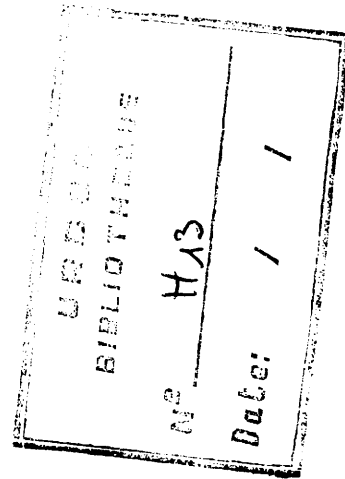


L'AGRONOMIE
TROPICALE

Extrait des N°04 11-12
Novembre-Décembre 1951

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS
DU DELTA CENTRAL NIGERIE

Par B. DADIN



LAGRONOMIE
TROPICALE

Extrait des n° 11 et 12
Novembre-Décembre 1981



CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES SOLS
DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN

par B. DABIN

H13

éto
sols
Mali

202/1
202

PROJET RETAIL
Arrivée N° 773
du R-D



URBAIN
BIBLIOTHEQUE
H 13
Date: / /

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN

par R. DABIN

M. DABIN, pédologue, chargé de recherches de FORSON, est détaché par son Office du Niger depuis 1948. Travaux parti des travaux antérieurs sur les sols du Soudan, notamment ceux de H. EHRLHART, travaillant en liaison avec les agronomes des stations de recherches de l'Office du Niger, qui étudient, dans des essais aux champs, l'effet des fumures minérales et organiques et des façons culturales, participant à la prospection pédologique du Delta, basée sur les notes vernaculaires, effectuée par le Service topographique de l'Office du Niger. M. DABIN, par des travaux personnels au laboratoire joints à une activité itinérante dans la vallée moyenne du Niger, a réuni, dans cette note de synthèse, des données très intéressantes sur les caractères des sols du Delta central nigérien, sur leurs rapports avec la végétation et sur leurs vocations culturales.

On notera qu'il s'agit d'une région tropicale semi-aride, dont le développement agricole est lié à l'apport de l'eau d'irrigation. Ces régions climatiques laissent, jusqu'à présent, les moins connues en Afrique et la tendance est de les assimiler aux régions tropicales humides, dans lesquelles les phénomènes de lessivage, voire de l'alcalinité, sont la règle. Si le danger de dégradation sous l'influence du climat, sans être négligeable, est comparativement réduit au Soudan, le problème le plus important à résoudre, dans la mise en valeur des alluvions modernes du Delta central nigérien, invariablement fertiles, réside dans l'amélioration de leur état structural.

L'étude de la structure et des facteurs, qui la régissent, constitue précisément un chapitre important du travail de M. DABIN. Une expérimentation de longue haleine est prévue pour la régénération de la structure par les façons culturales, par la succession des cultures et surtout par l'apport des matières organiques. Ce sont des essais qui devront s'étendre sur plusieurs années avant que l'on puisse en tirer des conclusions pratiquement utilisables.

R. MERRON.

INTRODUCTION

L'étude succincte que nous présentons est destinée à faire le point de nos connaissances actuelles concernant les sols du Delta central nigérien. Nous utilisons, à cet effet, les résultats de travaux antérieurs et ceux de nos propres recherches ; ces travaux ne constituent pas une étude scientifique détaillée, mais un résumé aussi bref que possible des propriétés essentielles de ces sols.

Les principaux problèmes envisagés dans cet exposé sont les suivants :

- 1° Du point de vue pédologique :
Formation et évolution des sols, classification, cartographie.
Vocation culturale des différents types de sol.
- 2° Du point de vue agronomique :
Etude des propriétés physiques des sols.
Structure du sol.
Rapports de l'eau et du sol.
Notions concernant les problèmes de l'irrigation et du travail des sols.
Etude des propriétés chimiques et biologiques des sols.
Alimentation des plantes.
Essais de fertilisation.

ÉTUDE PÉDOLOGIQUE DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN

1° Travaux antérieurs

Dans un rapport, publié en 1942, H. EHRLHART fait une étude critique détaillée des premiers travaux effectués sur les sols de l'Office du Niger ; il cite en particulier les travaux de géologues tels que FORON, CRUDEAU, URVOY, de pédologues tels que KILLIAN et SCARITTA ; nous ne reviendrons pas sur ces questions.

Vol. VI, N° 11-12, 1951.

la formation du Delta, l'étude pédologique des sols du Delta central nigérien, qui est la plus complète et la plus intéressante, qui a été effectuée par les géologues de la région.

Cette étude a été reprise par G. ANASTY en 1946, puis poursuivie par nous depuis 1948 à l'Office du Niger, en collaboration avec le service des études générales pour la partie cartographique, et par nous-même, plus spécialement agronomiques, l'ont cités dans l'ordre chronologique les travaux de D. FOUASSI et ceux des divers agents du service agronomique de l'Office du Niger, qui se sont succédés depuis sa création.

Les travaux les plus récents, qui ont été entrepris sous la direction de MERRON, comprennent des essais de fertilisation des terres à riz et à coton, nous y avons participé en effectuant les analyses de sols et de végétaux nécessaires pour l'interprétation de ces essais.

2° Principaux résultats obtenus

a) Description sommaire du Delta central nigérien

Le Delta central nigérien est une vaste plaine ayant à peu près la forme d'un losange, qui s'étend en direction Nord-Est, à partir de Samsanding, petite ville située sur le Niger à 50 kilomètres en aval de Ségou, jusqu'à la région lacustre.

Cette plaine est bordée au Sud et à l'Est par le Niger et à l'Ouest par le marigot de Molodo, ancien défluent tari du Niger, qui coulait autrefois en direction Sud-Nord, inondant de grandes cuvettes lacustres, qui sont à présent les provinces de Kala, du Kouroumary, du Méma (E. BELUME).

Au nord du Kouroumary, une banquette gréseuse détourne le cours du marigot en direction Ouest-Est, il se sépare ensuite en deux branches avant de rejoindre la zone des lacs. Un autre défluent, le marigot de Samsanding, chemine parallèlement au Niger et va se perdre dans le Macina.

Outre ces deux défluent taris, on rencontre un chenal en activité dans la région de Diarabé, le marigot de Diaka.

Le Delta nigérien se subdivise en deux grandes parties distinctes : d'une part les plaines basses, qui bordent la rive gauche du Niger et qui sont encore actuellement inondées en période de crue, d'autre part, les plaines septentrionales et centrales qui sont asséchées depuis longtemps.

On distingue de ce fait, la zone du Delta vif, qui comprend les provinces du Macina et du Diaka, et la zone du Delta mort avec les provinces du Kala, du Kouroumary, du Méma, du Fari-make, etc. (1).

b) Formation et évolution des sols

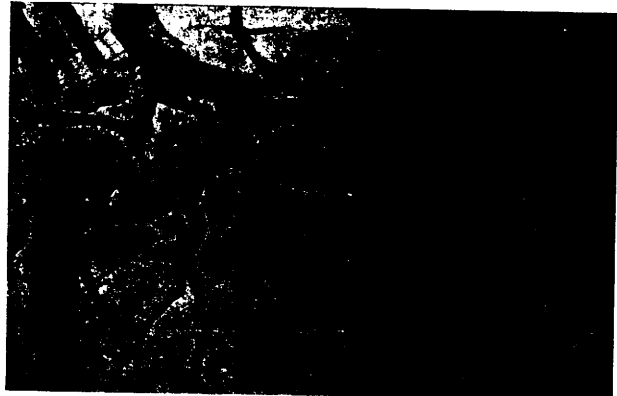
FORMATION DES SOLS

Dans son ouvrage, *les Travaux du Niger*, E. BELUME expose brièvement mais avec netteté les principales étapes de la formation alluvionnaire des sols du Delta nigérien.

Sur un socle gréseux s'inclinant en direction Nord-Est, les eaux du Niger ont déposé une épaisse couche d'alluvions ; ces alluvions, qui ne dépassent pas 5 à 6 mètres dans le Kala, peuvent atteindre plus de 20 mètres d'épaisseur en certains points du Méma.

(1) Voir E. BELUME, *Les Travaux du Niger*.

Vol. VI, N° 11-12, 1951.



Baobab sur sol Darga. A la base *Bacillus senegalensis*.

La banquette schistogréseuse affleure dans le Nord du Kouroumary, où elle est recouverte d'une ancienne formation latéritique (Miplojicène).

Ces alluvions ont donné naissance à des sols, dont la composition granulométrique extrêmement variable dépend des conditions de dépôt des matériaux d'origine.

D'après E. BELIME, l'eau, qui s'échappait du lit des chenaux au moment des crues, inondait à plus ou moins grande hauteur les terrains d'apport qui les séparaient ; les sédiments les plus lourds se déposaient les premiers, exhaussant progressivement les berges et leurs abords immédiats, tandis que les éléments plus tenus étaient entraînés plus loin, la vallée prenant ainsi au droit de chaque chenal un profil convexe, les cheminements des divers bras passant par les lignes de faltes, tandis que le drainage et l'inondation s'effectuait dans les thalwegs intercalés entre celles-ci (1).

Il faut tenir compte également des considérations suivantes :

Sur le bord des cuvettes, soit en raison du courant qui subsistait dans un sens ou dans l'autre au moment de la crue ou de la décrue, soit en raison de l'alluvionnement en eau peu profonde et agitée par le vent, il s'est déposé généralement des éléments sablonneux. Ces dépôts sablonneux ont subi par la suite des remaniements éoliens.

Dans les zones plus basses, l'alluvionnement en eau profonde et calme a permis le dépôt d'éléments plus fins : argile et sable fin.

Dans les bas fonds, où l'eau était retenue à la décrue, elle s'infiltrait, s'évaporait sur place, déposant ainsi tous les éléments qu'elle contenait en suspension ou en solution, entre autres les sels minéraux, le ruissellement des pentes voisines venant encore enrichir ces sédiments en éléments colloïdaux, et en sels minéraux aux dépens des zones de cote plus élevée.

Dans les zones basses et plates du Delta vif il s'est déposé une sorte de limon gris ardoise. Dans cette région, où l'alluvionnement s'est poursuivi jusqu'à nos jours, le débit solide du fleuve et sa teneur en sels minéraux se sont vraisemblablement modifiés avec le temps : les sables, plus récentes, sont d'une nature assez différente de celles que l'on rencontre dans les onvettes lacustres du Delta mort.

EVOLUTION DES SOLS

Placés sous un climat semi-aride, de 300 à 600 mm de pluies, réparties sur une courte saison humide suivie d'une longue saison sèche, avec une température moyenne annuelle de 29°, les sols du Delta nigérien n'ont subi qu'une évolution très lente et peu accentuée ; certaines formations pédologiques datent vraisemblablement de l'époque du retrait des eaux, au moment où la nappe phréatique affleure encore à faible distance de la surface (sables calcaires)...

L'action de ce climat n'a pas favorisé en particulier l'apparition du phénomène de latéritisation. H. ENNAAR a démontré que les formations latéritiques, que l'on rencontre dans la région, n'étaient pas formées sur place, mais qu'elles étaient d'origine alluvionnaire, dans les basses terres, absence de sols de dépôt d'argiles et de sables latéritiques.

(1) Les...

D'autres formations analogues à celles que l'on rencontre sur la falaise gréseuse de Boundoubou, sont fossiles et se sont formées sous un paléoclimat humide (Urvory).

Excepté dans les zones très sablonneuses, on n'observe pas dans l'ensemble du Delta de phénomènes de lessivage des sols, certaines terres présentent cependant des horizons distincts, mais il n'est pas toujours possible de préciser, s'il s'agit de véritables horizons pédologiques ou de dépôts alluvionnaires de natures différentes, ou de formations dues au balancement saisonnier de la nappe phréatique (au moment du retrait des eaux).

Dependant, il est indubitable que dans certaines terres particulièrement battantes, il s'est produit une migration lente des éléments colloïdaux en suspension, de la surface vers la profondeur, la teneur en argile augmente toujours dans ce sens, et jamais en sens inverse, dans la limite des 50 ou 75 premiers centimètres.

Ces divers phénomènes de pédogénèse ont pu dans certains cas se superposer.

Les phénomènes de remontée existent, mais restent peu importants en raison de la faible tranche de sol qu'ils affectent ; on en observe cependant sous irrigation en culture cotonnière.

Il a pu se produire des phénomènes de remontée plus importants lorsque la nappe phréatique affleure à faible profondeur (formation des nodules calcaires).

Nodules calcaires et gravillons ferrugineux

Certaines formations pédologiques ont attiré l'attention des chercheurs, il s'agit de la présence dans certains sols de nodules calcaires de la grosseur d'un œuf de poule, et de pisolithes ferrugineux ayant environ de 0,5 à 1 cm de diamètre.

Les nodules calcaires se rencontrent dans des types de sol très divers, mais plus particulièrement dans les argiles noires des bas-fonds. On les observe en surface et jusqu'à une certaine profondeur.

Les gravillons ferrugineux se rencontrent en profondeur dans certains types de sol, ils peuvent apparaître en surface lorsque l'horizon supérieur de ces sols a été découpé par l'érosion. H. ENNAAR a étudié en détail les processus de formation de ces nodules et de ces gravillons, nous présentons d'exposer tel les principales hypothèses actuellement admises.

Concentrations ferrugineuses et nodules calcaires ont un mode de formation sensiblement analogue, on les rencontre parfois associés. Ils se forment dans le sol par dépôt concentré provenant de la concentration de solutions salines. Cette concentration s'opère soit l'écoulement de la solution par pompage des racines ou évaporation directe par la surface du sol.

Dans le Delta nigérien la formation des nodules ne se produit jamais actuellement qu'en surface, mais dans les bas-fonds du Delta vif nous en avons observé la formation dans les horizons du sol. Cette formation alluvionnaire est due à la formation de ces nodules dans les basses terres, absence de sols de dépôt d'argiles et de sables latéritiques.



Baobab.

Certaines formations pédologiques ont attiré l'attention des chercheurs, il s'agit de la présence dans certains sols de nodules calcaires de la grosseur d'un œuf de poule, et de pisolithes ferrugineux ayant environ de 0,5 à 1 cm de diamètre.

Les nodules calcaires se rencontrent dans des types de sol très divers, mais plus particulièrement dans les argiles noires des bas-fonds. On les observe en surface et jusqu'à une certaine profondeur.

Les gravillons ferrugineux se rencontrent en profondeur dans certains types de sol, ils peuvent apparaître en surface lorsque l'horizon supérieur de ces sols a été découpé par l'érosion. H. ENNAAR a étudié en détail les processus de formation de ces nodules et de ces gravillons, nous présentons d'exposer tel les principales hypothèses actuellement admises.

Concentrations ferrugineuses et nodules calcaires ont un mode de formation sensiblement analogue, on les rencontre parfois associés. Ils se forment dans le sol par dépôt concentré provenant de la concentration de solutions salines. Cette concentration s'opère soit l'écoulement de la solution par pompage des racines ou évaporation directe par la surface du sol.

partir de la nappe phréatique, provoquant l'enrichissement des sols en carbonate de calcium, étaient à l'origine de la formation de ces nodules.

On a pensé également que les terres à nodules provenaient de la destruction de sédiments calcaires que l'on observe à une certaine profondeur (2 m à 2,50 m) ; mais on les rencontre par taches sous des types de sol très divers, argileux ou sableux avec ou sans nodules ; à notre avis ces sédiments ont participé à la formation des nodules en alimentant en carbonate de chaux les eaux de la nappe phréatique. Du point de vue pratique les terres à nodules sont généralement riches en calcium échangeable, la grosseur et le nombre des nodules renseigne assez bien sur le niveau calcique des sols.

Les gravillons ferrugineux se forment en profondeur dans le sol sous l'action du pompage par les racines, ils n'apparaissent que lorsque le complexe absorbant des sols est suffisamment saturé en fer. On n'observe pas de gravillons dans les sols très argileux insuffisamment riches en fer.

A l'inverse des nodules calcaires, ils peuvent encore se former actuellement, sous boisement dense de *Pterocarpus lucens* dans le Kaala et le Kouroumary. Sous d'autres boisements la concentration des oxydes de fer ne donne que des taches ocre-rouge peu durcies. Lorsque ces sols sont soumis à l'érosion, ces taches ferrugineuses se durcissent au fur et à mesure qu'elles se rapprochent de la surface et peuvent donner de véritables gravillons.

La teneur en fer dans les sols n'excédant jamais 4 à 5 %, les bancs gravillonneux, que l'on rencontre en profondeur, ne sont jamais très épais ni très denses et ne présentent aucun inconduites en raison de l'élimination des autres éléments.

L'érosion des sols

Nous avons fait intervenir à plusieurs reprises le phénomène d'érosion en tant que facteur d'évolution des sols. Le phénomène d'érosion existe mais ses effets sont néanmoins assez limités.

L'érosion par l'eau, qui est ici une érosion en nappe, est très lente en raison de l'absence générale de pente dans le Delta. Par contre, dès que la pente devient suffisante, cette érosion est intense en raison de l'état de dispersion et d'imperméabilité des sols, elle ravine fortement les digues et les cavaliers des canaux, elle sévit également aux abords des marigots et des bas fonds en raison de la légère inclinaison des terres et surtout du passage des troupeaux en transhumance, qui empêche l'installation d'une végétation protectrice.

L'érosion par le vent est davantage à craindre, mais elle n'agit pas indifféremment sur tous les sols ni dans toutes les régions du Delta, elle est surtout marquée dans les provinces septentrionales (Kouroumary), où la végétation steppique est très clairsemée, son action ne se manifeste cependant que sur les sols les plus sablonneux, lorsque ceux-ci ont été déboisés par l'homme, dans les anciens champs de mil ; les terres battantes bloquées en saison sèche et les terres argileuses n'offrent que peu de prise à l'érosion éolienne. Il sera cependant prudent de ne pas déboiser inconsidérément ces régions au moment de leur mise en valeur.

3° Morphologie actuelle des sols du Delta central nigérien

La classification vernaculaire

Les sols du Delta central nigérien présentent un aspect très particulier. On y rencontre tout d'abord un passage entre les formations types sablonneuses et les terres argileuses par une zone de transition que l'on appelle les terres à nodules. Cette zone est caractérisée par la présence de nodules calcaires et ferrugineux, qui sont le résultat de l'accumulation de ces éléments dans les couches superficielles des sols.

Dans les différentes provinces du Delta, les sols ayant eu, à l'origine, un mode de formation sensiblement analogue, présentent encore une grande similitude d'aspect ; par contre certains sols sont caractéristiques de régions déterminées, soit en raison de leur mode de formation (Delta vif), soit en raison d'une évolution particulière due à des actions d'ordre climatique (Delta mort).

b) La classification vernaculaire

Il existe certains termes locaux, en Bambara, permettant de désigner les principaux types de sols que l'on rencontre dans le Delta, cette classification est basée sur l'aspect superficiel du sol, elle tient compte beaucoup plus des propriétés structurales, de la couleur et du microrelief des sols, que de leur composition granulométrique réelle, qui échappe le plus souvent à l'œil et ne peut être déterminée avec précision qu'à l'analyse. C'est donc davantage une classification pédologique qu'une classification agronomique des terres.

Elle rend de grands services pour la cartographie des sols et la détermination de leur vocation culturale, mais elle doit être complétée dans le détail par des études de laboratoire concernant la valeur agronomique des terres.

Dans une note publiée dans les comptes rendus de la Conférence africaine des sols de Goma, P. Viureau a donné la définition des principaux termes utilisés dans la classification vernaculaire et exposé les modalités pratiques de la cartographie des sols.

A titre indicatif nous donnons ici la classification vernaculaire complète avec de brèves indications sur la nature des sols :

Séno	Formation dunaire très sablonneuse.
Danga	Sol beige, sable-limon. Battant en saison des pluies. Très dur en saison sèche.
Danga blé	Sol ocre rouge plus ou moins foncé, limono-sableux à limono-argileux, généralement dans les zones très érodées, où il peut être recouvert de gravillons ferrugineux.
Danga fang	Sol beige noirâtre, analogue aux Danga, mais plus riche en limon et matières organiques.
Dian	Sol brun argilo-limoneux, très compact, présentant fréquemment des fentes de retrait.
Dian perre	Sol Dian très argileux, largement crevasé.
Moursi	Sol noir, très argileux, à structure friable en surface ; contenant de nombreux nodules calcaires et largement crevasé.
Boi	Sol gris ardoisé, limoneux, compact, pouvant être crevasé, fond de mare.
Boi bié	Sol Boi avec nombreuses taches ocre, ferrugineuses, généralement fond de mare ou de marigot.
Boi fang	Sol noir, limono-argileux, généralement friable en surface, riche en humus, non crevasé.

Ces différents types de sol se rencontrent dans l'ordre dans des zones de plus en plus basses.

c) Description des principaux profils de sol et de la végétation naturelle

RÉPARTITION DE LA VÉGÉTATION

Il existe à l'intérieur du Delta central nigérien plusieurs zones climatiques s'écartant du Sud vers le Nord.

La région du Macina présente un aspect particulier en raison de la possibilité d'inondation au période de crues. On y rencontre une végétation de savane arbustive avec de grandes Graminées : *Andropogones*, panicées, végétaux, cette végétation dense, généralement aux sols un peu humique élevés.

Dans les autres provinces du Delta nigérien en particulier dans le Delta mort, on observe une végétation sahélienne typique.

Dans le Kala, où la pluviométrie est encore importante, cette végétation est relativement luxuriante au moment plus au Nord, vers les régions arides, on passe graduellement à une végétation de plus en plus clairsemée. Le niveau humique des sols devient alors assez important, il y a une répartition plus claire des espèces, certains sont communs à plusieurs zones climatiques, mais on ne les rencontre plus sur les autres types de sols.

Si nous prenons en particulier le galadjiri (*Pterocarpus lucens*) : dans les régions relativement humides on pourra le rencontrer indifféremment sur plusieurs types de sol ; par contre dans les zones plus arides, il ne se maintiendra que sur les sols susceptibles de lui fournir une alimentation en eau suffisante, à savoir Danga et Danga bié dans le Kouroumary, Séno dans le Méma. Le climat pédologique (perméabilité, rétention de l'eau, point de flétrissement) se superpose à l'action du climat proprement dit. Les indigènes de la région suivent à peu près les mêmes principes pour l'établissement de leur culture sèche de mil.

En dehors de ces quelques considérations générales, nous nous contenterons d'indiquer en tête de chaque profil, les espèces, que l'on rencontre le plus communément sur chacun des principaux types de sol, que nous décrirons.

La détermination des espèces dites caractéristiques, est un travail de phytosociologue, qui dépasse le cadre de cette étude.

RÉPARTITION DES DIFFÉRENTS TYPES DE SOL

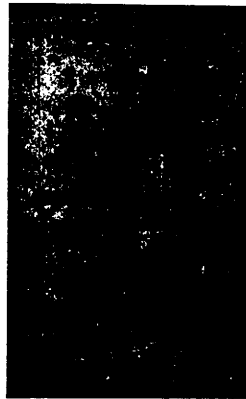
Au cours de nos prospections nous avons relaté de nombreux profils dans les différentes régions climatiques, Macina, Kala, Kouroumary : un certain nombre de types de sol sont communs à ces trois régions, leur mode de formation étant sensiblement identique. Ce sont les sols Séno, Danga, Dian, Moursi.

En ce qui concerne les sols Danga fmg et Boi, on peut les rencontrer dans les zones du Kala et du Kouroumary, mais ils prédominent dans le Macina (alluvions limoneuses).

Les sols Boi fmg (limons humifères et acides) ne se rencontrent sur de grandes surfaces que dans le Macina.

Les sols Danga bié par contre prédominent dans les régions, où les phénomènes d'érosion éolienne sont relativement intenses : dans le Nord du Kala, le Kouroumary.

Pterocarpus lucens, *Gaijera senegalensis*, baobab sur sol Danga.



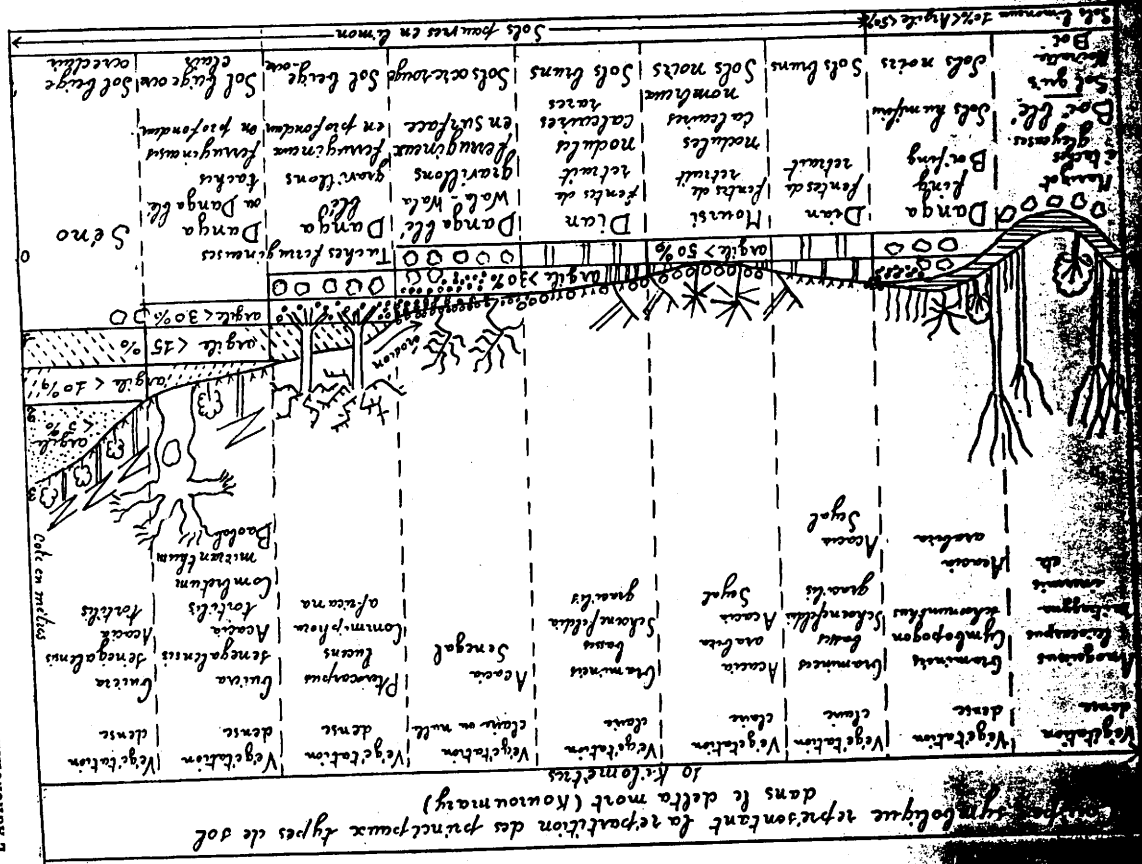
DESCRIPTION DE QUELQUES PROFILS CARACTÉRISTIQUES

1° Sol de type Séno (dunaire).
Répartition : peut se rencontrer dans toutes les régions climatiques du Delta Nigérien.
Topographie : mûmelon sablonneux.
Végétation : assez dense.

Espèces principales : *Gaijera senegalensis*, *Schoenefieldia gracilis*.
On peut rencontrer également : *Acacia tortilis*, *Combretum ghaizalense*, *Acacia Seyal*.
Profil : 0-50 cm. Horizon beige ocre clair, très sablonneux, très friable.
50-100 cm. Horizon ocre foncé, sablonneux, friable.

2° Danga bié sablieux.
Répartition : se rencontre surtout dans le Nord du Kala et le Kouroumary.
Ce sol provient généralement de l'érosion du type précédent. Il est d'une couleur ocre plus foncée. Topographiquement, ce sol occupe une zone plus basse, son relief est relativement plat. Il est généralement cultivé par les populations autochtones ; champs de petit mil. La végétation naturelle est identique à celle du sol précédent ; on y rencontre fréquemment des baobabs.

3° Sol Danga.
Répartition : se rencontre dans toutes les régions climatiques du Delta Nigérien.
Topographie : mûmelon sablonneux, très friable.
Végétation : assez dense.



Le schéma ci-dessus représente la répartition des principaux types de sol dans le delta mort (Kouroumary)

Région du Kala

Pterocarpus lucens
Adansonia digitata
Combretum africanum
Combretum micranthum
Roselia senegalensis
Guiera senegalensis

Les espèces sont mentionnées par ordre de densité décroissante.

Profil : 0-30 cm. Horizon beige clair, sablo-limoneux pulvérulent, très compact après irrigation.

30-60 cm. Horizon ocre foncé, limono-sableux, assez compact, avec quelques taches ocre foncé.

60-100 cm. Horizon ocre foncé, avec nombreuses taches rouges, parfois concrétions durcies, limono-argileux, à structure cubique.

4° Sol Danga blé.

Répartition : Nord du Kala et Kouroumary.

Topographie et microrelief : zones de cote moyenne ou haute, relief généralement plat, pouvant présenter des effondrements.

Végétation : identique à la végétation des Danga ; peut varier cependant suivant la texture du sol.

Danga blé sableux

Guiera senegalensis
 dominant

Danga blé argileux

Pterocarpus lucens
 dominant

Pédogénèse : Les sols Danga blé proviennent généralement de l'érosion des sols Danga ; ce sont les horizons profonds de ces sols, limono-sableux, ou limono-argileux, de couleur ocre rouge, avec ou sans gravillons, qui sont amenés en surface. Ces sols présentent donc des propriétés particulières ; sous un boisement suffisant, ou sous culture de mil, ils ont généralement une structure friable en surface.

Dans les zones particulièrement érodées, ils sont très durs en surface et recouverts d'un tapis très dense de gravillons ferrugineux. Ces zones sont généralement dénudées on y rencontre parfois l'*Acacia Senegal*.

5° Sol Danga fin.

Répartition : se rencontre dans le Kouroumary et le Kala au voisinage des mares ou des marigots, couvre de grandes surfaces dans le Macina.

Topographie et microrelief : zones assez basses, relief plat.

Végétation : généralement dense, sols humifères.

Dans le Kouroumary

Guiera senegalensis
Combretum micranthum
Pterocarpus lucens
Acacia arabica
Cymbopogon schoenanthus

Dans le Kala

Pterocarpus lucens
Acacia Seyal
Cymbopogon schoenanthus

Macina

Andropogon ampliatus
Panicum anabaptistum
Bauhinia reticulata
Guiera senegalensis
Terminalia macroptera

Profil : 0-10 cm. Horizon gris noirâtre, assez humifère, sablo-limoneux, riche en éléments fins (sable fin et limon), assez friable.

10-30 cm. Horizon jaunâtre, limono-sableux à limono-argileux, structure cubique, rares concrétions.

30 à 60 cm. Horizon ocre, avec quelques concrétions durcies, argilo-limoneux, structure cubique.

6° Sol Dnga.

Répartition : se rencontre dans le Kala, le Kouroumary, le Macina.

L'AGRONOMIE TROPICALE

Topographie et microrelief : zone assez basse, relief généralement plat, présence de fentes de retrait.

Végétation : très claire dans le Kouroumary, dense dans le Kala, très dense dans le Macina.

Kouroumary
 Graminées basses
Schoenefeldia gracilis
Acacia Seyal (rare)

Kala

Pterocarpus lucens
Acacia Seyal

Macina

Acacia Seyal
 (dense)

Profil, d'aspect homogène : 0-25 cm. Horizon brun, argilo-limoneux, très compact, quelques nodules calcaires rares.

25-50 cm. Horizon brun, argilo-limoneux, très dur.

50-75 cm. Horizon brun foncé, argileux, très dur.

7° Sol Moursi.

Répartition : se rencontre dans le Kouroumary, le Kala, le Macina.

Topographie et microrelief : zones de bas fonds, relief tourmenté, effondrements, crevasses.

Végétation : dense et assez homogène : *Acacia Seyal*, *Acacia arabica*.

Profil : 0-10 cm. Horizon noir, argileux, friable (structure grenue), gros nodules calcaires, de 3 à 5 cm de diamètre très nombreux.

10 cm à 1 m. Horizon noir, très argileux, très compact, larges crevasses verticales, nodules calcaires sur toute l'épaisseur.

8° Sols Bol et Bol blé.

Répartition : se rencontrent dans le Macina, le Kala, le Kouroumary.

Topographie et microrelief : fonds de mares ou de marigots, relief tourmenté, avec ou sans fentes de retrait.

Végétation : caractéristique des stations humides. *Andropogon leiocarpus*, *Mitragyna inermis*, *Acacia pinata*, *Acacia atazacantha*.

En surface : sols gris ardoise, avec parfois de nombreuses taches ocre rouge (Boi bié). Très limoneux, texture très fine, plus ou moins compacts.

En profondeur : sols argileux, grisâtres, avec nombreuses taches ocre rouge, structure cubique.

9° Sol Bol fin.

Répartition : ne se rencontre sur de grandes surfaces que dans le Macina.

Topographie et microrelief : zones basses, généralement plates, pas de fentes de retrait.

Végétation : variable suivant la texture du sol.

Sol limoneux

Terminalia macroptera
Bauhinia reticulata
Pseudocedrela Kotschii
 Grandes Graminées

Sol argilo-limoneux

Graminées dominantes
Panicum anabaptistum
Andropogon ampliatus
Vetiveria nigritiana

Profil : 0-25 cm. Horizon gris noirâtre, généralement humifère, friable, à structure grumeleuse, limoneux ou argilo-limoneux.

25-40 cm. Horizon jaunâtre, limono argileux, peu compact, traînées ocre.

40-75 cm. Horizon gris noirâtre, à nombreuses taches ocre, argilo-limoneux, à structure cubique, parfois grumeleuse.

A l'intérieur d'un même type de sol on peut noter de nombreuses variations de détail, dans la texture de l'horizon supérieur, l'épaisseur des horizons, l'évolution des formations ferrugineuses. Nous avons donné ici la description des types moyens.

La végétation peut églement varier pour des raisons indépendantes de la nature du sol : action de l'homme et des troupeaux, feux de brousse, etc... nous ne pouvons entrer ici dans toutes ces considérations de détail.

4° Cartographie des sols

En collaboration avec G. AUBERT, nous avons dressé, en différents points du Delta nigérien, une carte des sols, basée sur la couleur, le mode et le degré d'évolution des sols et leur texture. Nous avons distingué les sols châtains ou brun rouge : Sèno, Danga, Danga bié; et les sols bruns : Danga fmg, Boi fmg, Dian, Moursi. Nous avons classé à part les sols de marigots : Boi et Boi bié.

La subdivision entre les différents types de sol est basée, sur leur mode et leur degré d'évolution : érosion par le vent ou par l'eau, évolution de la matière organique, des éléments minéraux, de la structure et enfin sur leur texture : sable, limon, argile.

La carte établie d'après ce principe présente de grandes analogies avec la carte vernaculaire, elle est cependant plus détaillée et tient compte davantage des propriétés agronomiques des terres.

EXEMPLE : le sol Danga bié peut être classé dans les catégories suivantes :

Sol châtain ou brun rouge :

- érodé par le vent, sablo-limoneux,
- érodé par le vent, limono-argileux,
- gravillonnaire,
- limono-argileux, évolué à structure grumeleuse (sous boisement dense).

5° Vocation culturale

La vocation culturale des sols a été établie essentiellement d'après leurs propriétés vis-à-vis de l'irrigation et du drainage : à ce point de vue la carte vernaculaire est dans l'ensemble satisfaisante.

Pour le coton on peut utiliser tous les types de sol, à l'exception des Sèno non irrigables les Boi et les Dian perré, difficiles à drainer.

Pour le riz, seules les terres Sèno sont abandonnées.

Les terres Sèno sont utilisées essentiellement par les populations autochtones pour la culture du petit mil.

6° Conclusion

La carte des sols, dressée d'après la classification vernaculaire, a rendu de grands services pour l'établissement des projets d'aménagement des terres du Delta central nigérien. Son avantage principal a été sa grande rapidité d'exécution, grâce à l'utilisation d'équipes indigènes spécialisées dans le cadre d'un service topographique bien organisé.

Les principaux types de sol ayant été ainsi prospectés et cartographiés sur l'ensemble du Delta nigérien, des études détaillées peuvent être entreprises par les spécialistes européens dans le cadre plus restreint des aménagements annuels.

Ci-joint une carte des sols établie par la mission pédologique AUBERT en 1948 et une carte vernaculaire de la même région établie par les équipes indigènes de B. NEVSKY.

ÉTUDE AGRONOMIQUE DES SOLS DU DELTA CENTRAL NIGÉRIEN

Introduction

Comme dans la première partie de notre exposé nous limitons à l'étude des régions actuellement cultivées, ou prévues dans les extensions prochaines, à savoir, les régions du Macina, du Kala, du Kourouary.

Un point de vue agronomique les principales études qui ont été entreprises sont les suivantes :

1° Analyse des éléments fertilisants dans le sol et les végétaux par le diagnostic foliaire, etc.

LEGENDE DE LA CARTE PEDOLOGIQUE

	Madules calcaires	B1	Sol brun évolué	Moursi
	Gravillons ferrugineux	B2	Sol brun peu évolué	{ Dian Danga fmg Boi fmg }
	Argileux	C1 et C3 V	Sol châtain évolué (fortement érodé)	Danga bié
	Limoneux - limono-argileux	C2 et C3 V	Sol châtain peu évolué (faiblement érodé)	Danga
	Limono-sableux	C3	Sol châtain lessivé	Sèno
	Sablo-limoneux	M	Sol de marigot à taches gleyeuses	Dian perré Boi bié
	Sableux			
	Erosion par le vent			
	Erosion par l'eau			
	M1 Argileux			
	M2 Limoneux			
	M3 Sableux			

LEGENDE DE LA CARTE VERNACULAIRE

	Sèno Sèno fmg	Dian perré
	Danga	Moursi
	Danga bié	Boi
	Danga fmg	Boi bié
	Dian	Sol fmg

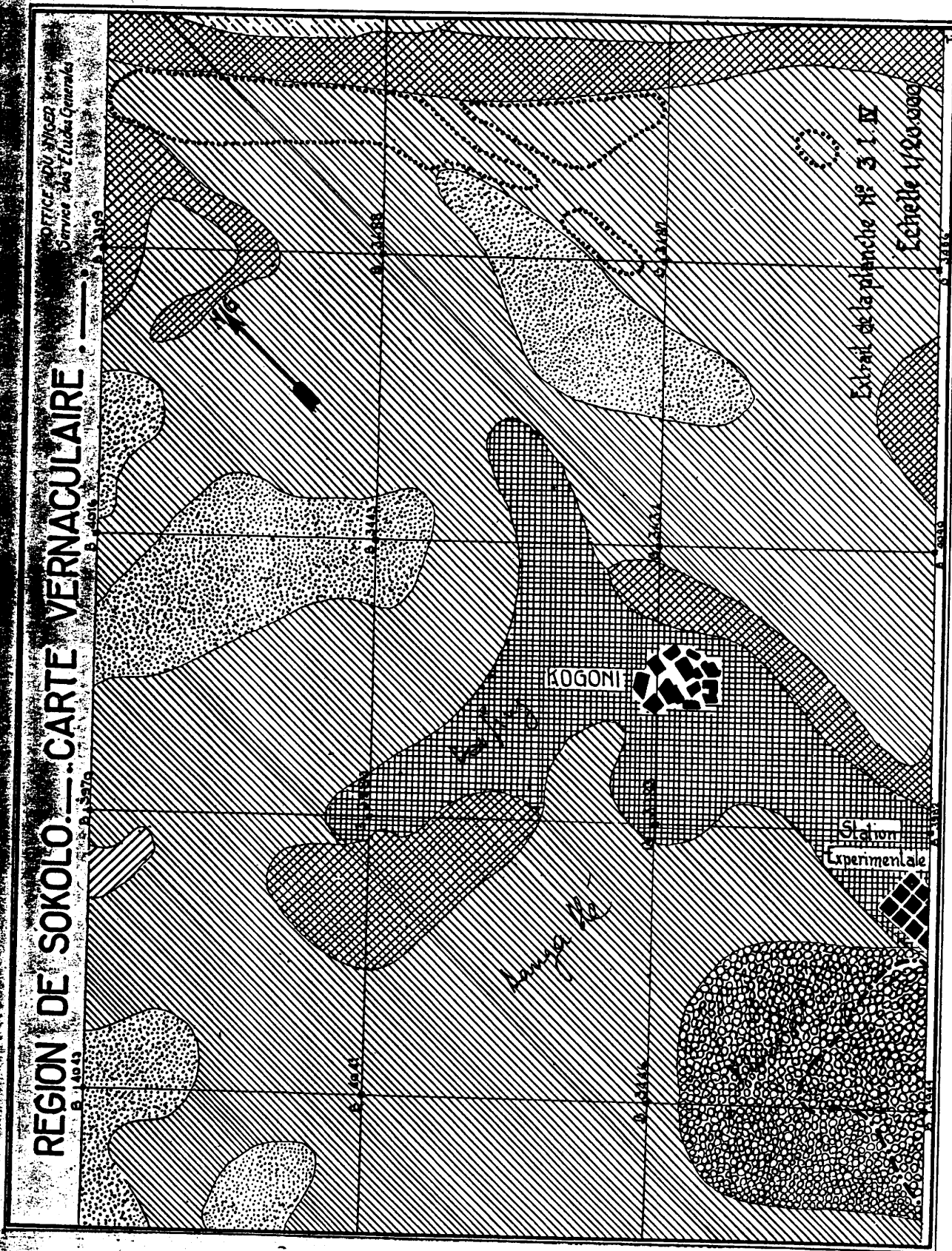
REGION DE SOKOLO. — CARTE VERNACULAIRE

OFFICE INDIGEN
Service des Etudes Generales

B. 1015

B. 1015

B. 1015



Extrait de la planche N° 3 I IV

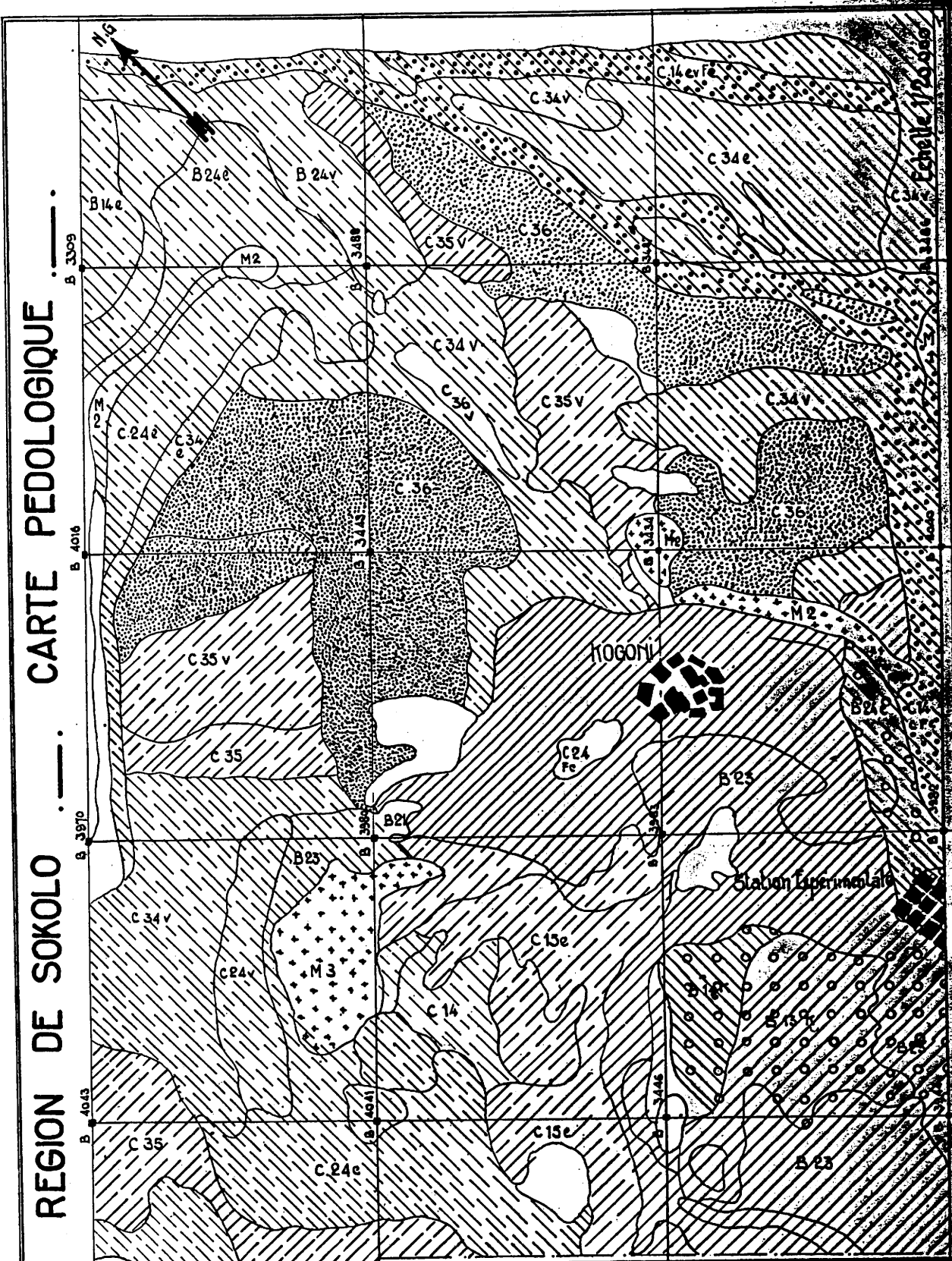
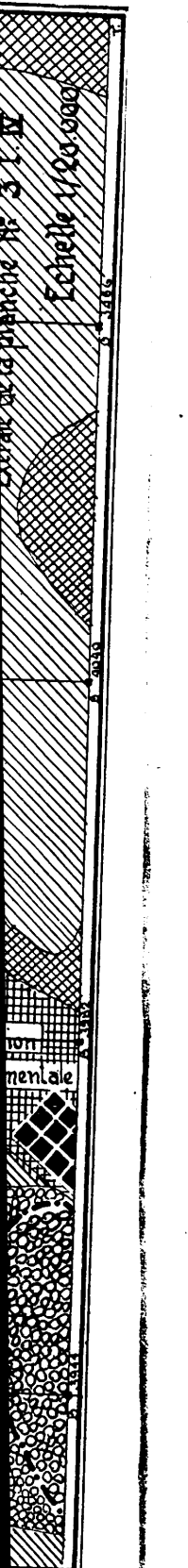
Echelle 1/50,000

0 2500

0 2500

0 2500

0 2500





Balanites acgyptica. Zone de transhumance des troupeaux.

de la perméabilité des sols au laboratoire. On remplit de grands cylindres de verre, de 7 cm de diamètre avec la terre tamisée, on fait percoler de l'eau sous charge constante. Cette dernière méthode est utilisée couramment au laboratoire d'étude des sols saturés de Riverside (Californie), c'est le meilleur test de structure actuellement connu.

Pour compléter ces déterminations, nous avons effectué l'analyse des agrégats grossiers, des mesures de porosité au laboratoire et sur le sol en place, et des mesures de perméabilité sur le terrain.

Nous reviendrons plus loin sur l'utilisation et l'interprétation de ces méthodes.

RÉSULTATS OBTENUS

Parmi les nombreuses analyses qui ont été effectuées, nous en présentons quelques-unes dans les tableaux ci-joint.

Table with multiple columns and rows, containing chemical analysis data for various soil samples. Columns include sample numbers (e.g., 15, 14, 23, 5), soil types (e.g., Bot. Mécina, Bot. Ang. Mécina), and various chemical parameters (e.g., Matière organique, Séquioxides, Eléments minéraux).

vant à l'interprétation des divers essais d'engrais entrepris dans les stations d'expérimentation de l'Office du Niger.

Inventaire aussi complet que possible des propriétés physiques et chimiques des différents types de sol. Cette étude comprend l'analyse des matières organiques, des éléments minéraux, et des éléments échangeables, en liaison avec la détermination des propriétés physiques des sols.

Les résultats obtenus permettent de juger d'une façon comparative la valeur culturale des différents types de sol, d'autre part ils servent de point de départ pour l'étude de l'évolution des sols dans le temps, et en fonction des différents systèmes culturaux adoptés ; enfin ils guident l'expérimentateur dans le choix de ses essais de fertilisation.

MÉTHODES D'ÉTUDE

L'analyse chimique des sols et des végétaux a été effectuée suivant les méthodes classiques des stations agronomiques françaises.

L'analyse physique, nous entendons par là l'étude de toutes les propriétés physiques du sol, a nécessité la mise au point de plusieurs méthodes.

Nous avons utilisé un certain nombre de tests de comportement physique des terres vis-à-vis de traitements par l'eau bien déterminés.

Parmi ces tests, les plus caractéristiques, sont ceux, où le sol est traité par l'eau en milieu concentré. Cette notion a été mise en lumière par S. HÉVIX. Ce sont : principalement, l'étude du phénomène de dispersion du sol en milieu concentré (eau = 1/15), et l'étude

L'AGRONOMIE TROPICALE

I. — Propriétés physiques des sols

1° Texture des sols

L'analyse mécanique montre la grande diversité de composition granulométrique des sols. On note d'importantes variations, non seulement entre les divers types de sol, mais entre des parcelles très voisines à l'intérieur d'un même type vermiculaire.

Cette variabilité considérable complique singulièrement le travail du chercheur surtout dans le domaine de l'expérimentation aux champs.

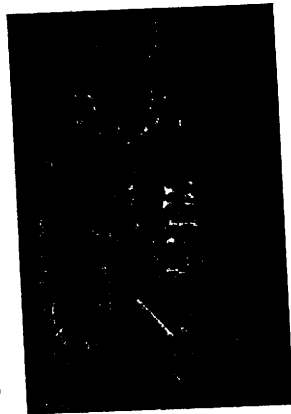
Nous donnons ici quelques exemples :

Table with 2 columns: Soil type (Danga, Dian, Bot Ang) and Argile % (5% to 60%).

Il n'est guère possible, sauf dans les cas extrêmes, de tracer les cartes granulométriques précises, car la répartition des éléments est très désordonnée, et ce travail nécessiterait un nombre infini d'analyses.

Malgré cette variabilité de la texture, chaque type de sol présente un certain nombre de caractères bien distincts permettant de le classer du point de vue pédologique. Si nous prenons le type Danga blé, les terrains des propriétés morphologiques voisines; ils sont de couleur ocre rouge, ce qui les distingue des Danga qui sont beige grisâtre, et ont une structure friable en surface. Dans un cas cette structure est due à la proportion importante de sable grossier, dans l'autre cas des éléments fins sont soudés entre eux par des oxydes de fer donnant des agrégats grossiers, qui jouent un rôle analogue au sable. Ces deux sols présentent d'autres ressemblances, ils ont en particulier un pH acide pH ≈ 5,5, par contre, ils n'ont pas les mêmes propriétés du point de vue de la rétention pour l'eau.

Acacia tortilis sur sol Danga blé.



Comme nous l'avons déjà fait remarquer, la classification vermiculaire est plutôt une classification pédologique, qui nous renseigne essentiellement sur le mode de formation et d'évolution du sol; du point de vue strictement agronomique nous avons dû faire quelques subdivisions complémentaires en tenant compte de la texture; c'est ainsi que nous distinguons, parmi les Danga, les types sableux, moyen, argileux, qui n'ont tout de même pas les mêmes propriétés en ce qui concerne le travail du sol et l'irrigation.

L'observation du tableau d'analyses montre en outre que dans tous les types de sol, la teneur en sable fin est supérieure à la teneur en sable grossier.

Une étude granulométrique très détaillée montre que la presque totalité du sable fin passe au tamis 100 (D = 0,08); cette finesse des éléments confère aux sols secs une très forte cohésion même lorsqu'ils sont relativement pauvres en argile, comme c'est le cas des Danga.

L'étude au microscope de ces sables montre qu'il s'agit d'éléments quartzeux plus ou moins purs d'oxydes de fer, mélangés à de petites pisolithes ferrugineuses. Dans les différentes fractions obtenues dans les divers tamis on observe les mêmes catégories de fractions. La fraction grossière, extraite d'un Sano ou d'un Dian du Kouroumay, est identique au sable fin provenant du lit du Niger à Ségou, il en est de même pour les fractions plus fines qui contiennent les mêmes catégories de grains. Ces observations démontrent l'origine fluviale de ces sables bien que les sables plus fins aient subi fréquemment des remaniements éoliens. Il faut donc bien que les sables les plus fins aient subi fréquemment des remaniements éoliens. Il faut donc bien que les sables les plus fins aient subi fréquemment des remaniements éoliens.

Il faut donc bien que les sables les plus fins aient subi fréquemment des remaniements éoliens. Il faut donc bien que les sables les plus fins aient subi fréquemment des remaniements éoliens.

L'AGRONOMIE TROPICALE

Large table with multiple columns: Type de sol et localité, Producteur en cm, Argile > 0,2 mm %, etc. Rows include Sano, Kala, Danga sableux, Kala, Danga moyen, Kala, Danga blé, Kouroumay, Dian, Kouroumay, Mouri, Macina, Bot Ang, Macina, Mouri, Macina.

LES SOLS DU DELTA CENTRAL NIÉRIEN. CLASSIFICATION D'APRÈS LA NOMENCLATURE VERMICULAIRE

Analyse physique

ce fait par la différence d'âge de ces alluvions, les dépôts du Delta vif étant vraisemblablement plus récents (comparer les sols du Macina, avec ceux du Kala et du Kouroumari).

La teneur en argile augmente en passant des terres hautes, Séno et Danga, aux terres basses, Dian, Moursi, Boi fang. Cette argile est généralement de type kaolinique, d'après des analyses thermiques différentielles effectuées par H. EHNRART.

D'après H. EHNRART, il existerait également une certaine proportion de gel de silice dans les éléments colloïdaux. Cet excès de silice libre provoque peut-être, dans certains cas, l'apparition d'illite de néoformation, ce qui expliquerait la capacité d'échange de base relativement élevée de ces sols.

Dans la plupart des sols la teneur en argile augmente en profondeur.

2° Structure des sols

La structure physique est, avec la couleur, le facteur essentiel de la classification des sols. On distingue sur le terrain des sols friables et des sols compacts, des sols plus ou moins crevassés, des sols à effondrements, etc.

Les sols Danga, Dian et Boi, sont des sols compacts; ils peuvent être durs comme la pierre en saison sèche, par contre ils sont battants en saison des pluies ou sous irrigation, ils sont généralement fort peu perméables.

Les sols Séno, Danga blé, Moursi, Boi fang, sont des sols généralement friables en surface, ils sont faciles à travailler, même en saison sèche, et relativement perméables.

Nous avons cherché à caractériser numériquement la stabilité structurale de ces divers types de sol.

Les éléments essentiels de la structure sont d'une part, la granulométrie réelle du sol (dimension des agglomérats stables), d'autre part, la plus ou moins grande faculté de dispersion des ciments colloïdaux.

Les déterminations effectuées sont en conséquence:

- L'analyse des agrégats grossiers ($D > 0,2 \text{ mm}$).
- La vitesse de filtration au laboratoire et sa variation en fonction du temps.

La vitesse de filtration à l'origine (après une heure de percolation) est fonction non de dimensions diverses, éléments en suspension; elle caractérise l'état structural du sol.

La variation de la vitesse de filtration en fonction du temps mesure la stabilité de la structure - destruction des agrégats, dispersion des colloïdes, colmatage des pores du sol par les éléments en suspension.

- La mesure de la dispersion des colloïdes en milieu concentré.

Ces méthodes appliquées systématiquement aux différents types de sol donnent les résultats suivants:

a) DANS LES HORIZONS SUPÉRIEURS

1° Sols Séno. Ces sols sont très pauvres en argile; qu'ils soient ou non dispersés, la teneur globale des éléments en suspension est très faible, d'autre part ils sont riches en sable grossier et les éléments de sable fin sont plus ou moins soudés par des oxydes de fer. La teneur en agrégats grossiers est élevée.

Ces sols sont très perméables, leur structure est très stable.

2° Sols Danga. Ces sols sont encore plus riches en argile que les sols Séno, mais la teneur en éléments dispersés est plus élevée. Ces sols sont également plus perméables que les sols Séno.

durs en saison sèche et battants en saison des pluies. Leur perméabilité reste moyenne dans les types sableux et moyen, mais devient très faible dans le type argileux.

Les sols Danga fang ont des propriétés sensiblement analogues aux Danga, ils sont moins compacts en surface.

3° Sols Dian et Boi. Dans ces sols, la teneur en sable grossier est très faible et la teneur en argile élevée, d'autre part le coefficient de dispersion est également élevé, la vitesse de filtration diminue rapidement en fonction du temps et tend à s'annuler.

Ces sols sont également très durs en saison sèche et battants en saison des pluies ou sous irrigation.

4° Sols Danga Mâ et Moursi. Ces sols se caractérisent par un coefficient de dispersion très faible sinon nul. La vitesse de filtration varie peu en fonction du temps, elle est plus ou moins élevée suivant la teneur en agrégats grossiers. La perméabilité moyenne est relativement élevée.

Ces sols restent très friables en saison sèche.

5° Sols Boi fang. Ces sols peuvent être, suivant les cas, flocculés ou légèrement dispersés, de toutes façons, leur teneur en agrégats grossiers est élevée et ces agrégats sont très stables.

Leur perméabilité est élevée et varie peu en fonction du temps, ces sols sont friables en saison sèche.

b) DANS LES HORIZONS PROFONDS

1° Dans les sols Danga, Boi et Boi fang, la stabilité structurale et la perméabilité augmentent en profondeur.

2° Dans les sols Dian et Moursi, la stabilité structurale et la perméabilité diminuent en profondeur.

Porosité des sols, rétention pour l'eau

Toutes les propriétés physiques de sols (porosité, rétention pour l'eau, etc.), varient en fonction de leur texture et de leur structure.

La porosité du sol saturé d'eau dépend de la teneur en argile et de la structure, la porosité du sol sec (porosité des mottes), dépend essentiellement de la structure, la différence entre ces deux grandeurs conditionne le phénomène de retrait.

Les sols Dian, Moursi et Boi sont largement crevassés après irrigation et dessiccation.

Les sols Boi fang, Danga fang, Danga blé, Séno, ne sont généralement pas crevassés.

La rétention pour l'eau est essentiellement fonction de la teneur en éléments fins dans le sol (argile, limon, colloïdes humiques).

Relations entre les mesures de laboratoire et les propriétés physiques réelles du sol en place

Les mesures de porosité effectuées sur le sol en place, après irrigation, donnent des résultats extrêmement voisins de ceux obtenus au laboratoire après quinze heures de percolation. Les mesures de perméabilité (méthode de Porchet) dans les sols non crevassés (Danga) donnent des résultats également très voisins de la perméabilité moyenne déterminée au laboratoire.

Dans les sols crevassés l'eau pénètre rapidement dans les fentes de retrait, puis, lorsque le sol est saturé et que les fentes se sont refermées, la perméabilité acquiert une valeur très voisine de celle obtenue au laboratoire (Dian).

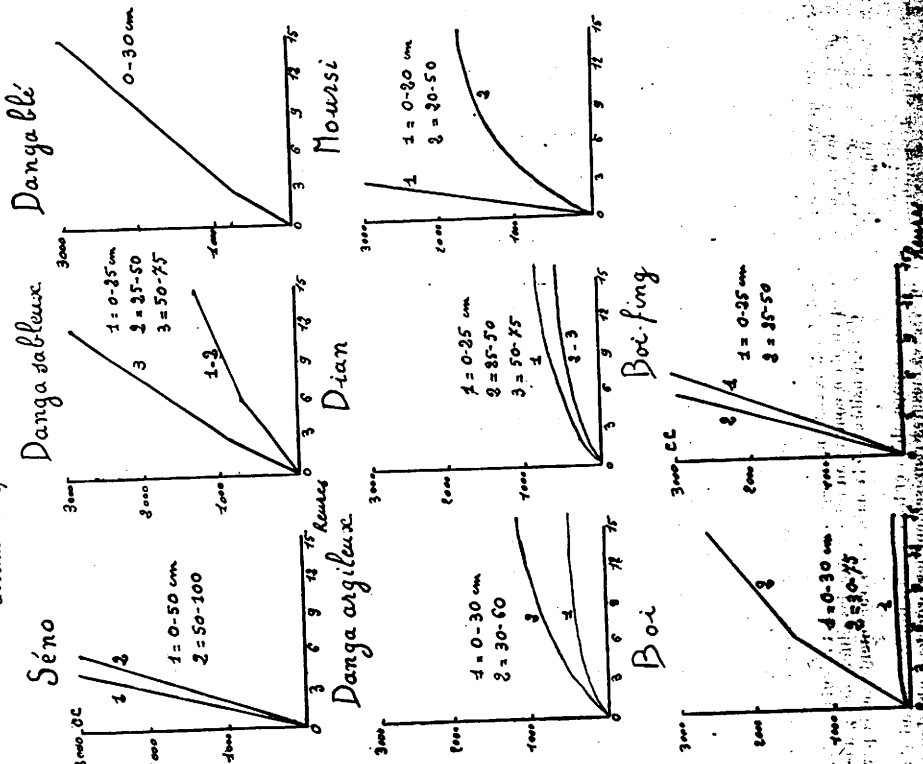
Les valeurs que nous comparons dans les deux cas sont en quelque sorte des valeurs limites, elles ne peuvent être atteintes que dans le sol en place comme au laboratoire, les différents paramètres sont variables et dépendent de l'intensité et de la nature des traitements subis par le sol (sable fin, pluies, irrigations).

Les mesures effectuées au laboratoire, ces mesures représentent les propriétés physiques des sols dans des conditions idéales, ces mesures comparables entre elles, les différents résultats obtenus dans des conditions idéales, ces mesures représentent les propriétés physiques des sols.

Il est intéressant de noter que les mesures effectuées sur le terrain permettent de déterminer à un moment donné les propriétés physiques des sols.

Courbes de perméabilité dans divers types de sol

abscisse : temps en heures - ordonnée : eau évaporée en cc.



siques réelles du sol en place, mais les résultats ne sont plus comparables car ils dépendent essentiellement des traitements subis par le sol.

Pour juger la fertilité relative des différents types de sol, leur évolution en fonction du temps et l'action des amendements sur la structure, on emploie les mesures de laboratoire ; pour déterminer, dans chaque cas particulier, l'action des propriétés physiques sur le développement des végétaux, on utilise les méthodes de mesure sur le terrain.

3° Relations entre les propriétés physiques des sols et leur fertilité

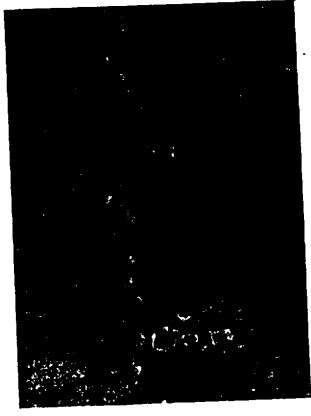
La richesse chimique des sols étant, comme nous le verrons, généralement correcte, sinon bonne étant donnée la profondeur des sols, ce sont les propriétés physiques qui sont, dans la plupart des cas, le facteur limitant des récoltes. Il nous faut cependant faire une distinction entre les sols de rizières et les terres à coton.

En rizière une bonne structure physique permet vraisemblablement un meilleur développement racinaire, d'autre part, elle permet un meilleur travail du sol en saison sèche. Au moment de la récolte les terres à bonne structure se ressuent mieux, les agglomérats conservent une certaine cohésion permettant aux chaumes de rester dressés (Boi fong). Dans les terres battantes, le ressuyage est lent, le support des chaumes reste fluide et l'on observe fréquemment une verse très néfaste pour la récolte mécanique.

En culture cotonnière la structure du sol agit d'une façon beaucoup plus directe sur les rendements. Le ressuyage des terres évitant tout excès d'eau nuisible au cotonnier et le maintien de la porosité acquise par le travail du sol sont les facteurs essentiels de la production. Sur une moyenne de plusieurs années, on observe, dans les terres Mousi de Founabong (Secteur de Niono-Kala), à structure relativement stable, des rendements plus élevés et aussi plus réguliers que dans les terres Danga et Dian de la même région.

Dans les terres Danga et Dian les rendements peuvent être élevés, mais ils sont très variables suivant les années, en raison des variations de la pluviométrie et aussi des aléas de l'irrigation. Sur les terres à structure peu stable il suffit d'une forte pluie ou d'une irrigation trop copieuse, pour créer en surface une couche de terre à structure dispersée, absolument imperméable et asphyxiante. Dans les bas-fonds, où l'eau est toujours en excès, on observe des cotonniers souffreteux ; sur les bosses, où l'eau ne séjourne pas, les plants sont très vigoureux. Dans les sols Danga, lorsque la structure a été ainsi détériorée, il ne se produit aucune régénération naturelle par dessiccation et la récolte est souvent compromise.

Dans les sols Dian par contre, l'assechement par évaporation provoque l'apparition de fentes de retrait, ces fentes permettent dans une certaine mesure l'aération du sol en profondeur, ainsi que la pénétration des racines et de l'eau. D'autre part, en raison de leur teneur en argile, qui assure la cohésion des agglomérats, ces terres résistent mieux que les Danga à l'action néfaste de l'humidité, ou de l'irrigation.



Sol Boi fong (Macina) avec végétation dense de Graminées.

4° Conséquences pratiques de ces observations.

Pour maintenir les terres en bon état physique, on utilise les procédés suivants. D'usage aussi parfait que possible afin d'éviter la stagnation de l'eau dans les bas-fonds, drainage superficiel assurant l'évacuation de l'eau en excès dans création d'un système de drainage parallèle au système d'irrigation.

3° Irrigation sur longs billons pendants, facilitant l'écoulement des eaux et utilisation de faibles modules avec pénétration lente et progressive de l'eau dans le sol évitant la submersion brutale, qui provoque l'éclatement des agglomérats terreux.

4° Utilisation des doses optimum d'irrigation, correspondant à la capacité d'absorption des sols : différence entre l'humidité équivalente et le point de flétrissement.

On utilise des doses de 500 à 600 m³/ha dans les Danga et de 800 à 1.000 m³ dans les Dian. On détermine expérimentalement les espacements optimums entre les irrigations, de dix à quinze jours suivant les saisons.

5° Binages en cours de végétation, particulièrement dans les Danga et réfection des billons, afin de redonner au sol une structure poreuse en surface.

6° Sous solages au moment des labours, afin d'augmenter la porosité en profondeur, permettant un meilleur ressuyage des terres et une meilleure pénétration des racines.

7° Amélioration de la stabilité structurale des terres par l'apport d'amendements organiques et minéraux et par des façons culturales appropriées : labours à une humidité comprise entre la limite inférieure de plasticité et le point d'adhésivité.

II. — Analyse chimique des terres

Nous envisagerons l'analyse chimique sous deux aspects différents :

- A. Interprétation physicochimique de l'état structural des sols.
- B. Réserves en éléments fertilisants et coefficients d'utilisation.

A. — Interprétation physicochimique de l'état structural des sols

1° La matière organique des sols

GÉNÉRALITÉS

La matière organique est un des facteurs essentiels de la stabilité structurale des terres ; les études anciennes ou récentes montrent, toutes les autres conditions étant par ailleurs équivalentes, que la stabilité structurale croît généralement avec le taux global de matières organiques dans le sol. En ce qui concerne le mode d'action de la matière organique, le problème est encore très discuté, mais on admet généralement une double action, à savoir : une action physicochimique et une action biologique.

Du point de vue physicochimique, la matière organique évoluée ou humus se fixe sur les éléments minéraux du sol ; elle cimente entre eux ces éléments et provoque la formation d'aggrégats stables. D'après de nombreux auteurs la fixation aurait lieu par intermédiaire de l'ion calcium.

Du point de vue biologique, on pense que les micro-organismes, qui dégradent la matière organique et la transforment en humus, jouent un rôle essentiel dans la fixation de l'humus sur les éléments minéraux et la constitution des agrégats.

MÉTHODES D'ANALYSE

Les déterminations analytiques sont les suivantes :

- a) dosage du carbone organique,
- b) dosage de l'azote total.

La teneur en matière organique totale est proportionnelle à la teneur en carbone. Cette matière organique est d'autant plus élevée que la teneur en azote est plus élevée.

de 12 à 15 indique une matière organique peu transformée. Un C/N inférieur à 10 indique une matière organique en grande partie humifiée.

RÉSULTATS OBTENUS

D'une manière générale les sols du Delta mort (Kala, Kouroumary) ont des teneurs en matières organiques peu élevées, ces teneurs varient de 0,4 % dans les sols les plus sableux (Séno, Danga sableux) à 1 % environ dans les sols les plus argileux (Dian et Moursi).

Ce sont également les sols les plus riches en matières organiques, qui présentent le rapport C/N le plus élevé, indiquant une matière organique peu transformée. Il faut donc penser que, dans les sols argileux très avares en eau, les phénomènes biologiques sont moins intenses que dans les sols sableux et que la matière organique s'y dégrade plus lentement.

Dans les sols du Delta vif, les sols Boi fong en particulier, recouverts d'une végétation de Graminées denses, les teneurs en matières organiques sont élevées (2 % et plus) ; dans les sols Moursi recouverts d'épineux, les teneurs en matières organiques sont généralement moins élevées.

ACTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE SUR LA STRUCTURE

A part les sols Boi fong, où la teneur élevée en matières organiques est certainement le facteur essentiel de leur bonne structure, dans les autres types de sol, particulièrement dans ceux du Delta mort, les variations de la stabilité structurale ne correspondent généralement pas à des variations concomitantes du taux de matières organiques.

Comparons par exemple les sols Danga argileux et Danga blé, d'une part, Dian et Moursi, d'autre part. Les sols Danga blé et Moursi à structure stable ont respectivement des teneurs en matières organiques inférieures à celles des sols Danga argileux et Dian à structure instable. La teneur en matière organique de ces divers sols étant faible, son action se trouve masquée par les autres facteurs de la structure. Pour améliorer la structure physique des sols Danga et Dian, il faudrait accroître leur taux de matières organiques jusqu'à une valeur voisine de 2 %.

2° Autres facteurs de la structure

GÉNÉRALITÉS

D'après S. HEVIN, la structure du sol est d'autant plus stable que la cohésion des agrégats est plus élevée et que l'affinité du sol pour l'eau est plus faible. La cohésion des agrégats augmente avec la teneur en argile, elle est plus élevée dans les Dian et dans les Moursi que dans les Danga. Elle augmente également avec la teneur en oxyde de fer, qui cimente fortement les particules ter-

reuses. L'affinité du sol pour l'eau dépend essentiellement de la nature des cations fixés sur l'argile (éléments échangeables).

Les ions faiblement dissociés, Ca et Fe, ont des propriétés flocculantes (affinité faible) ; l'ion Na, fortement dissocié, a des propriétés dispersantes (affinité élevée).

Le coefficient de dispersion, en milieu concentré, est d'autant plus faible que la teneur en argile est plus élevée, que le rapport Na/Ca est plus faible et que la teneur en fer libre est plus élevée.

ANALYSE DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Le point de vue analytique nous avons dosé les différents cations échangeables : Ca, K, Mg et Na, ainsi que le fer total et le fer libre.

D'après les résultats obtenus, on peut interpréter de la façon suivante les propriétés structurales des différents types de sols.

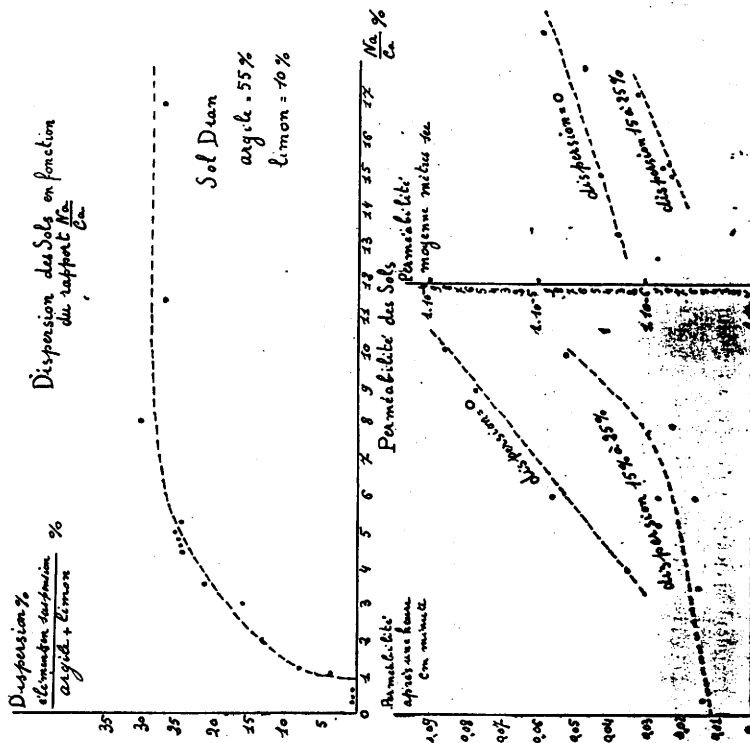
Les sols à mauvaise structure, tels que les Dian et dans l'ordre supérieur, les Moursi, ont un rapport Na/Ca élevé, ce qui indique une grande teneur en ions Na et une augmentation de la teneur en fer libre.

de la teneur en argile, une diminution du rapport Na/Ca ou une augmentation de la teneur en fer libre.

Dans le sol Danga blé qui n'est autre que la partie inférieure d'un sol Danga amenée en surface par l'érosion, la stabilité de la structure est due à sa teneur plus élevée en argile et en fer libre.

Dans les sols Dian la cohésion des agrégats est plus élevée que dans les Danga, mais le coefficient de dispersion est élevé en raison de la valeur du rapport Na/Ca. La dispersion augmente en profondeur avec la valeur du rapport Na/Ca.

Sur le sol Dian nous avons étudié les variations du coefficient de dispersion en milieu concentré en fonction de la valeur du rapport Na/Ca; la dispersion apparaît dès que le rapport dépasse la valeur de 1%; elle croît d'abord rapidement puis tend vers une limite correspondant à la concentration maximum des éléments en suspension. Lorsque la concentration croît, les éléments en suspension ont tendance à s'accrocher et à flocculer. Voir graphique ci-joint.



Dans les Moursi l'horizon supérieur est bien flocculé en raison de la faible valeur du rapport Na/Ca, la cohésion des agrégats est élevée. Dans l'horizon inférieur la valeur plus élevée du rapport Na/Ca fait apparaître le phénomène de dispersion.

Les sols de type Boi ont des propriétés un peu analogues aux Danga, ils sont fortement dispersés en surface en raison de la valeur élevée du rapport Na/Ca et de la teneur relativement faible en argile.

En profondeur ils ont une structure stable en raison de la haute teneur en argile et en fer libre. Les sols Boi n'ing possèdent tous les éléments d'une bonne structure en surface comme en profondeur, ils sont riches en argile et en fer libre, leur rapport Na/Ca est généralement faible. Ils sont de plus, très humifères en surface.

Notons cependant que dans le sol Danga fmg, la teneur élevée en matière organique n'empêche pas la dispersion du sol, due à la faible teneur en argile et à la valeur élevée du rapport Na/Ca. La matière organique est un élément important de la structure du sol, mais, comme nous venons de le voir, il n'est pas le seul.

3° Conséquences pratiques de ces recherches

Du point de vue pratique, l'amélioration de la stabilité structurale peut être obtenue de la façon suivante :

1° Enrichissement du sol en matières organiques par l'emploi d'engrais vert. Le problème de l'amendement humique des sols est assez complexe et de nombreuses recherches sont actuellement en cours.

2° Action sur les autres facteurs de la structure.

Il est difficile d'agir sur la teneur en argile des sols, bien que dans les sols Danga et Boi, on pourrait peut-être essayer de mélanger avec la surface un peu de la terre de profondeur.

En ce qui concerne les éléments minéraux, le fer trivalent a une action très efficace sur la structure mais il ne peut être employé pratiquement.

On peut enfin abaisser la valeur du rapport Na/Ca soit en augmentant la teneur en calcium dans le sol par le chaulage, soit en éliminant le sodium par drainage; les eaux d'irrigation sont en effet très pauvres en cet élément, de 1 à 3 milligrammes par litre, et le sodium est l'élément le plus mobile dans le sol.

Dans les sols perméables et en rizière, on note fréquemment la disparition du sodium dans les horizons supérieurs des sols, Molodo.

L'amélioration du drainage en culture cotonnière peut avoir des conséquences favorables sur la structure.

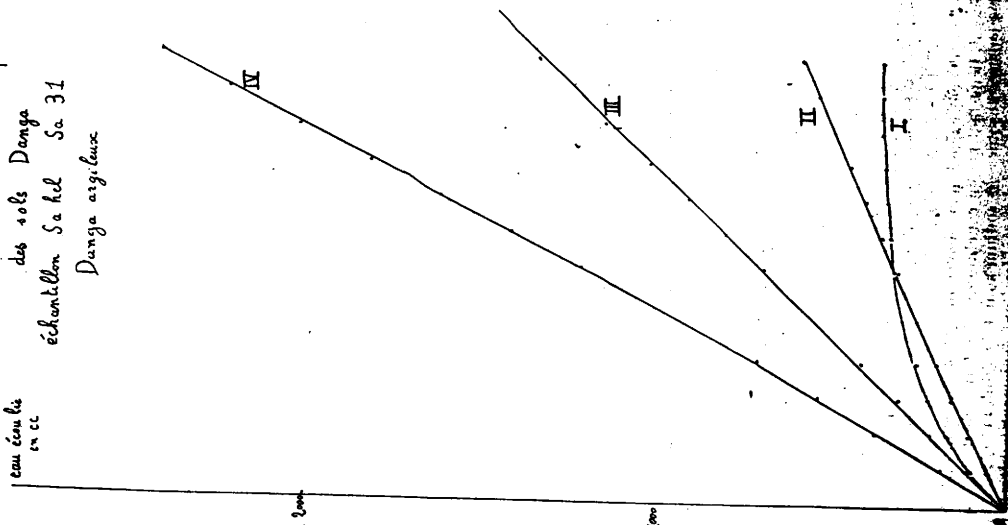
Un chaulage modéré permettra, outre la correction du pH généralement acide, une amélioration des propriétés structurales des sols.

ACTION DE LA CHAUX SUR LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES SOLS (DANGA ARGILEUX)

Traitements	Teneurs			Chaux 1 %
	Chaux 0,25 %	Chaux 0,50 %	Chaux 1 %	
Stabilité après une heure en mm	0,0215	0,026	0,039	0,039
Stabilité après trois heures	0,043	0,026	0,039	0,039
Coefficient de dispersion en millimètre %	36	38	39	39
Teneur en éléments > 0,3 millimètre %	30,4	38	44	44
Teneur en éléments > 0,3 millimètre %	37	39	44	44
Prélevement en kg; molette D = 3 cm.	1,900	0,900	0,900	0,900

Dans le courant de cet exposé nous avons insisté sur l'action néfaste de l'ion sodium sur la structure du sol. Il ne faut pas en conclure que les terres du Delta nigérien sont toutes, sur les teneurs abominables en sodium sont très faibles et généralement inférieures à 1% mais les teneurs en calcium échangeables (tant également faibles la proportion de sodium sur le rapport au calcium peut être élevée).

Action de la chaux sur la perméabilité
des sols Danga
échantillon Sa hel Sa 31
Danga argileux



légende

- no I Témoim
- II Ca.O 0,25%
- III Ca.O 0,50%
- IV Ca.O 1%

B. — Réserves en éléments fertilisants dans le sol. Coefficients d'utilisation

GÉNÉRALITÉS

Les problèmes de la fertilité minérale des sols et de l'alimentation des plantes ont fait l'objet de nombreux travaux. Divers essais de fertilisation ont été effectués dans les stations d'expérimentation sous la direction de R. MERGE ; des analyses de sol et de végétaux réalisées au laboratoire. Les résultats de ces travaux ayant été publiés, nous nous contenterons d'exposer rapidement les principales conclusions.

Les résultats les plus significatifs ont été obtenus en culture rizicole à la station expérimentale de Kayo dirigée par VINCENT. D'une manière générale, les apports d'azote sous forme ammoniacale ont donné de gros excédents de rendement, par contre on n'a pas encore pu mettre en évidence une action efficace de l'acide phosphorique et de la potasse.

Les résultats de ces essais, complétés par l'analyse des végétaux grâce au diagnostic foliaire, nous ont permis dans une certaine mesure d'interpréter les résultats de l'analyse chimique des terres.

En culture cotonnière en raison de l'action primordiale des propriétés physiques des sols sur les rendements, les essais d'engrais n'ont pas toujours pu être interprétés. L'azote semble néanmoins efficace ; en ce qui concerne les autres éléments les résultats restent discutables.



Débrèvement au bull-dozer.
Sol Dian avec *Pterocarpus lucasii* (Molodo).

1° L'azote dans les sols
a) Culture rizicole

À part les sols Boi ling, dont la teneur en azote peut atteindre 1 ‰, dans les autres types de sol, les taux d'azote varient, entre 0,2 et 0,6 ‰. Sous réserve d'une bonne préparation du sol, l'azote est, en culture rizicole, le facteur limitant des récoltes, le calcul des exportations dans les sols sans engrais nous a permis de déterminer le coefficient d'utilisation de l'azote.

Suivant le sol et les variétés les teneurs en azote dans la paille et le grain sont les suivantes :

paille.....	0,3 % à 0,5 % d'azote
paddy.....	0,9 % à 1,1 % d'azote

La variété Bentouhala en particulier est plus exigeante que la variété Sikasso. L'exportation moyenne (paille + grain) varie entre 1,5 et 2 kg d'azote par quintal de paddy. Dans de bonnes conditions, une terre contenant 0,6 ‰ d'azote produit 30 quintaux de paddy à l'hectare ce qui fait avec la paille, une exportation d'environ 60 kg d'azote à l'hectare. La réserve totale en azote dans la terre est de 2.400 kg (4.000 tonnes de terre à l'hectare). Le coefficient d'utilisation est de 2,5 %.

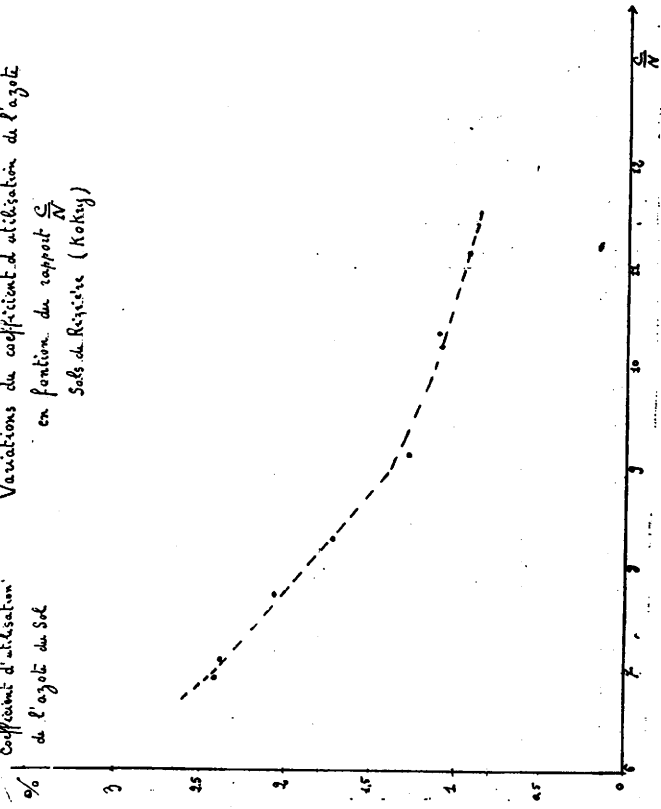
Nous avons vu que la terre et les récoltes, dans différents types de sol présentant des teneurs en azote différentes, ont des rendements différents. Suivant la valeur du rapport C/N, le coefficient d'utilisation de l'azote varie également. Le coefficient d'utilisation de l'azote du sol décroît lorsque le point de vue biologique, on sait que le phénomène d'immobilisation de l'azote est lié à la valeur du rapport C/N. Les rendements obtenus avec les engrais azotés ont généralement un rapport C/N élevé, les rendements obtenus avec les engrais azotés ont généralement un rapport C/N plus bas. Les rendements obtenus avec les engrais azotés ont généralement un rapport C/N plus bas. Les rendements obtenus avec les engrais azotés ont généralement un rapport C/N plus bas.

L'AGRONOMIE TROPICALE

Evolution de l'azote dans les rizières

Chaque année, les récoltes exportent une certaine quantité d'azote; par contre les résidus des chaumes et des racines compensent les pertes de carbone, cet élément n'évolue que très lentement dans le sol. On observe, après quelques années de culture, une augmentation de la valeur du rapport C/N d'après des analyses effectuées dans les secteurs de Kokry et de Molodo. L'augmentation du rapport C/N est vraisemblablement un des facteurs provoquant la diminution des rendements.

Variations du coefficient d'utilisation de l'azote en fonction du rapport C/N des sols riziviers (Kokry)



Si le sol est laissé en jachère, l'excès de carbone provoque le développement des microorganismes fixateurs d'azote atmosphérique, le rapport C/N s'abaisse.

Dans notre tableau d'analyse nous comparons deux sols de type Bol sing, l'un cultivé riz sur riz depuis plusieurs années (C/N = 15,5), l'autre laissé en jachère (C/N = 10,2).

Les teneurs en matières organiques sont, dans les deux cas sensiblement identiques. Ces teneurs en matières organiques sont, après dix années de culture, équivalentes à celles des sols vierges de la région (carbone 1,9%).

Du point de vue agricole, on peut conserver le fertilité des sols de rizière, si l'on apporte les pertes d'azote par l'apport d'engrais d'azote ou de sulfate d'ammoniaque. Si l'on veut accroître le taux de matière organique du sol, on peut, tout d'abord, augmenter la quantité de paille laissée dans le champ. Les matières organiques sont, par conséquent, les exportations des récoltes. L'augmentation du rapport C/N favorise l'augmentation du rapport C/N. On peut également augmenter le rapport C/N en laissant le sol en jachère.

L'AGRONOMIE TROPICALE

sol en jachère nue. Une culture de Légumineuse, comme la crotalaire, peut améliorer le niveau humique du sol sans augmenter la valeur du rapport C/N.

En culture colonnière

Il semble bien, en culture colonnière, que le coefficient d'utilisation annuel de l'azote varie également entre 1 et 2%; on observe aussi un accroissement du rapport C/N avec le temps; par contre les résidus des récoltes semblent moins abondants qu'en rizière.

L'action de l'azote sur les rendements est ici plus complexe car il faut tenir compte des conditions de la nitrification, d'autre part la quantité de sol explorée par les racines, qui peut être très variable dépend de la profondeur de la couche de sol explorée par les racines, qui peut être très variable suivant la nature physique des terres. En rizière, les plantes croissent dans une sorte de milieu liquide qui atténue considérablement l'hétérogénéité physique des terres.

Les problèmes de l'évolution du carbone et de l'azote dans les sols sont traités ici d'une façon sommaire, ils font l'objet de recherches, qui seront publiées ultérieurement.

L'acide phosphorique

Culture rizicole

L'analyse de l'acide phosphorique dit assimilable (méthode à l'acide citrique à 2%) donne des valeurs extrêmement faibles, comprises entre 0,003‰ et 0,007‰. Le dosage de l'acide phosphorique total par un acide fort (acide nitrique, donne des teneurs comprises entre 0,15 et 0,3‰. Ces chiffres très faibles ont attiré l'attention des agronomes qui en ont déduit un besoin intense des sols en engrais phosphatés.

Or, dans un sol sans engrais phosphaté une récolte de 3,8 tonnes de paddy et de 12 tonnes de paille, exporte 54 kg d'acide phosphorique (teneur en P₂O₅ dans la paille 0,2% dans le paddy 0,7%).

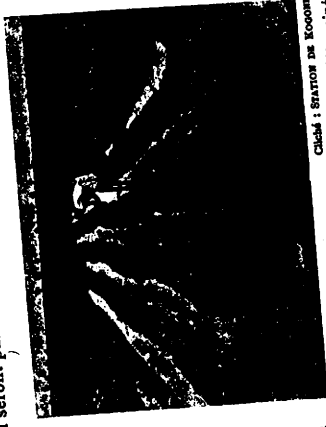
L'apport de 50 kg d'azote fait passer le rendement de 3,8 tonnes à 4,3 tonnes et provoque une exportation supplémentaire de 20 kg d'acide phosphorique à l'hectare, la composition de la paille et du paddy reste invariable.

L'apport de phosphate, seul ou associé à l'azote, ne provoque aucun excédent de rendement de la plante, aux divers stades du développement, montre que l'acide phosphorique de l'engrais, même lorsqu'il s'agit d'un phosphate naturel, est absorbé par la plante en début de végétation (accroissement du taux d'acide phosphorique dans la plante au moment du tallage).

L'apport au sol d'une dose massive de phosphates naturels, 5 tonnes/ha., provoque une forte augmentation de la teneur en acide phosphorique assimilable (soluble dans l'acide citrique à 2%) elle passe de 0,003‰ dans le témoin à 0,17‰ dans les parcelles à phosphate. L'emploi de phosphates solubles, le bicarbonate ou le super, n'a pas sur les rendements une action plus efficace que le phosphate naturel. Ces expériences montrent que l'absence de réaction aux engrais phosphatés est fonction du rapport C/N.

La réserve en acide phosphorique dans le sol, étant de 1,000 à 1,200 kg à l'hectare (sur 25 cm), il faut admettre que chaque année 4% environ de cette réserve passe à l'état assimilable. Ce sont là des notions assez différentes de celles qui sont adoptées en pays tempérés, mais il faut tenir compte de la température et de l'humidité.

La limite probable dans les sols du Delta nigérien doit être, avant tout une mesure d'entretien des sols en engrais phosphatés, les exportations des récoltes, afin d'éviter l'appauvrissement des sols en engrais phosphatés.



CHASSÉ : SYSTEME DE RIGOLE Mode d'irrigation déterminé d'après l'étude des caractéristiques physiques du sol : arrochage sur long sillon de 300 mètres.

Le rapport de 50 kg d'azote fait passer le rendement de 3,8 tonnes à 4,3 tonnes et provoque une exportation supplémentaire de 20 kg d'acide phosphorique à l'hectare, la composition de la paille et du paddy reste invariable.

L'apport de phosphate, seul ou associé à l'azote, ne provoque aucun excédent de rendement de la plante, aux divers stades du développement, montre que l'acide phosphorique de l'engrais, même lorsqu'il s'agit d'un phosphate naturel, est absorbé par la plante en début de végétation (accroissement du taux d'acide phosphorique dans la plante au moment du tallage).

L'apport au sol d'une dose massive de phosphates naturels, 5 tonnes/ha., provoque une forte augmentation de la teneur en acide phosphorique assimilable (soluble dans l'acide citrique à 2%) elle passe de 0,003‰ dans le témoin à 0,17‰ dans les parcelles à phosphate. L'emploi de phosphates solubles, le bicarbonate ou le super, n'a pas sur les rendements une action plus efficace que le phosphate naturel. Ces expériences montrent que l'absence de réaction aux engrais phosphatés est fonction du rapport C/N.

La réserve en acide phosphorique dans le sol, étant de 1,000 à 1,200 kg à l'hectare (sur 25 cm), il faut admettre que chaque année 4% environ de cette réserve passe à l'état assimilable. Ce sont là des notions assez différentes de celles qui sont adoptées en pays tempérés, mais il faut tenir compte de la température et de l'humidité.

La limite probable dans les sols du Delta nigérien doit être, avant tout une mesure d'entretien des sols en engrais phosphatés, les exportations des récoltes, afin d'éviter l'appauvrissement des sols en engrais phosphatés.

L'AGRONOMIE TROPICALE

L'AGRONOMIE TROPICALE

3° Les éléments basiques

e) Culture rizicole

a) Le potassium. — De même que les phosphates, les engrais potassiques ne donnent pas d'augmentation de rendement, même associées à l'azote. Les teneurs en potassium dans la plante sont normales : 0,5 % dans le paddy, 1,5 % dans la paille. L'apport d'engrais potassiques accroît la teneur en potassium dans la plante. Il semble donc que les teneurs en potassium échangeable dans le sol (de 0,15 à 0,3 %) sont suffisantes pour assurer l'alimentation des plantes. Par contre, les exportations étant élevées surtout dans la paille, il est bon de prévoir d'une part le retour des pailles au sol, d'autre part une fumure d'entretien potassique pour éviter l'épuisement des réserves du sol (1).

b) Calcium et magnésium. — Le problème du calcium alimentaire ne se pose généralement pas, les exportations sont assez faibles et des teneurs de 0,5 %_{oo} à 3,5 %_{oo} en calcium échangeable dans le sol sont suffisantes pour assurer les besoins des récoltes.

Le magnésium, à part dans les sols Dian et Moursi, semble assez déficient, nous ne pouvons cependant tirer aucune conclusion de ce fait tant que des essais n'auront pas été entrepris.

Il existe vraisemblablement un rapport optimum entre les divers cations échangeables se plaçant du point de vue des rendements et aussi

LE pH DES SOLS

A part les sols Dian et Moursi, riches en bases échangeables et dont le pH est neutre ou voisin de la neutralité, les autres sols sont plus ou moins acides, le maximum d'acidité s'observe dans les sols Boi fong.

e) Culture rizicole

L'action de cette acidité sur les récoltes nous est peu connue, le riz semble s'en accommoder fort bien et les essais de chauffage, qui ont été entrepris à la station expérimentale de Kayo (Boi), ont donné des résultats plutôt néfastes. Le problème serait peut être à reprendre dans les terres plus acides (Boi fong), en tenant compte des équilibres ioniques, dont nous avons parlé.

2) Culture cotonnière

Le problème de la fumure phosphatée et potassique en culture cotonnière est vraisemblablement, comme dans le cas de la culture rizicole, un problème de restitution des éléments exportés, les rendements obtenus les premières années étant généralement très élevés, et les engrais phosphatés et potassiques ne donnant pas d'augmentation significative de rendement. D'autre part, comme nous l'avons vu (1), les engrais potassiques sont généralement très efficaces, surtout dans les terres plus acides.



Etat physique du sol après submersion d'un sol Dian. Noter le fondissement et le glacage superficiel.

(K, Ca, Mg) qu'il serait utile de déterminer en se plaçant du point de vue des rendements et aussi de la qualité des grains.

peut être mise en évidence que si les conditions physiques du sol sont par ailleurs favorables. Des essais doivent être entrepris dans les milieux homogénéisés et limités en bacs de végétation, cases lysimétriques, etc...

RÉSUMÉ. — Dans l'étude qui précède, nous avons exposé succinctement les principales hypothèses concernant la formation et l'évolution des sols du Delta central nigérien, nous avons donné une description rapide, des principaux types de sol classés d'après la nomenclature vernaculaire de cette région, et la végétation naturelle. Les différents types de sol ont été ensuite étudiés du point de vue de leurs propriétés physiques et chimiques et de leur valeur culturale.

Nous n'avons pas donné aux différentes questions traitées un développement suffisant, le but de cette étude étant avant tout de dresser un tableau d'ensemble sur les sols de l'Office du Niger en groupant les principales conclusions des études partielles, qui ont été effectuées antérieurement et dont certaines ont été publiées.

Si les recherches concernant les propriétés des sols ont atteint un degré assez avancé et permettent de déterminer, du point de vue théorique, les procédés d'amélioration à utiliser ; par contre il reste beaucoup à faire sur le plan expérimental pour mettre au point pratiquement les méthodes de fertilisation en plein champ.

Des recherches sont entreprises dans ce domaine à l'Office du Niger ; espérons que les années qui vont suivre apporteront aux divers problèmes en suspens des solutions satisfaisantes.