sols cultivés et les sols de savane,
- le facteur matière organique totale paraît prédominer sur le facteur humus, fait qui se vérifie avec le taux d'humification qui se trouve en corrélation inverse avec l'état de structure,
- le fer libre % d'argile est en corrélation avec l'indice d'instabilité structurale au moins pour ce qui concerne les sols cultivés. Les corrélations fer libre % d'argile/structure et humus/structure sont du même ordre, ce qui fait penser à une évolution parallèle.
- l'effet d'apports même importants d'amendements organiques ou calcaires est pratiquement nul.
- l'effet d'un apport de sel organique de fer est particulièrement bon,
- la dégradation de la structure est fortement activée par un émiettement de la terre suivi de cycles d'humectations-dessiccations.

d. Il existe donc des corrélations intéressantes entre structure, matière organique et fer libre; cependant un effet positif n'a été trouvé qu'avec un sel organique de fer. La solution du problème consisterait donc théoriquement en un apport de produits organiques riches en fer dont l'application pourrait être complétée par un apport d'amendements calcaires. Ce produit n'existe pas actuellement et sa fabrication aussi bien que son apport risquerait d'être très onéreux. Il ne reste donc qu'à accepter les choses telles qu'elles sont et puisqu'on ne peut lutter que partiellement contre la dégradation de la structure par des jachères à plantes fourragères, on ne peut conseiller que la prudence au moment de l'ouverture des terrains de façon à limiter dès le départ les risques d'érosion, risques accidentels au début de la culture mais qui peuvent devenir réels au bout d'une période plus ou moins longue.

iv) Données biologiques

Des résultats intéressants n'ont pu être obtenus qu'il y a peu de temps - on reproduira ici les conclusions essentielles d'une étude menée par de BOISSEZON au Congo.

Tout d'abord il faut insister sur le fait que toute l'activité biologique des sols est essentiellement sous la dépendance des facteurs climatiques et par suite on enregistre dans ces mêmes sols des variations saisonnières qu'il est absolument indispensable de connaître pour comprendre les phénomènes étudiés. Cette évolution saisonnière avait été étudiée au moins pour les facteurs chimiques et a été reprise par de BOISSEZON pour l'aspect biologique du problème.

L'étude des données biologiques concernant l'évolution des sols sous culture n'a pu durer qu'un an après défrichement si bien que l'interprétation des résultats moyens est délicate. Néanmoins, l'auteur a donné les principales conclusions suivantes:

a. Cycle de l'azote.

Le nombre de fixateurs d'azote devient très élevé que ce soit pour le groupe des azotobacters comme pour celui des beijérinckia. Le rendement de fixation est aussi en nette augmentation par rapport au témoin sous savane. L'activité ammonifiante est du même ordre de grandeur et présente la même propriété d'être plus importante dans la couche 0-25 cm que dans la couche 0-5cm. Par contre, l'activité nitrifiante est devenue excellente. La minéralisation de l'azote est enfin beaucoup plus active, que pour le même sol sous savane naturelle.

b. Cycle du carbone.

La minéralisation du carbone, très active à la suite du défrichement, devient par la suite faible et nettement inférieure à celle du même sol sous savane naturelle. Le nombre de germes cellulolytiques aérobies est élevé, l'indice de consommation du glucose paraît ne pas être modifié par la mise en culture, mais par contre le taux de saccharase est en nette diminution et devient moyen. La densité des germes minéralisant les sels organiques du fer reste du même ordre de grandeur.

Le test biologique de fertilité globale par l'aspergillus niger donne des résultats nettement inférieurs à ceux du même sol sous savane.

On assiste donc au cours de cette première année d'étude à une augmentation rapide après défriche de l'activité microbiologique. Cette augmenta-

tion ne se maintient pas et en fin d'année l'activité globale devient inférieure à celle du même sol sous savane. Conjointement, l'auteur a montré sur la parcelle étudiée un abaissement du niveau de fertilité du sol, une baisse du taux de bases échangeables, du pH, de la teneur en matière organique et du pouvoir de fixation. Il retrouve également une diminution des qualités physiques du sol. Ceci correspond bien à ce qui a été écrit précédemment: augmentation brutale des phénomènes de minéralisation, d'où une libération des éléments entraînés par un lessivage intense, lui-même favorisé par une perméabilité forte et une faible capacité pour l'eau, puis une stabilisation vraisemblable à un niveau nettement inférieur. On retrouve donc par cet aspect de l'évolution des sols sous culture, les données précédentes.

v) De nombreux résultats ont donc été trouvés en relation avec les chercheurs des stations, agronomes, physiologistes, généticiens etc... Ce travail en équipe a été extrêmement fructueux puisqu'il a permis de dégager les points essentiels d'une agriculture évoluée dans la vallée du Niari.

Il a permis en particulier de montrer que le phénomène le plus important contre lequel on doit lutter est celui du lessivage. Il entraîne dès le départ des modifications profondes dans l'état physique du sol, modifications qui ont leur retentissement dans l'abaissement du niveau de fertilité chimique. L'aération du sol consécutive à l'ouverture mécanique des parcelles de culture, entraîne une prolifération microbienne responsable de phénomènes de minéralisation intense. Dans ce milieu acide, désaturé, les complexes humus-fer ou humus-cations bivalents sont entraînés par lessivage en profondeur d'où une altération profonde des qualités de la couche de terre superficielle: qualités d'agrégation, de déficit hydrique, de capacité de fixation etc...

Bien des points restent obscurs encore mais on a donné au passage les principaux résultats et les moyens de lutte, qui se sont avérés jusqu'à présent les plus encourageants. Il suffit de reprendre les conclusions partielles déduites de l'étude des données fondamentales et on en arrive à concevoir une agriculture développée intensive et non plus extensive, où l'équilibre du sol est obtenu par un équilibre des spéculations végé-

tales et des spéculations animales, agriculture où l'on s'attachera à toujours couvrir et occuper le sol, à remplacer sans cesse par des amendements organiques et minéraux les pertes obligatoires au cours de la période culturale tandis qu'une période de repos en jachère pâturée permettra au sol de se reconstituer partiellement dans des conditions naturelles. On devra également insister sur la diversification des cultures.

Dernier point mais très important: nous n'avons pas évoqué le problème aigu des plantes adventices au Niari. Par des cultures mal conduites des milliers d'hectares sont actuellement irrécupérables du fait de leur envahissement par le Carex. Une surveillance attentive des terres permet, et certaines exploitations sont là pour le prouver, de limiter le problème au maximum; l'arrachage manuel dès l'apparition des taches de végétation étant la seule solution possible.

Comme on le voit l'évolution des sols sous culture n'est pas une notion limitée à l'étude du sol proprement dit: il est nécessaire de déborder également sur les questions agricoles, sur les questions d'élevage, de reforestation etc... De tels problèmes sont passionnants car ils mettent en jeu le développement de régions entières. Ils ne sont jamais complètement résolus et ils exigent des moyens, du temps et une grande continuité. C'est en fait le travail d'une équipe, au sein de laquelle le Pédologue occupe une place de choix.

8. CONCLUSION

On a essayé de définir d'une manière aussi complète que possible quelle pouvait être l'intervention de la pédologie dans la mise en valeur des pays sous développés en matière d'agriculture. Cette intervention, on la retrouve à tous les stades: inventaire général des sols, études régionales des zones retenues parmi les plus intéressantes, cartographie à petite puis à grande échelle suivies de l'établissement de cartes d'utilisation des sols, expérimentation et enfin étude de l'évolution des sols sous culture.

Il a été dégagé ainsi une marche à suivre générale, et par un exemple concernant la vallée du Niari au Congo, on montre ce qu'il est possible de réaliser en la matière.

Tout évidemment ne se passe pas sans difficultés. Mais les questions posées sont suffisamment vastes pour provoquer un travail enthousiaste de la part des chercheurs, dont la tâche est donc de trouver par une approche rigoureuse de toutes les données du problème les meilleures solutions au développement des pays sous développés en matière agricole.

+++++++
+++++
+++
+

BIBLIOGRAPHIE

- FRANQUIN P. L'estimation du Mn du sol en rapport avec le phénomène de toxicité
Coton et Fibres Tropicales XIII 3 1958
- BRUGIERE J.M. 2 vol. Etude pédologique de la vallée du Niari - rapport ORSTOM non publié
- BRUGIERE J.M. Le problème de l'humus dans l'utilisation rationnelle des sols de la vallée du Niari en culture mécanisée -
2e conférence interafricaine des sols Léopoldville - Avril 1954
- MARTIN Ge. IRHO - La décalcification des terres au Niari - action des amendements calcaires
Oléagineux, 14e année, 4
- JULIA H. Observations concernant l'incidence de la couverture du sol sur le maintien de la fertilité des terres cultivées dans la vallée du Niari
Oléagineux vol 7, Juillet 1953
- FRANQUIN P. & MARTIN G. Bilan d'eau et conservation des sols au Niari
Coton et Fibres Tropicales - à paraître 1962
- CAVALAN P. Rapport d'activité au cours des campagnes 57/58 et 58/59. Bilan de 4 années d'expérimentation
Ministère de l'Agriculture de la République du Congo - rapport non publié 1960
- MARTIN G. ORSTOM - Bilan de 4 années d'études pédologiques dans la vallée du Niari
rapport non publié 1958.
- MARTIN G. ORSTOM - Etudes de quelques facteurs de la structure des sols de la vallée du Niari
Bulletin de l'IRSC - a paraître 1962
- de BOISSEZON P. ORSTOM - Contribution à l'étude de la microflore de quelques sols typiques du Congo
rapport non publié 1961