

SYNTHÈSE AGRO-PÉDOLOGIQUE DES ÉTUDES ORSTOM DANS LA VALLÉE DU NIARI EN RÉPUBLIQUE DU CONGO-BRAZZAVILLE

G. MARTIN*

RÉSUMÉ

L'auteur établit une synthèse générale des études effectuées dans la Vallée du Niari en République du Congo de 1949 à 1966 par une équipe de pédologues de l'ORSTOM. Cette synthèse porte non seulement sur les études concernant la « connaissance du sol », mais surtout sur celles concernant « l'évolution des sols » sous le triple aspect chimique, physique et biologique.

L'auteur insiste particulièrement sur le problème du lessivage des bases à la suite de la mise en culture des sols de la Vallée du Niari avec ses conséquences et les remèdes possibles.

ABSTRACT

The writer sets out a general synthesis of the studies made by a team of pedologists employed by the ORSTOM in the Niari valley (Congo Democratic Republic) between 1949 and 1966. This synthesis covers (a) the present knowledge of the soil and types ; (b) more important, soil evolution in its physical, chemical and biological aspects.

The writer attaches considerable importance to the leaching of carbonates which has resulted from the cultivation of the soil of the Niari valley, and examines the consequences or possible remedies.

* Pédologue, Directeur de Recherches de l'ORSTOM.

PLAN

NOTE PRÉLIMINAIRE

INTRODUCTION

I. INVENTAIRE DES SOLS

II. L'ÉVOLUTION DES SOLS SOUS CULTURE DANS LA VALLÉE DU NIARI

1. Données chimiques — le lessivage : a) ses effets ; b) les moyens de lutte
2. Données physiques — a) introduction ; b) étude pratique ; c) étude théorique
3. Données biologiques

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

NOTE PRÉLIMINAIRE

L'étude ici présentée est un résumé d'un travail d'ensemble préparé pour le Secrétariat d'Etat à la Coopération et destiné à faire le point des travaux de recherches effectués dans la Vallée du Niari par les différents organismes français qui y ont œuvré.

Cet ensemble qui a été publié en 1967 faisait appel à des critères de classification des sols légèrement différents de ceux utilisés et admis actuellement. La classification utilisée est celle présentée par M.G. AUBERT au colloque C.C.T.A. de Léopoldville en mai-juin 1963.

INTRODUCTION

La méconnaissance des potentialités et aptitudes culturales des sols ainsi que des techniques de cultures conservatrices, a constitué un lourd handicap pour le développement agricole de la Vallée du Niari. En effet, dès 1946 étaient créées la Station de Modernisation Agricole ainsi qu'un certain nombre d'entreprises agricoles mécanisées, mettant en culture des surfaces importantes tandis que l'inventaire des sols et les études agro-pédologiques n'ont débuté respectivement qu'en 1949 et 1953. On voit donc que dans cette entreprise, les règles cartésiennes de la logique n'ont pas été respectées ; et de ce fait le développement des conceptions agronomiques a suivi une voie tortueuse où impasses et erreurs coûteuses n'ont pas manqué. En ce qui concerne le choix des terres à mettre en valeur, les critères utilisés (relief et proximité des voies de communications) ne se sont pas révélés toujours très heureux.

1. INVENTAIRE DES SOLS

Il existe dans la Vallée du Niari une gamme de sols dont les potentialités et les aptitudes sont très diverses.

Géologiquement, rappelons que la Vallée du Niari proprement dite se présente sous la forme d'un vaste synclinorium dissymétrique à cheval sur la chaîne du Mayombe et son avant-pays. Les matériaux originels des sols paraissent issus de la décomposition de roches sédimentaires appartenant au système du Congo-Occidental. Les roches mères correspondent, essentiellement, aux différentes couches des formations du schisto-calcaire. Au Sud et au Sud-Ouest, on observe des sols issus des formations du schisto-gréseux et au Nord les sols bordant le Massif du Chaillu proviennent de la tillite du Niari et du Bouenzien.

Les roches des niveaux schisto-calcaires contenant des calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies, massifs et bien cristallisés (SC_I^a , SC_I^c , et une grande partie du SC_{III}) se désagrègent et s'altèrent relativement lentement.

Les roches des autres niveaux du schisto-calcaire, généralement riches en minéraux argileux (SC_I^b et SC_{II}) sont par contre à l'origine de sols bien développés.

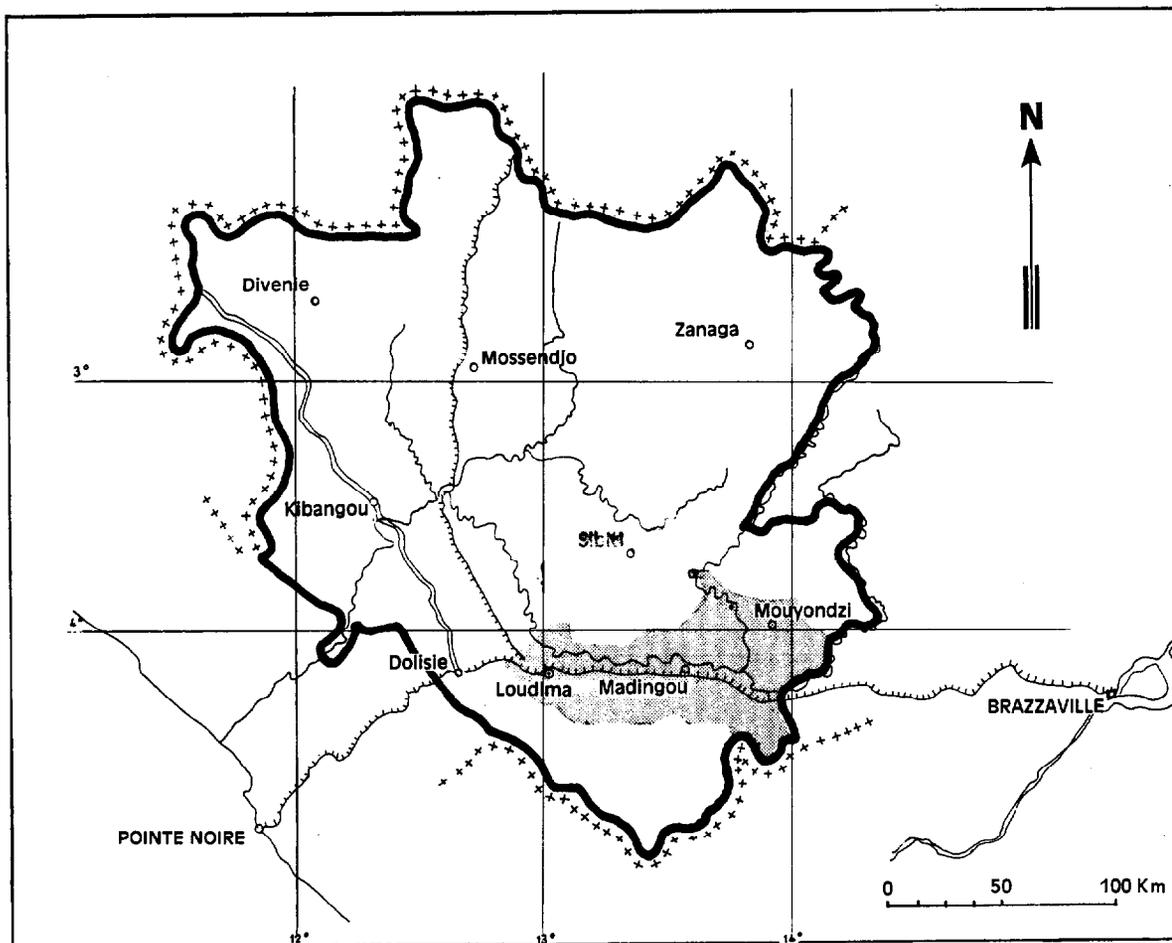
Enfin les sols issus de matériaux originels provenant du schisto-gréseux paraissent résulter de la décomposition de grès à grains fins, généralement feldspathiques et d'argilites de l'étage inférieur de la série de la M'Pioka.

En bordure du Niari et de ses principaux affluents, les sols des terrasses sont formés à partir de matériaux alluviaux d'origines très diverses en fonction de l'hétérogénéité pétrographique des bassins versants.

L'inventaire des sols entrepris par J.M. BRUGIÈRE¹ et continué dans le détail par d'autres pédologues de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, a révélé de grandes variations texturales. Bien que la plupart des sols soient issus de matériaux provenant de calcaire et de dolomie, on observe dans le Niari des sols extrêmement argileux et des sols sableux, avec de nombreux intermédiaires. En fait les sols ne paraissent pas provenir exclusivement et simplement de l'altération de roches locales, mais sont souvent issus d'un mélange de matériaux d'origines diverses qui ont subi des remaniements et différents cycles de pédogenèses.

Cette histoire pédogénétique complexe se traduit généralement dans les sols par le grand développement des profils et par la présence d'une nappe d'éléments grossiers dans laquelle sont rassemblés des matériaux ferrallitiques (concrétions, blocs de cuirasses, etc.) et des matériaux résiduels (cherts, galets ou débris de roches diverses, etc.). Cette nappe d'éléments grossiers est généralement surmontée d'un niveau meuble plus ou moins épais, mais remarquable par son homogénéité. On n'examinera pas ici les problèmes relatifs à la mise en place et à l'origine de ces matériaux qui recouvrent la nappe d'éléments grossiers, et on se contentera de remarquer qu'il ne paraît pas toujours possible de relier d'une manière univoque ces matériaux à un niveau ou à un étage du Schisto-calcaire et que par conséquent la carte pédologique de la Vallée du Niari ne se superpose pas exactement à la carte géologique.

¹ BRUGIÈRE (J.M.). — Etude pédologique de la vallée du Niari. — Rapport ORSTOM, 2 tomes, 300 p., fig., sch., cartes à 1/500 000 et à 1/100 000. Mars 1953.



Le « Grand Niari » — (Schéma publié par le secrétariat d'Etat à la coopération).

Du point de vue de la valeur agricole des terres, cette nappe d'éléments grossiers peut être un obstacle au développement racinaire des plantes cultivées lorsqu'elle est située à une faible profondeur utile (sols érodés). Lorsque les sols ont une profondeur utile suffisante, leurs caractéristiques fondamentales sont surtout liées à la nature des matériaux du niveau supérieur meuble. Le fait que ces matériaux présentent, à l'échelle des grandes unités géomorphologiques, une certaine homogénéité fait que l'on peut ramener l'inventaire des sols à un nombre relativement limité de catégories, à l'intérieur desquelles, les variations généralement dues à la position dans le paysage sont relativement faibles.

Les caractéristiques physico-chimiques des matériaux de ces sols montrent qu'ils ont subi une altération de type ferrallitique, mais généralement pas très poussée, et l'on peut classer la plupart des sols de la Vallée du Niari dans le groupe des sols faiblement ferrallitiques¹. Toutefois certains sols formés sur maté-

¹ AUBERT (G.), — Classification des sols présentée au Colloque C.C.T.A. de Léopoldville, 1963.

riaux d'apport (alluviaux ou colluviaux) relativement récents, présentent un degré d'évolution moins poussé et se classent donc à la limite inférieure de la sous-classe des sols ferrallitiques.

Du fait de l'altération ferrallitique, ces sols ont généralement une réserve minérale très limitée et les éléments assimilables surtout concentrés dans les horizons humifères sont également peu abondants. Il en résulte que les taux de saturation du complexe absorbant sont généralement très bas (moins de 20 %) et la réaction des sols est acide (pH voisin de 5 ou parfois moins). La fraction argileuse de ces sols est surtout constituée de kaolinite et de goéthite, avec parfois de l'illite ; c'est dire que la capacité d'échange de la fraction minérale des sols n'est jamais très importante (6 à 10 mé/100 g d'argile) et le pouvoir de rétention pour l'eau limité.

La matière organique de ces sols, essentiellement issue de la décomposition du système racinaire de la savane, confère cependant aux horizons supérieurs une capacité d'échange cationique (180 mé/100 g de matière organique) et des possibilités de rétention pour l'eau nettement plus élevées. Elle joue aussi un rôle important en rendant plus fine la structure des sols, en augmentant la stabilité des agrégats terreux, ainsi que la perméabilité des horizons supérieurs. Cette matière organique des sols joue donc un rôle primordial en ce qui concerne les propriétés physiques et chimiques de ces sols.

Du point de vue biologique, les sols sous végétation naturelle présentent une activité biologique globale relativement élevée par rapport aux autres sols congolais, avec en particulier un cycle du carbone rapide. Par contre le cycle de l'azote paraît moins actif : La fixation d'azote atmosphérique (*Beijerinckia*) est moyenne, mais la minéralisation des matières azotées du sol et la nitrification paraissent se faire assez mal.

Si nous classons les sols de la Vallée du Niari d'après leur potentiel de fertilité, nous trouvons au premier lieu *les sols alluviaux*¹. Il s'agit de sols d'origine ferrallitique et remaniés par alluvionnement. Ils n'occupent que des surfaces réduites et dispersées surtout le long du Niari et de certains affluents. Pour fixer les idées, le long du Niari, entre le Briz et la Kibouba, il existe environ 11 000 ha de ces sols alluviaux. Leur potentiel chimique est relativement bon, ainsi que les qualités physiques, et justifieraient des travaux d'aménagement (drainage, irrigation). A l'heure actuelle, ils sont fort peu utilisés en culture industrielle, mais servent à des cultures vivrières manuelles avec une rotation culture-jachère assez accélérée.

En second lieu figurent *les sols argileux de plateau*², (plateau de la Vallée du Niari et plateaux de Mouyondzi). Ce sont les sols qui, du fait de l'absence de forte pente, se prêtent le mieux à une exploitation agricole de type mécanisé et, de fait, ils ont été largement cultivés entre Loudima et Madingou (culture mécanisée) et sur les plateaux de Mouyondzi (culture manuelle). Il existe cependant dans la boucle du Niari d'importantes surfaces non cultivées dont la mise en valeur peut être envisagée d'autant mieux que la voie ferrée Comilog a créé une voie d'accès.

Ces sols sont généralement, suffisamment profonds, sauf parfois en bordure des plateaux (affleurement de l'horizon gravillonnaire), et, malgré une texture lourde, ils ont une structure assez fine pour permettre de nombreuses cultures y compris l'arachide. Leur potentiel chimique est par contre faible.

Une mention particulière doit être faite pour les sols colluviaux de bas de pente que l'on trouve dans et en bordure de la zone des plateaux de la Vallée du Niari. Ils bénéficient d'une alimentation en eau supérieure et de propriétés chimiques plus intéressantes. Etant donné l'exiguïté et la pente des parcelles, seules des cultures manuelles sont possibles. Une intensification des cultures vivrières sur ces terres peut être envisagée.

¹ Complexe de sols faiblement ferrallitiques ferrisoliques et modaux et de sols hydromorphes minéraux.

² Sols faiblement ferrallitiques modaux et indurés sur matériaux argileux principalement issus du schisto-calcaire.

*Les sols argilo-sableux à sablo-argileux de la plaine de piedmont*¹ présentent des potentialités chimiques médiocres, analogues à celles des sols argileux ; de plus, leurs propriétés physiques sont moins favorables, du fait de leur structure moins fine et moins stable et d'une tendance à la compaction des horizons profonds (pseudogley). La présence fréquente de nombreuses dépressions marécageuses et de sols dont la profondeur utile est réduite (affleurement d'horizon gravillonnaire), les rend moins favorables pour la grande culture que les sols argileux des plateaux. De plus, l'expérience a montré que l'exploitation de ces terres était encore plus délicate que pour les sols argileux de plateau. Toutefois une exploitation semi-intensive agro-pastorale peut y être envisagée.

En quatrième position on trouve *les sols colluviaux*² situés au pied des reliefs calcaires ou dolomitiques³. Ces sols présentent une richesse minérale intéressante, quoique souvent déséquilibrée. Lorsque ces sols ne sont pas trop pierreux, ni hydromorphes, ils fournissent de petites parcelles qui donnent de beaux produits.

Les autres catégories de sols que l'on observe dans la Vallée du Niari présentent des potentialités agricoles nettement moins intéressantes.

Ce sont tout d'abord *les sols faiblement ferrallitiques fréquemment érodés* issus du schisto-gréseux que l'on observe sur les buttes témoin du plateau des Cataractes (Badondo) et sur les collines bordant au sud-ouest la boucle du Niari. Ces sols dont la réserve minérale est très faible et dont les horizons profonds ont une structure grossière et une perméabilité réduite ne présentent un intérêt agricole que lorsque les horizons humifères sont bien développés (sols de sommet de collines). Les surfaces cultivables sont donc réduites et dispersées. Et pour satisfaire les besoins des populations relativement nombreuses, les pentes sont souvent cultivées (billons suivant la ligne de plus grande pente). L'érosion en nappe, en ravines et même en « lavaka » en est la conséquence, mais des cultures en courbes de niveau sur ces sols très peu perméables et à fortes pentes, donneraient des résultats encore plus catastrophiques.

Sur la rive droite du Niari, les *sols faiblement ferrallitiques argileux issus du Schisto-calcaire* sont également souvent érodés. Toutefois les sols de sommet de collines, à pentes faibles, fournissent des parcelles assez limitées, mais dont les potentialités agricoles sont analogues à celles des sols argileux des plateaux de la Vallée du Niari. Les sols des pentes par contre possèdent un niveau meuble supérieur peu épais et le niveau gravillonnaire ou pierreux est situé à une faible profondeur ou affleure dès la surface. Les sols colluviaux, qui occupent malheureusement des surfaces très réduites, paraissent intéressants, spécialement lorsqu'ils sont situés en dessous d'affleurements rocheux et lorsqu'ils ne contiennent pas trop de cherts. C'est dire que les potentialités agricoles des sols de la rive droite sont très limitées et la vocation naturelle de ces sols paraît plutôt sylvopastorale.

Nous citerons pour mémoire les *sols hydromorphes minéraux des dépressions fermées* (dolines) de la plaine de piedmont. Seules des cultures temporaires (légumes par exemple) peuvent être envisagées sur les sols à hydromorphie temporaire de surface ; et le drainage de ces sols, délicat faute d'exutoire, ne procurerait que des surfaces dispersées de sols pas très riches en matières organiques et dont le potentiel chimique est faible.

¹ Rive gauche au delà des plateaux de la vallée du Niari. Sols faiblement ferrallitiques modaux issus d'un mélange de matériaux provenant du schisto-calcaire et du schisto-gréseux.

² Sols faiblement ferrallitiques ferrisoliques sur matériaux colluviaux.

³ Ranker d'érosion lithique sur calcaire et dolomie.

2. L'ÉVOLUTION DES SOLS SOUS CULTURE DANS LA VALLÉE 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 ces problèmes pédo-agronomiques, il fallait reprendre systématiquement les données chimiques, physiques et biologiques.

2.1. 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 Effets du lessivage

On sait que ces sols portent une végétation de savane faiblement arbustive. Un équilibre sol-végétation-micro-organisme s'est établi, comportant un complexe organo-minéral stable. 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 2μ), est constitué en proportions égales d'hydroxydes métalliques d'une part et de kaolinite d'autre part pour la fraction silicatée.

La capacité d'échange, faible, 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 défrichage 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 entraîné 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.

Les différentes plantes cultivées réagissent d'ailleurs de façon assez différente. Pour ce qui concerne les graminées (le riz, cultivé en sec et la canne à sucre), elles paraissent assez tolérantes à l'augmentation des teneurs en manganèse 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'usage 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 manganèse 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 sa 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 égal de manganèse échangeable extrait à pH 7, 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 :

TABLEAU 1

RELATIONS ENTRE LES RENDEMENTS DES TENEURS EN CALCIUM
A QUANTITÉ ÉGALE DE MANGANÈSE DU SOL

Rendement kg/ha	Ca mé/100 g	Mn sol 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.

TABLEAU 2

RELATIONS ENTRE LES RENDEMENTS ET LE MANGANÈSE DU SOL
A QUANTITÉS ÉGALES DE CALCIUM

Rendement kg/ha	Ca mé/100 g	Mn sol 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 cet appauvrissement, on peut donner quelques exemples assez nets :

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 :

TABLEAU 3

EVOLUTION DES SOLS DANS UNE PARCELLE DE GRANDE CULTURE

Date		15-12-54		16-11-55		27-11-56	
Profondeur en 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
<i>Bases échangeables</i>							
Ca	mé	2,1	0,4	1,4	1,0	1,3	0,9
Mg	mé	0,4	0,07	0,3	0,15	0,15	0,06
K	mé	0,25	0,06	0,25	0,12	0,3	0,25
Na	mé	0,03	0,03	0,08	0,08	0,06	0,09
Somme bases échang. ..	mé	2,78	0,56	2,03	1,35	1,81	1,30
Ca/Mg	mé	4,7	5,3	4,6	6,2	8,7	14,3
<i>Matière organique</i>							
C		3	1,5	2,5	2	2,6	1,8
N mg/100 g		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
Acide humique mg/100 g		25	8	10	4	16	10

De même, on trouve, dans le cas d'une parcelle portant des plages de végétation normale et des plages stériles, les résultats suivants :

TABLEAU 4

COMPARAISON ENTRE LES ANALYSES DE SOLS ET FOLIAIRES
SUR DES PLAGES FAIBLES ET STÉRILES

Culture	Analyse du sol								Analyse foliaire																																																																					
	Prof. (cm)	pH	Bases échangeables en mé/100 g				N (%)	M.O. (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Mn ppm																																																																
			Ca	Mg	K	Somme																																																																								
Cotonnier	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																																																																
Plage fertile	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	0,06	4,0	2,6	0,4	2,8	0,8	0,8	1 400	20-40	4,6	0,78	0,10	0,05	0,93	0,10	1,5	Maïs	0-20	5,1	1,42	0,24	0,17	1,83	0,16	3,8	2,2	0,7	0,37	0,4	2,5	100	Plage fertile	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
Plage stérile	0-20	4,6	0,48	0,18	0,09	0,75	0,06	4,0	2,6	0,4	2,8	0,8	0,8	1 400																																																																
	20-40	4,6	0,78	0,10	0,05	0,93	0,10	1,5							Maïs	0-20	5,1	1,42	0,24	0,17	1,83	0,16	3,8	2,2	0,7	0,37	0,4	2,5	100	Plage fertile	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																	
Maïs	0-20	5,1	1,42	0,24	0,17	1,83	0,16	3,8	2,2	0,7	0,37	0,4	2,5	100																																																																
	Plage fertile	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																																								
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.

TABLEAU 5

ANALYSES DES SOLS SUR DIFFÉRENTS TRAITEMENTS D'UN ESSAI DE DÉNUDATION DU SOL

Parcelles	Sous Savane	Nues Travaillées 3 ans	Nues Travaillées 2 ans	Nues Travaillées 1 an	Cultivées Arachides 3 ans
Profondeur (cm)	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15
Rendement arachides Culture test (kg/ha).....		593	676	1 120	685
Mn (ppm)	7,5	15,8	14,0	15,2	11,4
pH	5,0	4,7	4,7	4,75	4,75
<i>Bases échangeables</i>					
Ca	mé 1,71	0,89	0,93	1,30	0,82
Mg	mé 0,20	0,04	0,06	0,20	0,04
K	mé 0,22	0,13	0,16	0,23	0,13
Na	mé 0,03	0,03	0,02	0,04	0,02
<i>Matière organique</i>					
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 le magnésium (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'évapo-transpiration, ont été menées par la station IRCT de Madingou. 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 augmentation considérable du taux de manganèse échangeable sous forme de Mn^{2+} d'où une utilisation plus faible par le végétal (arachide, cotonnier) ; 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 :

Etant 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 pâturées 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 sur ce problème a montré que, pour conserver le stock initial de matière organique après seulement trois ans de culture, il faudrait apporter 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 des apports de fumier relativement importants de l'ordre de 50 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 couvertures 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, *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 doit 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.

2.2. 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'Henin¹ 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, sinon nul, même sur des pentes relativement fortes (au moins égales à 5 %). Il est vrai que dans les cas les plus graves, la structure du sol conserve des valeurs analytiques moyennes si on les compare à une échelle générale des valeurs analytiques de la structure.

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

- une étude pratique au champ 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.

¹ HENIN (J.) et MONNIER (G.) 1956. — Evaluation de la stabilité structurale du sol. — C.R. Congrès International Sciences du sol. Paris, vol. B, p. 49 à 52.

1. 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)¹ à concevoir des façons culturales plus appropriées par un travail du sol sans retournement avec des engins à disques crénelés type Rome-Plow et à les réduire tout en conservant des rendements au moins égaux à ceux obtenus avec les façons classiques.

2. LES CONDITIONS CULTURALES

Les plantes cultivées semblent n'avoir qu'un rôle spécifique sur la structure. La plupart de celles qui ont été essayées dans le Niari n'empêchent pas le processus de dégradation de la structure de s'établir quand elles ne l'accélèrent pas. 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 le phénomène de dégradation de la structure paraît irréversible dans l'état actuel de nos connaissances pratiques.

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 :

- 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'argile² 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,

¹ CAVALAN (P.). — Rapport d'activité au cours des campagnes 57-58 et 58-59. Bilan de quatre années d'expérimentation. Rapport Service de l'Agriculture — multigr. 131 p., nombreux schémas, tableaux, 1960.

² Par fer libre % d'argile nous entendons le taux de fer libre exprimé non pas en pourcentage de terre fine, mais en pourcentage du taux d'argile de l'échantillon de terre analysé.

— 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 risqueraient 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.

2.3. DONNÉES BIOLOGIQUES

L'activité biologique des sols est essentiellement sous la dépendance des facteurs climatiques et les études ont permis d'expliquer au moins en partie, l'évolution saisonnière des caractéristiques physico-chimiques des sols.

A cette évolution saisonnière, se superposent les effets du défrichement, des façons culturales, des engrais et des plantes cultivées ; ce qui fait que les résultats obtenus sont d'une interprétation difficile. On peut tout de même résumer les résultats obtenus de la manière suivante :

Influence du défrichement et du travail du sol : Il provoque une activation de la plupart des groupements physiologiques, mais cette activation s'atténue plus ou moins rapidement suivant les groupements physiologiques et l'on arrive au bout de peu d'années de culture, à un niveau d'activité microbienne inférieur au témoin savane. Ce phénomène est encore plus rapide lorsque le sol défriché est resté nu. La biologie des sols explique donc d'une part les bons rendements obtenus après le défrichement et la diminution rapide de la fertilité des sols spécialement lorsque le sol est laissé nu.

Est-il possible de pallier cette décroissance de l'activité biologique des sols par des apports d'amendements ou de matières organiques ?

Les amendements calcaires paraissent être bénéfiques pour l'activité biologique des sols, mais des études seraient à entreprendre pour évaluer quelle est la durée de cette action.

D'autre part, il est très important de noter que le calcaire joue un rôle important du point de vue de la nutrition azotée des plantes, car non seulement il favorise l'ammonification, mais surtout la nitrification. Toutefois un temps de latence de quelques mois paraît exister, ce qui conduit à préconiser un décalage de trois à quatre mois entre l'épandage d'amendement calcaire et celui des engrais ammoniacaux.

A propos de l'influence du paillis, l'enfouissement de pailles ou de l'apport de fumier de ferme, les groupements physiologiques des sols de la Vallée du Niari présentent des réactions normales et classiques. Par exemple l'apport de paille (pauvre en azote) déclenche une prolifération des cellulolytiques et des fixateurs d'azote aérobies (faim d'azote). Toutefois on doit noter que la suite du cycle de l'azote ne paraît pas tellement accélérée. Inversement, le fumier de ferme (plus riche en azote) inhibe partiellement le développement des germes fixateurs d'azote et favorise la prolifération des nitrificateurs.

La méthode classique d'apport d'engrais azotés, en même temps que l'on enfouit la paille, paraît donc valable et utile dans le Niari.

CONCLUSION

Cette synthèse agro-pédologique des travaux effectués par les pédologues de l'ORSTOM dans la Vallée du Niari montre que de nombreux résultats ont été mis en évidence. Ils sont le fruit d'observations faites 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 des bases. Il entraîne dès le départ des 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, il semble bien que 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 ; qualité d'agrégation, de déficit hydrique, de capacité de fixation, etc.

Bien que des points restent obscurs encore, 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 très élaborée, intensive et non plus extensive, où l'équilibre du sol est obtenu par un équilibre des spéculations végétales 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.

Un point également très important : nous n'avons pas évoqué le problème aigu des plantes adventives au Niari. Par des cultures mal conduites, des milliers d'hectares ne sont actuellement plus récupérables, du fait de leur envahissement par le *Carex*, que pour la culture de la canne à sucre ou pour l'implantation de prairies artificielles. 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 paraissant encore la seule solution possible ou rentable.

Nous n'avons pas évoqué plus haut un certain nombre de problèmes qui ont été pourtant étudiés par les pédologues de l'ORSTOM.

La reforestation, et il s'agit surtout du problème des plantations de *Terminalia superba* qui a été souvent soulevé au cours de nos discussions avec les responsables des Eaux et Forêts. Notre conclusion sur ce problème était qu'en dehors des facteurs climatiques qui n'étaient pas de notre ressort, le *Terminalia* se comportait comme une plante exigeante qui réclamait les mêmes soins extrêmement attentifs quant à la préparation du sol et au maintien de son potentiel chimique, physique, biologique, que pour les cultures de l'arachide, du coton, etc.

Les cultures fruitières : la culture bananière en particulier. Nous n'avons pas procédé à des études systématiques sur ce problème mais les conclusions essentielles, en dehors des conditions économiques que nous n'avons pas à connaître, étaient que la culture de la banane était certes possible, mais seulement en zones basses, dans les fonds de vallée. Les prospections faites nous ont montré que les zones favorables à sols riches, humifères, profonds, étaient très peu étendues, très morcelées et ne couvraient pas plus de

1 000 ha dans toute la vallée du Niari. Les analyses faites sur plantations d'agrumes pour étudier l'évolution des sols supportant ces cultures ont couvert des périodes trop courtes. En outre, l'effet de la culture était masqué en grande partie par les apports d'engrais.

La régénération des sols sous végétation naturelle : il s'agit là non pas d'une expérimentation, mais d'observations faites tous les ans pendant environ dix ans sur des parcelles abandonnées de la CGOT. Notons qu'au bout de dix ans, l'amélioration est faible sinon nulle. Nous pouvons donc penser qu'il faut 20 ans et peut-être davantage pour que ces sols, ramenés à un état quasi minéral par deux à trois ans de cultures abusives aient retrouvé leur potentiel initial.

L'évolution des sols protégés des feux de brousse : là aussi l'expérimentation a été trop courte et malheureusement interrompue par l'incendie des parcelles observées ; il semble que s'il y a évolution, elle est très lente. Au bout de quatre à cinq ans, elle n'était en tout cas pas ou peu perceptible. Bien d'autres points d'études n'ont pu qu'être abordés faute de moyens, de temps, de personnel. L'étude de l'évolution des sols sous culture nécessite de très gros investissements : laboratoires, chimistes, techniciens, etc. Tout cela coûte très cher, certainement, mais nous pensons que, si l'on veut progresser maintenant dans la voie d'une meilleure utilisation des sols de la vallée du Niari, ce sont des sacrifices qu'il faudra consentir.

De même, si l'inventaire détaillé de ces sols doit être poussé plus loin, il s'agira d'établir des cartes de vocations et d'utilisations des sols, l'échelle la plus utile étant de 1/10 000. Il ne s'agit pas bien entendu de couvrir toute la vallée du Niari à cette échelle, mais, à partir du 1/50 000 qui devrait servir de fond à ces études, de cartographier les zones les plus intéressantes à 1/10 000.

Il ne nous appartient pas ici de nous prononcer sur l'avenir agricole de la Vallée, mais nous nous devons de rappeler les principes essentiels de gestion de ce capital sol qui ont pu être dégagés par les travaux des pédologues de l'ORSTOM et nous espérons y être parvenu.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), BRUGIÈRE (J.M.), OLLAGNIER (H.), PRÉVOT (P.), 1955. — Dégradation du sol et toxicité manganique. *Oléagineux*, 10^e année, n° 4, pp. 239-243.
- BOCQUIER (G.), 1958. — Caractérisation des sols de la station de l'IFAC de Loudima (Moyen-Congo, A.E.F.) Inst. Et. centrafric., Brazzaville, 39 p. *multigr.*
- BOISSEZON (P. de), 1961. — « Contribution à l'étude de la microflore de quelques sols typiques du Congo ». Inst. Et. centrafr., Brazzaville, 131 p. *multigr.*
- BOISSEZON (P. de), MARTIN (G.), 1967. — Quinze ans de travaux et de recherches dans les pays du Niari. Les sols de la vallée du Niari. Etude pédologique et agropédologique. P. Bory, Monaco, 189 p.
- BOUCHET (R.J.), 1961. — Signification et portée agronomique de l'évapotranspiration potentielle. *Ann. agron.*, vol. XII, n° 1, pp. 51-63.
- BROADBENT (F.E.), OTT (J.B.), 1957. — Soil organic matter-metal complexes. 1 — Factors affecting retention of various cations. *Soil Sci.*, 83, n° 6, pp.
- BRUGIÈRE (J.M.), 1954. — Les argiles faiblement latéritiques à concrétions ferrugineuses de la vallée du Niari. *Congr. international. Sci. Sol*, 5, Léopoldville. vol. IV, pp. 303-307.
- BRUGIÈRE (J.M.), 1952-1953. — Etude pédologique de la vallée du Niari. ORSTOM, Paris, 2 t., 326 p. *multigr.*
- D'HOORE (J.L.), FRIPIAT (J.J.), GASTUCHE (M.C.), 1954. — Les argiles tropicales et leur oxyde de fer de recouvrement. *Conf. interafr. Sols*, 2, Léopoldville, vol. I, pp. 257-260.

- FRANQUIN (P.), 1958. — L'estimation du manganèse du sol en rapport avec le phénomène de toxicité. *Coton Fib. trop.*, vol. XIII, fasc. 3, pp. 393-408.
- FRANQUIN (P.), MARTIN (G.), 1962. — Bilan d'eau et conservation du sol au Niari. République du Congo. *Coton Fib. trop.*, vol. XVII, fasc. 3, pp. 345-356.
- GRAS (F.), 1964. — Etude pédologique des zones alluviales du Niari entre la Bouenza et la Kibouba. ORSTOM, Brazzaville, 51 p. *multigr.*
- HENIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1960. — Le Profil Cultural. Soc. Ed. Ingénieurs agric. Paris, XXIV, 320 p.
- HENIN (S.), MONNIER (G.), 1956. — Evaluation de la stabilité de la structure du sol. *Congr. Internation. Sci. Sol.* 6, Paris, vol. B, pp. 49-52.
- JOFFE (J.S.), 1955. — Green manuring viewed by a pedologist. *Adv. agron.*, vol. VII, pp. 141-187.
- KAURICHEV (J.S.), KULAKOV (Y.V.), NOZDRUNOVA (Y.M.), 1958. — Formation and migration of organic iron compounds in soil. *Sov. Soil Sci.*, pp. 1307-1313.
- MARTIN (G.), 1958. — Essai de bilan de quatre années d'études pédologiques dans la vallée du Niari. *Stat. agron. Loudima*, 89 p. *multigr.*
- MARTIN (G.), 1961. — Essai d'appréciation des pertes en calcium et en magnésium après un rapport d'amendement calcaire dans les sols de la vallée du Niari. *Inst. Et. centrafr.*, Brazzaville, 39 p. *multigr.*
- MARTIN (G.), 1962. — Etude d'un essai d'apport de matières organiques à la Station IRCT de la N'Kenke (vallée du Niari). ORSTOM, Inst. Rech. sci. Congo, Brazzaville, 10 p. *multigr.*
- MARTIN (G.), 1962. — Etude de quelques facteurs de la structure des sols de la vallée du Niari. *Bull. inst. Rech. sci.*, Congo, t. 1, pp. 3-30.
- MARTIN (G.), 1963. — Dégradation de la structure des sols sous culture mécanisée dans la vallée du Niari. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, n° 2, pp. 8-14.
- MERIAUX (Mme S.), 1958. — Stabilité structurale et composition des sols. *C.R. Acad. agric. Fr.*, t. 4, pp. 799-803.