

**TRAVAUX
ET DOCUMENTS
DE L'O.R.S.T.O.M.**

**ÉTUDE GÉNÉRALE
DES CONDITIONS
D'UTILISATION
DES SOLS
DE LA CUVETTE TCHADIENNE**



B. DABIN

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CATALOGUE SOMMAIRE des Publications ⁽¹⁾

DIFFUSION - VENTES

Tant pour les abonnements aux revues périodiques que pour l'achat d'ouvrages ou de cartes, il convient d'adresser les commandes impersonnellement à :

Service Central de Documentation de l'O.R.S.T.O.M., 70-74, route d'Aulnay — 93-BONDY.

Les paiements seront effectués par virements ou chèques postaux, au profit de :

Régisseur des Recettes et Dépenses des S.S.C. de l'O.R.S.T.O.M., 70-74, route d'Aulnay, 93-BONDY. — C.C.P. 9152-54 Paris.

Exceptionnellement, achat au comptant possible auprès de l'O.R.S.T.O.M.

Bibliothèque Annexe, 24, rue Bayard — PARIS (8^e).

I. ANNUAIRE HYDROLOGIQUE

Première série de 1949 à 1959. 1 volume entoilé :

France 55 F ; Étranger 60 F.

Nouvelle série depuis 1959, en deux tomes :

Tome I. États africains d'expression française et République Malgache.

Le volume relié, 18 × 27 : France 70 F ; Étranger 75 F.

Tome II. Territoires et départements d'Outre-Mer.

Le volume relié, 18 × 27 : France 16 F ; Étranger 22 F.

II. BULLETINS ET INDEX BIBLIOGRAPHIQUES (format rogné : 21 × 27, couverture bleue) ⁽²⁾

— Bulletin bibliographique de Pédologie.

Trimestriel. Abonnement : France 55 F ; Étranger 60 F.

— Bulletin signalétique d'Entomologie médicale et vétérinaire.

Mensuel. Abonnement : France 55 F ; Étranger 60 F. Le numéro 6 F.

— Index bibliographique de Botanique tropicale.

Semestriel. Abonnement : France 10 F ; Étranger 11 F. Le numéro 6 F.

III. CAHIERS O.R.S.T.O.M. (format rogné : 21 × 27, couverture jaune)

a) Séries trimestrielles ⁽²⁾.

Cahiers ORSTOM. Série Pédologie.

Cahiers ORSTOM. Série Océanographie.

Cahiers ORSTOM. Série Hydrobiologie.

Cahiers ORSTOM. Série Sciences humaines.

Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie.

Cahiers ORSTOM. Série Entomologie médicale et Parasitologie.

Abonnement : France 70 F ; Étranger 75 F. Le numéro 20 F.

b) Séries non encore périodiques.

Cahiers ORSTOM. Série Géophysique.

Cahiers ORSTOM. Série Biologie.

Cahiers ORSTOM. Série Géologie.

Prix selon les numéros.

IV. MÉMOIRES O.R.S.T.O.M. (format rogné : 21 × 27, couverture grise)

- | | |
|---|-------|
| 1. KOECHLIN (J.). — 1961 — <i>La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo-Brazzaville.</i> 310 p. + carte 1/1 000 000 (noir) | 45 F |
| 2. PIAS (J.). — 1963 — <i>Les sols du Moyen et Bas Logone, du Bas-Chari, des régions riveraines du Lac Tchad et du Bahr-el-Ghazal.</i> 438 p. + 15 cartes 1/1 000 000, 1/200 000 et 1/100 000 (couleur) | 200 F |
| 3 x. LÉVÊQUE (A.). — 1962 — <i>Mémoire explicatif de la carte des sols de Terres Basses de Guyane française.</i> 88 p. + carte 1/100 000, 2 coupures (couleur) | 65 F |
| 3 xx. HIEZ (G.), DUBREUIL (P.). — 1964 — <i>Les régimes hydrologiques en Guyane française.</i> 120 p. + carte 1/1 000 000 (noir). | 70 F |
| 3 xxx. HURAULT (J.). — 1965 — <i>La vie matérielle des Noirs réfugiés Boni et des Indiens Wayana du Haut-Maroni (Guyane française). Agriculture, Économie et Habitat.</i> 142 p. | 65 F |

- | | |
|---|--------|
| 3 xxxx. LÉVÊQUE (A.). — 1967 — <i>Les sols ferrallitiques de Guyane française.</i> 168 p. | 50 F |
| 3 xxxxx. HURAULT (J.). — 1968 — <i>Les Indiens Wayana de la Guyane française — Structure sociale et coutume familiale.</i> 168 p. | 80 F |
| 4. BLACHE (J.), MITON (F.). — 1963 — Tome I. <i>Première contribution à la connaissance de la pêche dans le bassin hydrographique Logone-Chari-Lac Tchad.</i> 144 p. | |
| BLACHE (J.). — 1964 — Tome II. <i>Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo Kebbi. Étude systématique et biologique.</i> 485 p., 147 pl. Les deux volumes (3) | 75 F |
| 5. COUTY (Ph.). — 1964 — <i>Le commerce du poisson dans le Nord-Cameroun.</i> 225 p. | épuisé |
| 6. RODIER (J.). — 1964 — <i>Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'Ouest du Congo.</i> 18 × 27, 137 p. (3) | 55 F |

(1) Tous renseignements complémentaires dans le catalogue général des publications, à demander : SCD ORSTOM - 70-74, route d'Aulnay, 93-Bondy.

(2) L'expédition de ces périodiques peut être faite par avion : les frais de port sont facturés en plus.

(3) En vente chez Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VI^e.

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S.T.O.M.
N° 2

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

**ÉTUDE GÉNÉRALE DES CONDITIONS
D'UTILISATION DES SOLS
DE LA CUVETTE TCHADIENNE**

Rapport de synthèse rédigé

par **B. DABIN**

Inspecteur général de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

D'après les documents ORSTOM - IRCT - BDPA - Coopération - Divers.

O.R.S.T.O.M.
PARIS
1969

INTRODUCTION

Un très grand nombre d'études ont déjà été publiées sur la cuvette tchadienne. Les travaux de géologie, d'hydrologie, de botanique, de pédologie, d'agronomie, de sciences humaines, etc. constituent un volume considérable de rapports, mémoires, enquêtes, etc.

Malgré près d'une année passée à étudier ces rapports, à la suite d'une mission effectuée en novembre et décembre 1965 au Tchad et au nord Cameroun, il s'avère impossible de faire une synthèse complète de tous ces travaux, d'autant plus que certains aspects du problème échappent à notre compétence de pédologue et agronome.

Ce sont avant tout les nombreuses études de pédologues de l'ORSTOM, en tête desquels il faut citer le travail de PIAS : « Les sols du Moyen et du Bas Logone, du Bas Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr el Ghazal », ainsi que les notices de la carte au 1/200 000 qui couvre presque tout le Territoire du Tchad et du Cameroun, qui constituent nos sources essentielles de renseignements. Il faut y ajouter des rapports agronomiques comme l'étude de M. GUILLAUME, des publications du Service de la Coopération en particulier des articles récents de M. BEZOT, des rapports de l'IRCT, du BDPA, des enquêtes économiques du Ministère de l'Economie rurale du Tchad, enfin des études à caractère plus sociologique comme la thèse de M. Jean CABOT sur le « Bassin du Moyen Logone ».

Nous ne prétendons nullement être complets, et nous avons seulement cherché au cours de ce vaste tour d'horizon, à dégager quelques règles essentielles de l'utilisation du sol dans ces pays, et regrouper dans cet ouvrage les principales conclusions des nombreuses études consultées.

Le but poursuivi se place entre un travail de pédologie pure, et une étude agronomique. Dans le premier cas les conclusions agronomiques sont souvent insuffisantes, dans le second les sols sont envisagés en bloc sans tenir un compte suffisant de leur variabilité et de leurs aptitudes diverses.

L'étude régionale des sols constitue cependant la partie la plus importante de ce travail, mais les descriptions de profils sont *simplifiées volontairement* et réduites à l'essentiel nécessaire pour juger les aptitudes culturales (profondeur, texture, structure, hydromorphie) ; quelques fiches analytiques caractéristiques des sols dans différentes régions ont été choisies parmi les innombrables résultats donnés par les rapports, afin de préciser la richesse chimique des sols et leurs besoins en fertilisants, ou bien la présence de certains éléments néfastes comme le sodium.

Tout en voulant concerner la plus grande partie utilisable de la cuvette tchadienne, le rapport tient surtout compte des projets d'actualité, et traite succinctement ou néglige les régions difficilement utilisables dans un avenir proche, telles que les régions désertiques ou montagneuses.

Le plan adopté est le suivant :

- I. — RAPPEL SUCCINCT DES CARACTÉRISTIQUES NATURELLES DE LA CUVETTE TCHADIENNE : Climat, Hydrographie, Géologie ;

II. — RAPPEL DES NOTIONS ESSENTIELLES DE PÉDOLOGIE PERMETTANT L'ÉTUDE DES SOLS DES DIFFÉRENTES RÉGIONS : Formation des sols, classification, répartition ;

III. — ÉTUDE DES GRANDES ZONES D'UTILISATION DE LA CUVETTE TCHADIENNE :

On distinguera :

- 1° Les grandes zones inondables pouvant faire l'objet d'aménagements hydro-agricoles ;
- 2° Les zones intermédiaires avec alternance de terres exondées et de dépressions ;
- 3° Les zones exondées avec culture sèche dominante ; cette dernière partie sera subdivisée en fonction des climats :
 - Région sud relativement humide
 - Régions nord plus sèches.

Dans chaque cas c'est l'étude des sols dominants qui constitue l'essentiel des chapitres, et les principaux problèmes d'utilisation sont présentés au fur et à mesure, en raison de leur importance dans les régions considérées.

C'est ainsi que le *problème du riz* est étudié à propos des grandes vallées du Logone et du Chari.

Le *problème du coton* est présenté partiellement dans ce chapitre mais également au cours de l'étude de la zone des « Koro » où son importance est très grande.

Les *problèmes du sorgho, du mil, de l'arachide* sont présentés au cours de l'étude des zones intermédiaires et des zones sèches où leurs cultures sont dominantes.

Les études du sol représentent environ les deux tiers, et les études agronomiques le tiers de ce mémoire. L'importance donnée aux premières est dictée par le souci de vulgariser les très importants résultats obtenus par les pédologues : ils sont en effet des facteurs essentiels de la mise en valeur de ces régions, ils permettent aux agronomes de se familiariser avec l'étude des sols et d'assimiler ainsi plus facilement les travaux spécialisés indispensables pour les projets d'aménagement.

Première Partie

LES CONDITIONS NATURELLES

A. — LIMITES GÉOGRAPHIQUES

La cuvette tchadienne s'étend du 7° au 21° de latitude nord et du 5° au 20° degré de longitude est ; elle est limitée par de grands massifs montagneux aux altitudes variées : au nord le Hoggar et le Tibesti ; à l'est l'Ennedi, le Darfour, le Ouaddaï ; au sud l'Adamaoua et le plateau d'Oubangui ; à l'ouest le Daoutchi et l'Aïr.

Cette dépression, émergée avant la fin du Primaire, est comblée par des dépôts quaternaires et tertiaires, surtout d'origine continentale, entre quelques transgressions marines.

Le socle granito-gneissique précambrien affleure sur les bords, il est parfois recouvert de formations primaires ou crétacées, ou continentales d'âges divers. Des influences volcaniques ont rajeuni certains des reliefs extérieurs.

La plaine du Tchad est plate, sa pente est imperceptible. Sa cote moyenne est de 281 mètres ; le lac Tchad qui occupe à peu près son centre n'est pas au point le plus bas, celui-ci se situe à 500 km au nord-est le long du sillon du Bahr El Ghazal. Le lac actuel dont la surface varie de 10 000 à 18 000 km² s'est étendu sur une superficie beaucoup plus importante en particulier à la fin du Tertiaire ; cet ancien lac, qui englobait en particulier le lac Fittri actuel, était limité par un cordon sableux de plus de 1 000 km de long, d'une altitude moyenne de 320 mètres, et que l'on rencontre au Tchad, au Cameroun, au Nigéria. De même au Quaternaire les eaux du Logone rejoignaient le Bassin du Niger par la Bénoué et le Mayo-Kebbi. C'est ce qu'on appelle aujourd'hui la zone de capture dont l'altitude est inférieure à celle du Logone et où se déversent actuellement une partie des eaux d'inondation du Logone en période de crue.

Les avancées et reculs successifs du lac ont laissé dans la cuvette des dépôts d'alluvions lacustres ainsi que des cordons sableux ; les réseaux hydrographiques anciens ou actuels ont formé de vastes plaines d'épandage, des zones deltaïques parcourues de défluent, présentant tout un enchevêtrement de bourrelets sableux ou limoneux, limitant de grandes dépressions argileuses qui constituent encore à présent d'immenses plaines marécageuses en saisons des pluies.

Ce sont des immenses zones de terrains alluviaux qui constitueront les limites pratiques de notre étude.

Elle sera bornée :

au nord, par les régions subdésertiques ou désertiques (moins de 250 mm de pluie) dont la mise en valeur est difficile ;

à l'est et à l'ouest, (Tchad et Nord Cameroun) par les glacis de bas de pente des massifs anciens ;

au sud, nous incluons les formations du Continental Terminal (zone des Koro) en raison de leur très grande importance économique.

B. — CLIMATOLOGIE

a. CARACTÈRES GÉNÉRAUX

Le climat de la cuvette tchadienne est très variable puisqu'il passe du type saharien au nord au type soudano-guinéen au sud avec tous les intermédiaires.

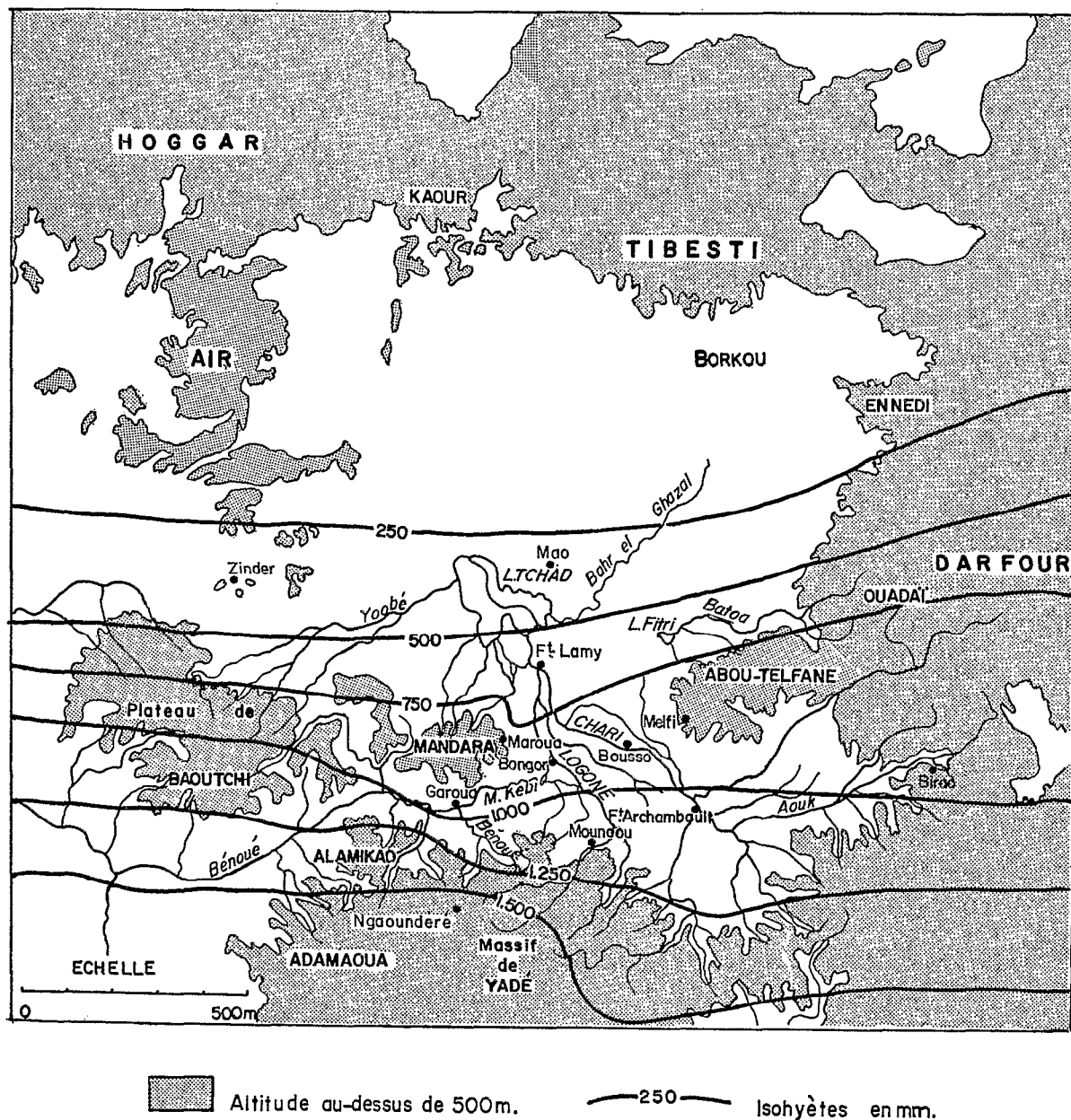


FIG. 1. — Cuvette tchadienne

Ces climats intertropicaux présentent cependant des caractéristiques communes, *une seule saison des pluies centrée* autour des mois de juillet-août, dont la durée varie en fonction de la latitude et ne dépassant guère deux mois au nord (N'Guimi) peut atteindre près de six mois au sud (Moundou). Cette saison des pluies est suivie d'une *saison sèche* plus ou moins longue durant laquelle il ne pleut pratiquement pas. De même la température moyenne peu variable se situe autour de 28-30 °C. Il existe cependant des écarts mensuels qui s'accroissent du sud vers le nord, et l'on note des températures minima assez fraîches (7-15 °C) au début de la saison sèche (janvier - février) et des températures maxima très élevées : 40 °C à la fin de la saison sèche (avril - mai). Les températures de la saison des pluies présentent peu d'écart et se situent autour de 25 °C.

Dans les régions à longue saison sèche, l'humidité de l'atmosphère est faible et l'évaporation intense durant la saison sèche.

6. LES GRANDES ZONES CLIMATIQUES

Nous pouvons distinguer :

- 1° *Une zone subsaharienne et saharienne désertique* dont la pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à 200 mm ; c'est une zone d'oasis et d'élevage itinérant ;
- 2° *Une zone sahélo-saharienne* dont la pluviométrie moyenne varie de 200 à 600 mm. Elle correspond aux bordures nord et est du lac Tchad, avec les villes de N'Guimi (212 mm) au Niger, Bol sur les rives tchadienne (350 mm) et à une longue bande ouest-est, s'étendant de Zinder à Abéché dont la pluviométrie varie de 300 à 500 mm, englobant la partie nord du Niger oriental.

Au nord de l'isohyète 500, la culture du *pennisetum* (petit mil) est possible ainsi que celle du Niébbé ; pour les autres cultures méditerranéennes par exemple, l'irrigation est nécessaire en saison sèche ; la culture sèche de l'arachide est possible au sud de l'isohyète 500 mm.

- 3° *Une zone soudano-sahélienne* de 600 à 1 000 mm de pluie où l'on peut distinguer :
 - une partie nord (500 à 700 mm) correspondant à une extension de la culture sèche de l'arachide ; elle peut être caractérisée par les stations de Fort-Lamy (695 mm), Bokoro, Am-dam ; le Nord-Cameroun à la même latitude, présente des conditions climatiques identiques ;
 - une partie sud (700 à 1 000 mm) où de nombreuses cultures sont possibles, en particulier, la culture du coton, elle correspond à la station de Maroua, au Cameroun où elle englobe les plaines de Mora, Guétalé et de Yagoua et aux régions de Bongor et Am Timan au Tchad.

En somme, les deux isohyètes 500 et 700 correspondent à peu près et respectivement aux limites nord des cultures sèches de l'arachide et du coton.

- 4° *Une zone soudano-guinéenne* (1 000 à 1 200 mm) ; elle se distingue par une végétation arborée beaucoup plus dense et des possibilités agricoles très variées. Elle correspond en outre au passage de la cuvette proprement dite à la région sableuse du Continental Terminal, ce qui lui donne un aspect original.

Les caractéristiques sont celles de Moundou, Fort-Archambault et au sud du Salamat.

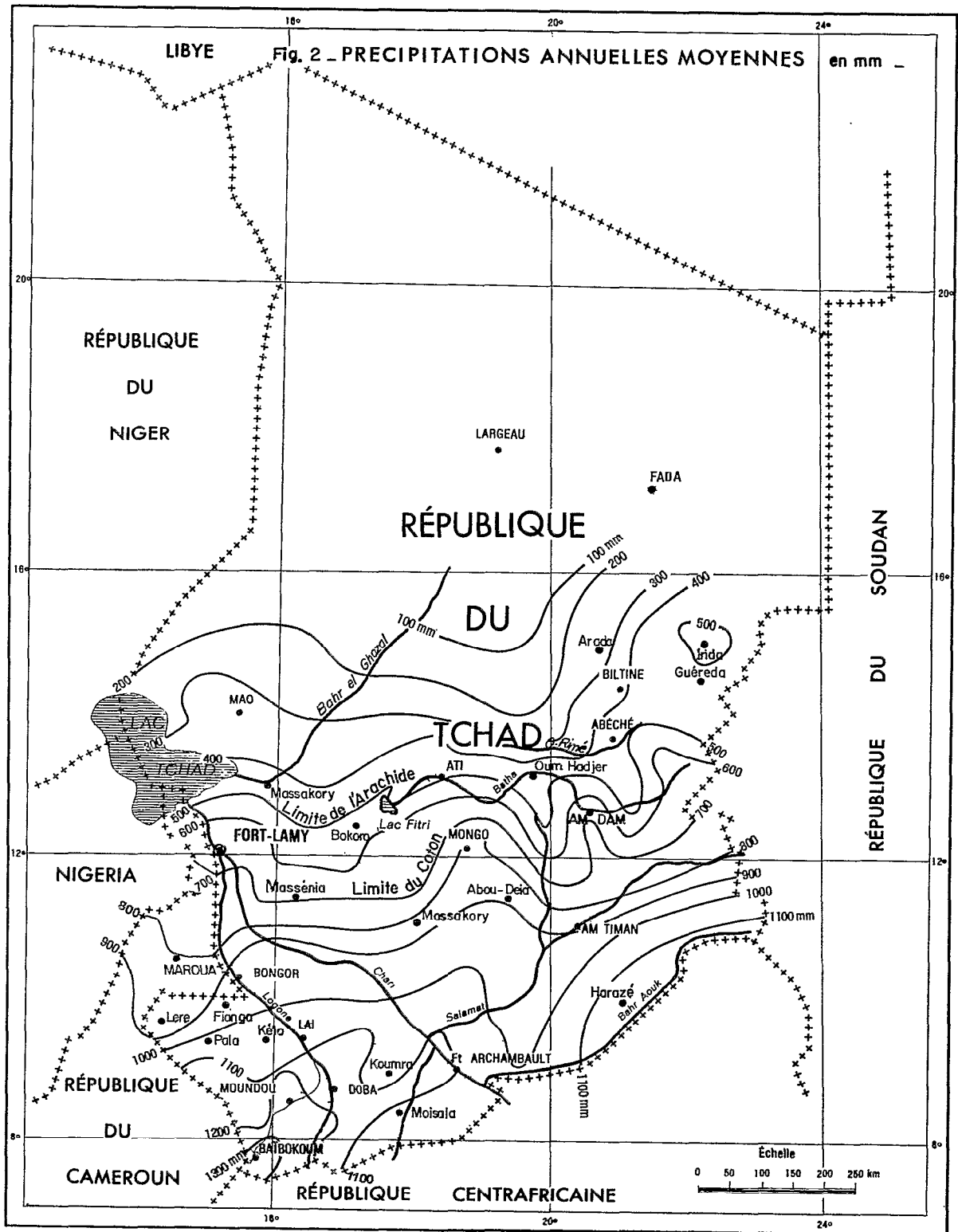


FIG. 2. — Précipitations annuelles moyennes en mm

c. CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET UTILISATION DES SOLS

*Climat sahélo-saharien**Régions très sèches (N'Guimi)*

Elles correspondent aux bordures nord et est du lac Tchad.

Les pluies annuelles varient de 200 à 300 mm ; elles tombent principalement en juillet-août. Elles commencent parfois en mai, mais sont très faibles ; elles diminuent brutalement en septembre.

Le nombre de mois totalement secs est de huit.

Les températures maxima moyennes sont de 33 °C en avril et de 30 °C en octobre ; le maximum absolu dépasse 40 °C en avril-mai.

Les températures minima moyennes sont de 22 à 23 °C en décembre-janvier et de 27 à 28 °C en août ; le minima absolu est de 8 à 10 °C en décembre-janvier.

L'humidité relative de l'atmosphère varie dans le même sens que la pluviométrie : elle peut atteindre un maximum de 70 % en août et descendre à moins de 20 % en février ; elle est intermédiaire en mai et octobre.

L'évaporation mesurée en bacs peut atteindre la moyenne annuelle de 3,41 m, elle est maximum en avril et minimum en août.

L'évaporation est toujours supérieure au drainage même au mois d'août ; néanmoins les réserves en eau du sol peuvent se reconstituer pendant les mois pluvieux.

Régions un peu moins sèches (Maine Soroa, Abéché)

Elles correspondent à une longue bande est-ouest allant de Zinder à Abéché.

Les pluies annuelles varient de 300 à 500 mm. Il tombe 200 mm en août et 100 mm en juillet et septembre ; en mai-juin, les pluies sont inférieures à 50 mm ; elles disparaissent en octobre.

Il y a six mois totalement secs.

L'humidité et la température sont voisines de celles de la région précédente. L'évaporation globale de 3,11 m à Maine Soroa, tombe à 2,5 m à Zinder.

L'action de ce climat sur l'érosion est importante ; en effet, malgré la faible pluviosité totale, la concentration des pluies en fortes tornades favorise un ruissellement important qui entraîne la fraction colloïdale des sols, surtout lorsque le terrain est en pente et peu perméable ; les éléments sableux fins superficiels sont alors repris par les vents.

Les façons culturales et l'action des troupeaux facilitent cette double action. L'érosion globale calculée d'après l'indice de Fournier est importante.

*Climat soudano-sahélien**Zone nord (Fort-Lamy)*

Ce climat englobe les stations de Bokoro et Am-Dam et la région du Nord-Cameroun située à la même latitude.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 625 mm, inférieure à 50 mm en mai ; entre 50 et 100 mm en juin ; supérieure à 100 mm en juillet et septembre et à 200 mm en août, inférieure à 50 mm en octobre.

En moyenne il y a quatre mois de pluies utiles, mais on peut difficilement compter sur les pluies du mois de juin qui sont irrégulières, et six mois totalement secs. La courbe de température est sensiblement parallèle à celle de la région précédente.

L'humidité atmosphérique est inférieure à 30 % de novembre à mai ; elle remonte en juin et peut atteindre 80 % en août-septembre.

Zone sud

Cette zone correspond aux stations d'Am-Timan et Bongor au Tchad, Maroua, Yagoua, Gétalé au Cameroun.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 800 à 850 mm ; la chute de pluie en mai est supérieure à 100 mm ; elle est variable en septembre mais généralement insuffisante en octobre.

Le nombre de mois totalement secs est de 4 à 5 (novembre à mars). La température obéit toujours au même schéma général ; le maximum absolu est de 43 °C, le minimum absolu de 11 °C.

L'humidité relative est pratiquement toujours supérieure à 30 % avec minimum en mars. Elle est supérieure à 50 % de mai à décembre, avec un maximum en août-septembre qui atteint 80 %.

Climat soudano-guinéen

Régions de Moundou, Fort Archambault et sud du Salamat.

La pluviométrie moyenne est de 1 250 m. Très faible en avril, elle est supérieure à 100 mm en mai et dépasse 150 mm en juin.

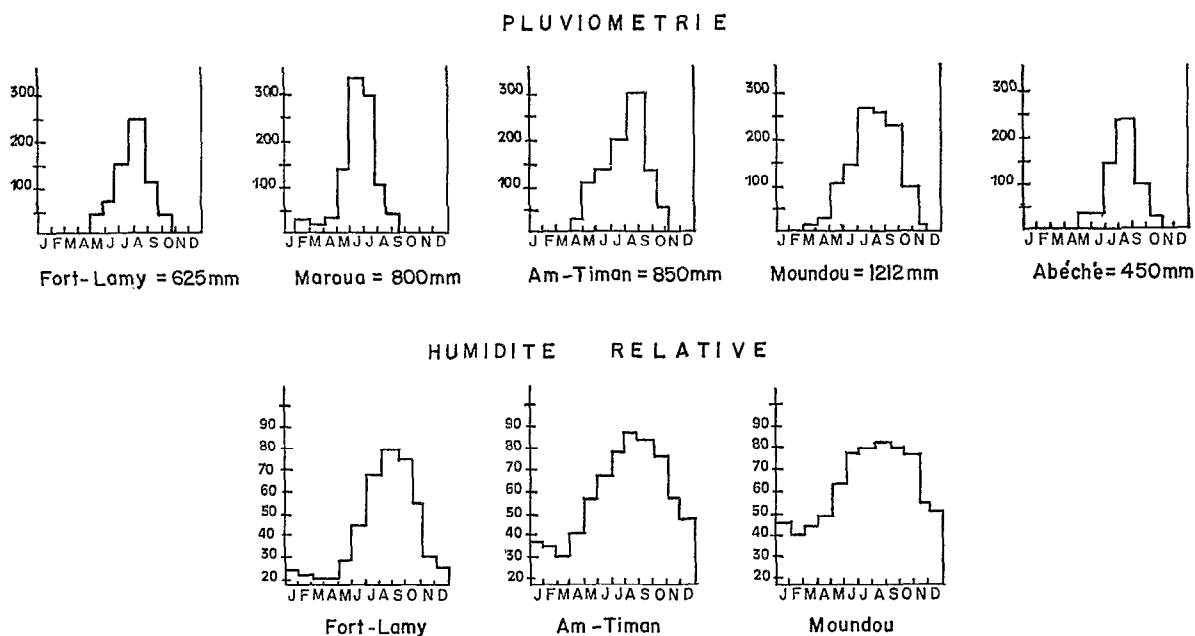


FIG. 3. — Répartition mensuelle des pluies et humidité relative dans différentes stations

Outre les importants maxima de juillet, août, septembre, cette pluviométrie se différencie de celle des zones plus septentrionales du fait des précipitations encore appréciables du mois d'octobre (plus de 100 mm).

Les pluies sont des pluies d'orage qui présentent de fortes variations locales. La saison des pluies utiles s'étend sur presque six mois et le nombre de mois totalement secs n'est que de trois.

Les températures varient de la même façon que dans les climats précédents mais avec des écarts un peu plus faibles.

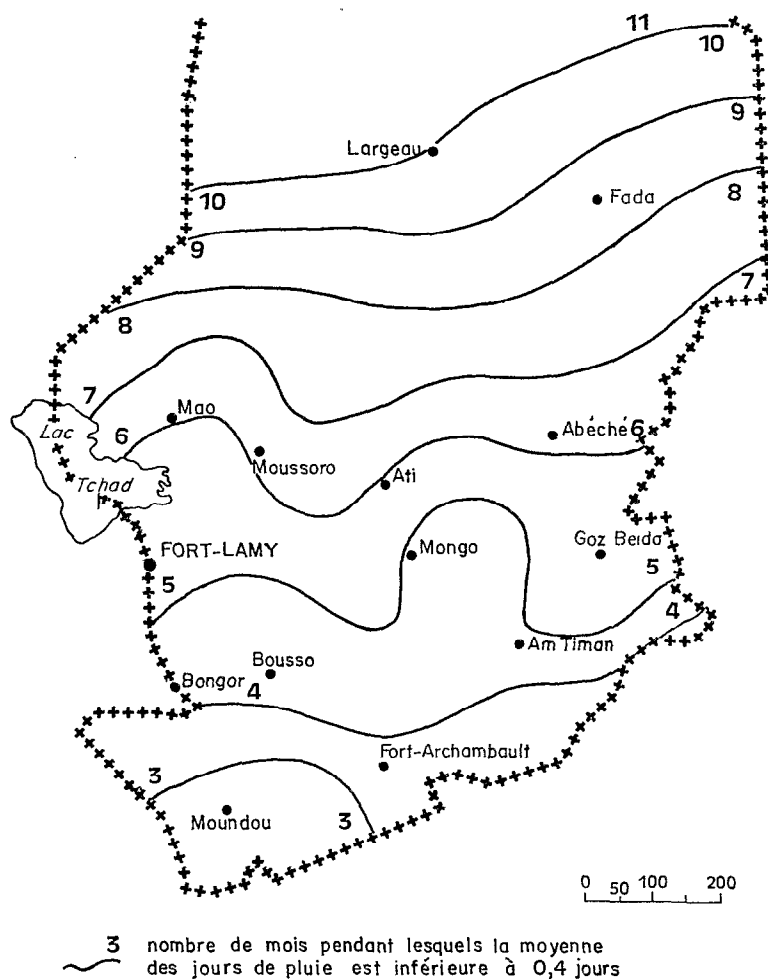


FIG. 4. — Nombre de mois secs

L'humidité relative est en revanche nettement plus élevée que dans les autres types de climats ; elle n'est jamais inférieure à 40 % même pendant le mois le plus sec, en février, elle monte rapidement en mars pour atteindre 80 % de juin à octobre, et n'est pas inférieure à 50-60 % en novembre-décembre.

Conséquences agronomiques :

Ce climat permet la culture du coton de culture sèche ; les semis ne doivent pas dépasser la deuxième quinzaine de juin sous peine de provoquer des chutes de rendement, plusieurs explications peuvent être invoquées (date de floraison, cycle de l'azote).

Cependant les terres préparées pour la culture et sans protection présentent un grand risque d'érosion en raison des violentes tornades d'avril, mai, juin, surtout les terres sableuses en pente.

En ce qui concerne les terres argileuses de la cuvette, c'est surtout l'effet d'engorgement qui est à craindre.

Cet effet d'engorgement provoque une saturation des couches supérieures du sol, sans pénétration de l'eau en profondeur, dès le retour des mois plus secs, les sols se dessèchent très rapidement.

C. APERÇU GÉOLOGIQUE ⁽¹⁾

Il ne s'agira ici que d'une esquisse qui fera mieux comprendre les grandes régions naturelles, la répartition des différentes séries alluvionnaires qui se sont succédées et celle des sols dont elles sont les matériaux originels.

Le socle cristallin

Les formations alluvionnaires de la cuvette tchadienne reposent sur un socle cristallin d'âge précambrien qui affleure dans les massifs du pourtour surtout au sud, au sud-ouest et au sud-est : plateau de l'Adamaoua, monts du Mandara au Cameroun, massif du Ouaddaï au Tchad, région du Mayo-Kebbi à la frontière Tchad-Cameroun ; de nombreux inselbergs de faible altitude percent la couverture sédimentaire. Le socle précambrien affleure également au Niger et dans le Damagaram-Mounio.

Ces roches sont essentiellement constituées de granites mais comportent également des formations métamorphiques de granitogneiss ainsi que des roches basiques diverses.

Les formations primaires

Elles sont davantage représentées au nord dans l'Ennedi et le Tibesti et le nord du Ouaddaï. Ce sont généralement des grès.

Les formations secondaires

(Séries de Léré dans le Mayo-Kebbi et série de Lamé). Elles comportent des conglomérats et des grès parfois calcaires : au Niger, elles sont représentées par le massif du Damergou où l'on trouve des argiles à intercalations calcaires du Crétacé.

⁽¹⁾ D'après le travail de J. PIAS.

Le Tertiaire

Il est constitué principalement par les dépôts du continental terminal qui affleurent à la bordure nord (nord du Bahr el Ghazal) et à la bordure sud marquant la limite du Paléotchad. Cette bordure sud constitue la zone dite des « Koro » : ce sont des dépôts fluvio-lacustres interrompus par des périodes d'exondation sous climat tropical ; ils atteignent 300 m de puissance.

Plusieurs séries sont distinguées :

- une série inférieure constituée de grès ferrugineux dits Grès de Pala ;
- des séries moyennes et supérieures avec différents niveaux de cuirasse latéritique et plusieurs séries de sables appelés « Sables de Kélo », qui sont :
 - soit des sables rouges provenant du démantèlement d'anciennes cuirasses latéritiques,
 - soit des sables beiges plus septentrionnaux,
 - soit enfin, des sables blancs qui sont des apports alluviaux dans les talwegs de sables rouges.

Le Quaternaire, hydrographie ancienne et dépôts

Ce sont essentiellement des formations quaternaires d'origine lacustre, fluviale, ou éolienne, qui couvrent la partie centrale de la cuvette

- à la fin du Tertiaire, à la faveur d'un mouvement subsidence du socle et sous un climat humide (première phase) il y a démembrement des cuirasses et dépôt de la série sableuse ancienne.
- au début du Quaternaire — phase aride — il y a remaniement et épandage de la série sableuse ancienne.
- puis une seconde phase humide ou phase lacustre, où se forme le grand lac Tchad qui atteint la cote 310 - 320 m.
- durant la phase aride suivante se forme la série argileuse à nodules calcaires.
- troisième phase humide avec dépôt de cailloutis et *série sableuse récente* sur le pourtour des cuvettes ces sables sont généralement feldspathiques ; formation du cordon Yagoua-Limani.
- nouvelle phase aride avec dépôts des argiles récentes dans les dépressions ; remaniement du cordon sableux de Yagoua.
- quatrième phase humide avec dépôts d'alluvions actuelles en bourrelet le long des fleuves et cordon nord observé à Ngouma et Tourba.
- dans la phase actuelle il y a une nouvelle régression du lac.

Le réseau hydrographique ancien

Il commence à se mettre en place à l'avant-dernière phase humide, en particulier les premiers tracés du Logone et du Chari :

- un bras ancien du Chari a formé un delta avec dépôts de sable au nord de Massaguet ;
- un autre bras a formé le Bahr Erguig avec également des dépôts sableux à son embouchure.

Les grands mayos du Nord-Cameroun ont également formé des dépôts sableux à cette période ; le cordon de Yagoua-Limani a commandé à cette époque toute l'hydrographie de la région.

Le région de Bongor est constituée par l'embouchure ancienne du Logone dans le lac, précédée d'une zone marécageuse. En période de crue les eaux du lac refluaient vers la Bénoué par les lacs de Fianga-Tikem.

Le lac pouvait donc se déverser au sud vers l'Atlantique ; à une époque plus récente c'est le Bahr el Ghazal au nord qui lui a servi d'exutoire.

Les formations au Niger

Des successions analogues de climats secs et humides ont amené la formation de grands dépôts dans la cuvette tchadienne après l'enfoncement de cette cuvette survenu à la fin du Tertiaire.

Les formations du continental terminal se retrouvent au Damergou (galets, oolites ferrugineuses, cuirasses). Dans la cuvette elle-même les dépôts quaternaires sont représentés par les grandes formations sableuses du *Manga* et de la *Korama*, qui sont les ergs anciens actuellement fixés.

Plus à l'est se trouve la formation des ergs anciens orientés puis la formation sableuse du cordon de Tal. C'est au cours de la troisième grande phase humide que le Paléotchad a déposé dans les dépressions des ergs anciens des *alluvions à Diatomites*. La période aride récente correspond à l'erg vif du Ténéré, et aux alluvions fluvio-lacustres du Kadzell.

Nature des matériaux superficiels

Au Tchad et au Cameroun, sur les argiles noires à nodules calcaires reposent la série sableuse récente, la série argileuse récente, la série limoneuse récente.

La série sableuse est constituée de sédiments grossiers vers le sud et fins vers le nord :

- au pied des massifs elle est représentée par des graviers,
- sur la rive droite du Logone on observe des sables feldspathiques,
- de nombreux bancs exondés constitués de sable grossier sont d'anciens bourrelets de défluent du Chari et du Bahr Erguig. Dans la même série, un sable blanc, fin et micacé s'observe à la bordure sud du lac Tchad.

La série argileuse récente : cette série repose sur les argiles noires à nodules, parfois sur le sable ; elle s'étend jusqu'au Lac.

La série limoneuse est la plus récente et est constituée de dépôts limono-argileux ; elle jalonne les cours des fleuves et des défluent.

— Au Niger on observe une succession homologue de dépôts mais 70 % de la surface est constituée de formations sableuses issues des grès continentaux. On constate une finesse croissante des sables en allant des ergs vers le Kadzell, de même le tri des sables croît dans le sens erg nord - erg sud - Manga - Kadzell.

— Dans la région nord du lac Tchad, il existe des dépôts dans les interdunes. Il s'agit, soit des limons noirs organiques, dans les ouadis récemment exondés, soit de limons blancs, calcaires ou salés en bordure des ouadis asséchés, soit de limons natronés (riches en CO_3Na_2) ou limons kaki dans les ouadis asséchés.

Ces limons sont coquillers et présentent quelques analogies avec le loess.

D. L'HYDROGRAPHIE ACTUELLE

L'hydrographie actuelle de la cuvette tchadienne, le régime des fleuves et leurs crues constituent des éléments essentiels de la mise en valeur de cette région, tout autant que la nature des sols ou le climat.

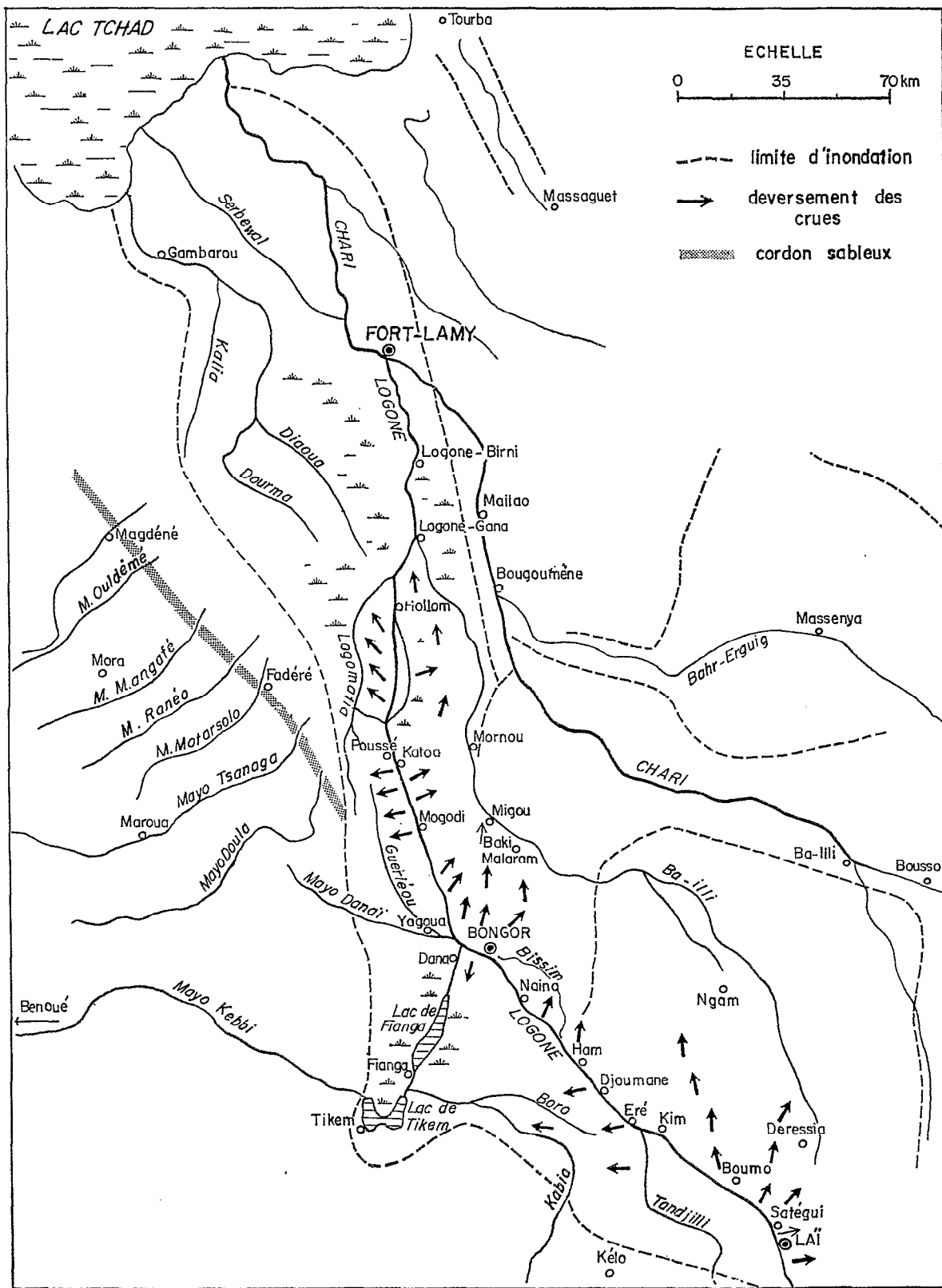


FIG. 5. — Ensemble alluvial Logone-Chari-Tchad

Les principaux cours d'eau sont le Logone et le Chari, dont les eaux se rassemblent pour aller se jeter dans le Lac Tchad.

Les affluents ou défluent de ces deux fleuves arrosent de vastes régions (Bahr Erguig, Bahr Aouk, Salamat, etc.) Dans le nord du Cameroun des rivières ou mayo descendent des monts du Mandara et arrosent des plaines d'inondation ; au nord-est du Tchad, un système hydrographique rejoint le lac Fittri, dont le principal élément est constitué par le Batha et ses affluents. On peut également signaler le sillon du Bahr el Ghazal, sans écoulement de nos jours.

Enfin du Niger le bassin de la Komadougou aboutit au lac Tchad.

a. BASSIN DU LAC TCHAD

Bassins du Logone et du Chari

Le Logone

Il est formé du confluent de deux bras, Logone occidental et Logone oriental ou Pendé qui viennent de l'Adamaoua. Ces bras supérieurs traversent d'abord une région granitognessique dans des lits encaissés puis les sédiments du continental terminal.

Ces bras forment déjà des plaines d'inondation en particulier la dépression de Doba. La confluence se fait en amont de Lai ; le Logone entre alors réellement dans la cuvette où il se déverse sur d'immenses zones d'inondation.

— Entre Lai et Bongor, sa vallée est bordée de bourrelets importants parfois entaillés par des seuils qui servent de point de départ aux défluent. Lors des fortes crues les eaux peuvent même submerger les bourrelets et s'écouler en nappes.

— Sur la rive droite, dans les régions de Satégui, Kim, Djoumane, des courants SN ou SE, NW s'établissent dans des dépressions bordées de cordons sableux et pour la plupart se déversent dans une rivière, le Ba-Illi, après avoir emprunté des voies diverses ; certains défluent sont assez bien marqués : rivière Bissim, Mayo Baa...

— Sur la rive gauche au niveau d'Eré, le Logone se déverse dans une dépression appelée « Zone de capture ». Les eaux rejoignent le lac Boro, la rivière Loka, puis la Kabia et le Mayo Kebbi par le lac de Tikem.

Plus au nord un autre déversement au Seuil de Dana rejoint les lacs de Fianga et Tikem puis le Mayo Kebbi et la Bénoué. Toute cette région a constitué dans le passé un déversement du lac Tchad qui s'étendait jusqu'au seuil de Dana.

— Entre Bongor et Katoa, les bourrelets deviennent de moins en moins importants et les défluent de plus en plus nombreux. Sur la rive droite ils rejoignent le Ba-Illi, et sur la rive gauche les mayo Guerléou et Kéléo.

— Au nord de Katoa et de Pouss, les bourrelets du Logone sont très peu marqués et les villages rares.

Certains défluent comme le Logomatia cependant ont des bourrelets bien dessinés, ils rejoignent le Logone plus au nord.

Dans la grande plaine d'inondation entre Logone et Chari, il existe de nombreux défluent reliant les deux fleuves orientés SE-NW, vestiges d'un ancien delta du Bahr Erguig.

— La crue : elle commence avec le début de la saison des pluies en mai-juin mais la grande crue débute en juillet, les eaux montent rapidement en août, septembre, octobre, le maximum est atteint en octobre.

Fin novembre, les eaux sont déjà assez basses, l'étiage se situe en avril-mai.

— Pertes du Logone, les débits maximum du fleuve diminuent fortement entre Laï et Katoa en raison des pertes par inondation. Les pertes entre Laï et Bongor varient suivant les années ; lorsque la crue est insuffisante le Logone ne déborde pas.

— Entre Bongor et Katoa, le débordement est toujours important et se chiffre à environ deux milliards de mètres cubes. Le déversement se fait aux cotes 3,60 m à Laï et 2,20 m à Bongor.

— Entre Katoa et Logone Birni les pertes sont à peu près constantes et de l'ordre de deux milliards de mètres cubes. Les débits de saison sèche augmentent de l'amont à l'aval, d'autre part il y a une régularisation interannuelle du régime dans le même sens.

Le Chari

Il résulte de la jonction de plusieurs rivières venant de République Centrafricaine et prend ce nom en amont de Fort Archambault. Il traverse successivement :

- le socle précambrien,
- les formations sédimentaires du continental terminal jusqu'à Niellim,
- les sédiments du Quaternaire, jusqu'au lac Tchad.

Dans son cours supérieur il reçoit, sur sa rive droite, les Bahr Aouk et Salamat, le Bahr Sara sur sa rive gauche.

En aval de Niellim, il inonde les plaines environnantes au maximum de sa crue comme le Logone, mais ses inondations sont de moindre importance. Il conflue avec le Logone à Fort-Lamy après avoir reçu le Bahr Erguig à Bougoumène.

En amont de Fort-Lamy il donne naissance à un important défluent, le Bahr Ligna qui s'incline vers l'ouest pour rejoindre le lac Tchad. D'autres défluents dont les cours sont encore visibles prenaient naissance autrefois vers Fort-Lamy, de nos jours leur écoulement est nul et jalonné de mares en saison des pluies.

— *Les crues* : à Fort-Lamy, la crue du Chari se produit entre juillet-août et décembre. Le maximum est mi-novembre c'est-à-dire un mois plus tard que celui du Logone à Bongor. Le Chari a donc un étalement de crues plus important que le Logone.

Le débit maximum est cependant très variable : de 3 000 à 4 500 m³ seconde suivant les années. De février à juin les débits d'étiage sont faibles.

— *Les affluents* : — Le *Bahr Erguig*, au début c'est un défluent du Chari qui prend naissance dans la région de Miltou, coule en direction NW vers Massénya et rejoint le Chari à Bougoumène.

Le lit très ensablé est sans écoulement en saison sèche ; le lit moyen, large de plusieurs kilomètres, montre l'importance des débits anciens. Il alimentait autrefois plusieurs dépressions, l'une située à l'est de Massénya, s'écoule vers le lac Tchad par Massaguett et Tourba et présente encore une vallée visible et des défluents, l'autre rejoint la région du lac Fittri.

Tout ce système complexe de défluents est aujourd'hui fossile, sans écoulement, mais il constitue des alternances de bourrelets et dépressions responsables du morcellement des sols.

— Les *Bahr Salamat*, *Keita* et *Aouk* forment un vaste système dans le sud-est tchadien, parallèlement à un axe Am Timan - Fort Archambault. Ces trois Bahr drainent un immense bassin limité par les massifs du Guéra, du Ouaddaï, du Darfour (Soudan et est Centrafricain).

Les apports d'eau au Chari sont très faibles relativement à la surface du bassin versant (125 000 km²) et à la pluviométrie assez élevée (supérieure à 1 000 mm). Les débits maximum ne dépassent pas 250 m³/s pour l'Aouk et 500 m³/s pour le Bahr Keita, l'un et l'autre permanents, par contre le débit d'étiage n'est que de quelques m³/s en mai.

Ils ont un régime à peu près semblable ; la crue commence en juillet, a son maximum en septembre, et les débordements commencent en août ; les eaux se répandent alors sur les plaines à très faible pente déjà saturées par les pluies et prennent une extension considérable : cette inondation dure 3 à 4 mois. La baisse des eaux est régulière jusqu'en décembre, puis il y a récupération des eaux des zones inondées. Le modelé des plaines étant très faible, le drainage est irrégulièrement assuré : l'assèchement saisonnier se réalise d'abord par évacuation de la nappe d'eau de submersion puis par l'assèchement proprement dit des sols.

La restitution de la lame d'eau d'inondation aux axes de drainage du réseau hydrographique provoque la fin de la submersion des plaines relativement hautes (0,5 m à 1,5 m). Dans les plaines basses l'eau peut stagner plus longtemps.

— Le *Bahr Azoum* est un autre Bahr important du sud-est tchadien qui rejoint le bassin du Salamat.

Ce Bahr coule 4 mois par an de juillet-août à octobre-novembre ; son bassin actuel se superpose à un bassin ancien, le tout constituant un assemblage complexe de plaines argileuses inondables coupées d'ondulations et d'émergences exondées.

En période de crue le Bahr Azoum inonde de nombreuses dépressions argileuses où son alluvionnement actuel, de type limoneux et micacé, se superpose aux dépôts anciens.

Cet ensemble complexe de dépressions et de bourrelets a facilité la mise en valeur de cette région. Il convient de signaler un autre affluent du Bahr Salamat, le Bahr Abali ou Bahr Krom qui descend du Guéra en direction SE et coule dans une plaine argileuse où les affleurements de cuirasse ne sont pas rares.

Système hydrographique descendant des Monts Mandara

Un certain nombre de cours d'eau torrentiels descendant des massifs du Nord-Cameroun et forment des mayo orientés SW - NE et dont les plus importants sont les mayo Boula, Tsanaga, Balda, Motorsolo, Ranéo, Mangafe, etc.

Ces cours d'eau ont butté contre le cordon sableux de Yagoua-Limani, l'ont franchi difficilement et ont formé en amont, des plaines alluviales dont certaines présentent un intérêt économique ; l'alluvionnement se poursuit encore actuellement et les lits sinueux subissent des déplacements. Au-delà du cordon ces mayo vont se perdre dans les savanes boisées qui constituent l'arrière pays des plaines d'inondation du Logone ou *yaéré*.

L'écoulement maximum de ces bassins correspond aux mois les plus pluvieux de juillet à mi-octobre, en saison sèche ; leurs cours très ensablés ne sont jalonnés que de rares mares.

Région nigérienne - La Komadougou

La Komadougou vient du Nigéria (plateau de Bouchi) et son cours inférieur suit la frontière entre la Fédération du Nigéria et le Niger. Elle a creusé son lit dans les sédiments fluviolacustres et éoliens du bassin tchadien.

Le réseau hydrographique actuel comprend un ensemble très complexe de dépressions (mares) où s'accumulent les apports des crues et des pluies.

b. BASSIN DU LAC FITTRI

Le lac Fittri est un lac Tchad en miniature ; il mesure 420 km² aux basses eaux mais sa surface peut doubler ou tripler les années de fortes crues par inondation des marécages alentour ; l'amplitude des variations peut atteindre 1,50 à 2 m en relation avec les crues de la Batha.

Les eaux sont très peu minéralisées : 0,14 m. mho (90 mg par litre).

Le lac Fittri est le niveau de base d'un vaste réseau hydrographique, dont l'élément principal est le Batha. Le Batha coule d'est en ouest dans un lit bien dessiné aux berges franches au milieu des sables de la série ancienne, ou de ses alluvions récentes. Il prend naissance dans le Ouaddaï, puis après Am-dam traverse des formations sableuses anciennes. Il inonde une fosse située au nord d'Oum-Hadjer et en aval d'Ati, se divise en une infinité de bras avec de nombreux méandres qui forment un delta marécageux rejoignant le lac Fittri.

Sur sa rive droite il reçoit plusieurs affluents dont l'Oued Bithéa ; sur sa rive gauche quelques gros affluents provenant de l'Abou Telfan parviennent à franchir le cordon sableux, tels le Melmelé et le Bam-Bam, et rejoignent la zone deltaïque du Batha.

Au sud le Bahr Zerzer ainsi que le Bahr Zirego débouchant dans le Bahr Abourda, traversent également le cordon sableux et alimentent des fosses qui rejoignent les marécages du lac Fittri.

Débits : malgré son cours bien dessiné le Batha ne coule que pendant la période des pluies en août et septembre. Ses débits sont extrêmement variables et peuvent passer de 0 à 400 m³/s avec des creux très importants ; certaines années sèches il coule à peine. Son coefficient d'écoulement n'est que de 2 ou 3 % des pluies totales tombées sur la bassin.

Les autres ouadi, au lit argileux, n'ont souvent que des cours peu marqués se ramifiant en de multiples bras jalonnés de mares ; ils ont des débits intermittents limités aux tornades.

De nombreux ouadi descendent des plaines de piedmont du Ouaddaï, ils ne coulent que pendant les tornades mais ils alimentent des mares d'hivernage qui peuvent retenir les troupeaux jusqu'en janvier-février (Ouadi Rimé).

E. LES NAPPES PHRÉATIQUES DE LA CUVETTE TCHADIENNE

Outre la pluviométrie, le réseau hydrographique et les inondations, la présence de nappes d'eau à plus ou moins grande profondeur est un facteur essentiel de la mise en valeur des sols : si l'on compare la carte des nappes avec celle des densités de population, on constate que les très faibles densités (moins de 2 habitants au km²) correspondent aux régions où la profondeur de la nappe n'est pas connue. Lorsqu'elles ne sont pas trop profondes, ces nappes grâce au creusement de puits, permettent l'installation des villages ou l'abreuvement des troupeaux ; elles peuvent lorsqu'elles sont proches de la surface, servir à l'irrigation des terres. Mais dans ce dernier cas, surtout dans les régions nord, voisines du lac Tchad, le problème de la salinité des eaux doit être étudié.

L'origine des nappes est due à l'infiltration des eaux de pluies ou des cours d'eau, qui circulent et s'emmagentinent dans des couches relativement filtrantes (plutôt sableuses) situées à des profondeurs variées.

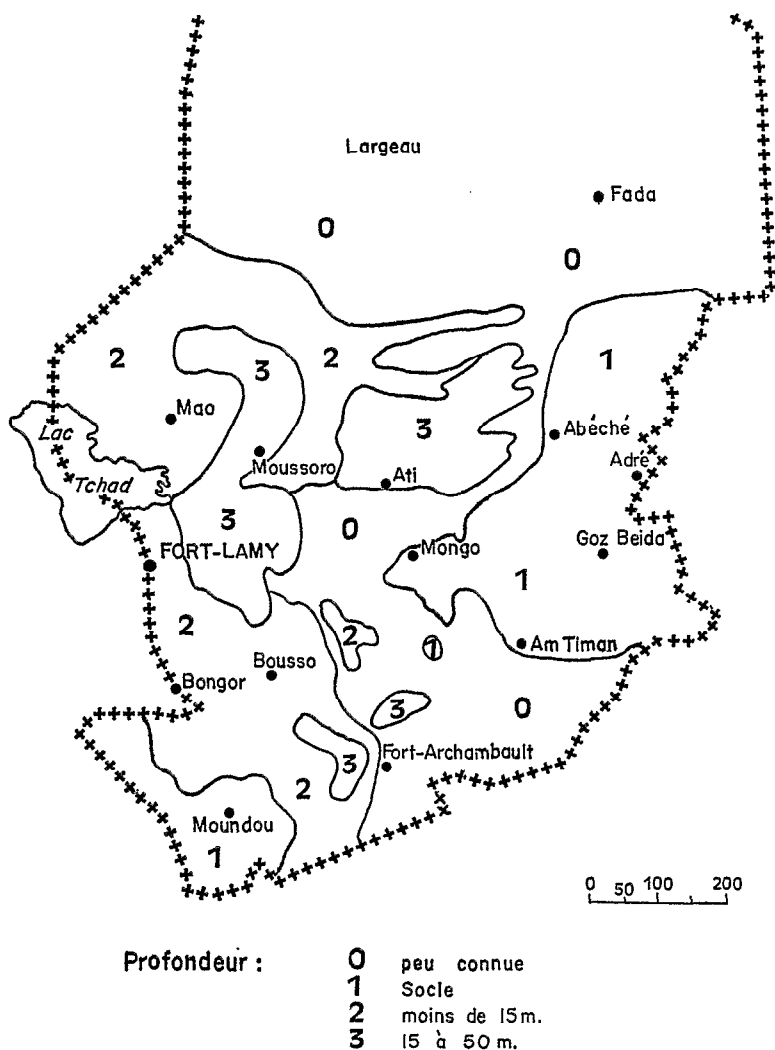


FIG. 6. — Nappes phréatiques.

NAPPES DE PIÉMONT

Les nappes les moins profondes se rencontrent dans le piémont des massifs où le socle cristallin est à faible profondeur et où l'eau circule dans les arènes grossières ; ces régions portent souvent de nombreux villages.

NAPPES EN RELATION AVEC LES FLEUVES

A proximité des grands fleuves ou des lacs, et en relation avec leur niveau, la nappe se trouve à faible profondeur : 1 à 3 m. Si les régions avoisinantes comportent d'épaisses couches d'alluvions argi-

leuses les nappes plongent sous ces alluvions, et la profondeur des puits augmente très rapidement avec la distance. C'est ainsi qu'au nord-Cameoun, en s'éloignant à l'ouest du Logone, la nappe descend à 30 et 50 m à une distance de 30 à 50 km du fleuve. A l'est par contre, dans la région Logone-Chari, l'abondance des cours d'eau alimente une nappe inférieure à 15 m. Néanmoins il existe une coupure nette dans les plaines argileuses entre l'engorgement des eaux superficielles et la nappe permanente située à plus grande profondeur ; il n'y a pas de communication entre ces deux nappes.

NAPPES EN RELATION AVEC LES LACS TCHAD ET FITTRI

Plus au nord autour du lac Tchad et de ses défluent (Bahr el Ghazal) on trouve dans les dépressions interdunaires une nappe peu profonde, 3 à 15 m, appelée nappe du Kanem ; la région étant très sableuse les eaux s'infiltrant facilement et sont retenues en profondeur par des couches d'alluvions. Autour du lac Fitri, la nappe est également peu profonde mais elle s'approfondit rapidement avec l'éloignement.

NAPPE DU BATHA

Au nord du Batha existe une nappe dite des « Saniès » qui ne dépasse pas 50 m et est alimentée par une très forte infiltration dans les terrains sableux. Elle était exploitée autrefois par de nombreux puits situés entre 50 et 70 m, mais leur entretien manuel n'est actuellement plus possible et il est nécessaire de creuser de nouveaux puits bétonnés pour exploiter les pâturages de cette zone.

NAPPES DE L'EST TCHADIEN

Dans la région située entre le Chari et les massifs du Ouaddaï et du Guéra la profondeur de nappe est peu connue. En bordure du massif cristallin la nappe plonge à de grandes profondeurs.

Dans les grandes plaines d'inondation du sud-est ce sont principalement les eaux superficielles qui sont utilisées par les populations d'ailleurs peu nombreuses.

NAPPES DU SUD

Dans la région sud (Koumra, Moundou, Laf) ce sont également les eaux superficielles abondantes qui sont utilisées à la base des reliefs du continental terminal appelés « Koro », à l'intérieur desquels la nappe plonge à de très grandes profondeurs et s'oppose à l'installation de villages ; par contre on retrouve une nappe relativement peu profonde de part et d'autre.

F. SALINITÉ DES NAPPES ET DES EAUX D'IRRIGATION

Dans la région sud du Tchad on connaît peu de nappes salées ; néanmoins dans certaines conditions d'évaporation les eaux de saturation dans les alluvions peuvent se minéraliser. Par contre, plus au nord, autour des lacs Tchad et Fitri, certaines nappes peuvent être plus ou moins salées, ce qui peut avoir une

très grande importance lorsque ces eaux sont utilisées pour l'irrigation des terres, par exemple dans les dépressions interdunaires situées autour du lac (polders de Bol). En moyenne une bonne eau d'irrigation ne doit pas dépasser une conductivité de 1 m·mho, soit environ 10 mé par litre, mais cela dépend de la perméabilité des sols. Au-delà les eaux sont nettement toxiques (1). La toxicité des eaux augmente avec le pourcentage de sodium par rapport aux autres cations, ce pourcentage ne doit pas dépasser 40 %.

LES EAUX LIBRES DU LAC TCHAD

Elles sont très peu salées de même que les eaux du Chari. La conductivité est inférieure à 0,1 m·mho cm (0,06) soit 1 mé par litre de sel.

Les eaux de bordures qui pénètrent dans les ouadi ont une conductivité d'environ 0,5 m·mho/cm soit 5 mé par litre de sel.

Cette salinité variable, augmente d'ouest en est : elle se concentre dans les points bas où se produit en dernier lieu l'évaporation ; cette variation de salinité sera étudiée en détail dans les polders de Bol.

FORMATION DES OUADI NATRONÉS

Certains ouadi subissent des remises en eau successives suivies de périodes d'assèchement, dues aux avances et retraits du lac, il se produit en saison sèche une évaporation intense et des remontées à partir d'une nappe située à 1 m de profondeur.

Il se forme à la surface ou à faible profondeur au-dessus du niveau de la nappe des dépôts de sels cristallisés blancs ou noirs appelés natron qui se présentent sous forme de plaques durcies de moins d'1 cm d'épaisseur ou de dépôts tendres d'une vingtaine de centimètres.

Ce natron exploité en certains points présente la composition suivante :

cations	mé p. 100 gr	anions mé p. 100 gr
Ca ⁺⁺	6	NO ₃
Mg ⁺⁺	12,5	SO ₄ ⁻⁻⁻
K ⁺	7,7	Cl ⁻ 120
Na ⁺	1 304	CO ₃ ⁻ , CO ₃ H ⁻ 1252

Bien que l'ion SO₄ existe dans le sol et la nappe, il est absent dans le natron. (Il est vraisemblablement retenu par insolubilisation dans les couches profondes et réduction sous forme de sulfure).

NAPPES DES PUIITS DE LA RÉGION DU LAC TCHAD

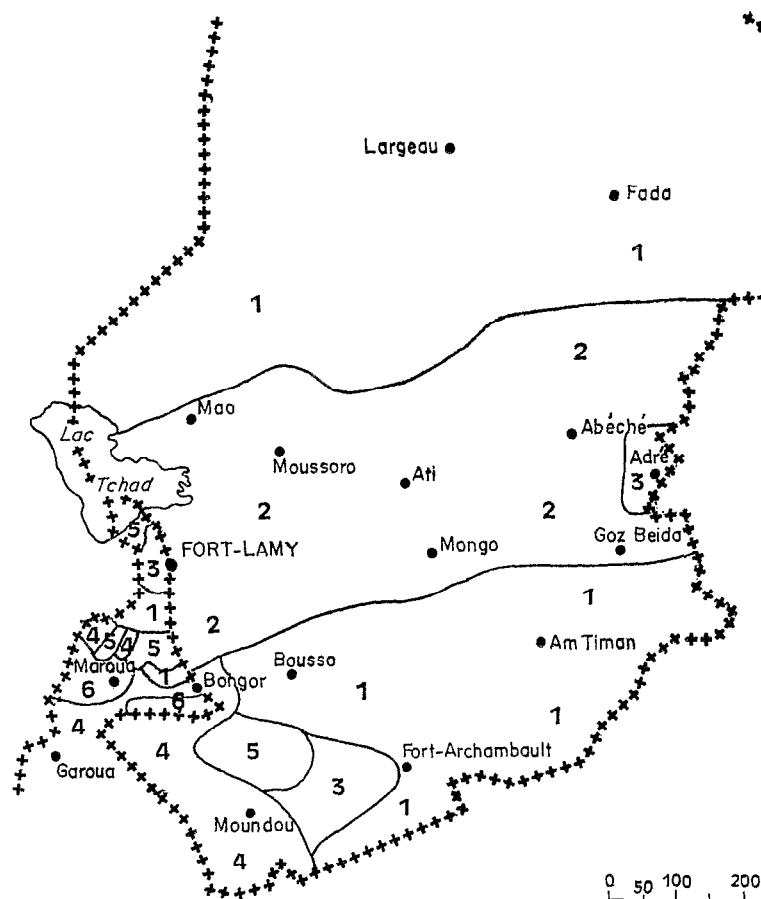
Ces nappes peuvent être atteintes dans les interdunes à une profondeur inférieure à 15 m. Elles sont d'autant moins profondes qu'elles sont plus proches du lac.

(1) On peut parfois admettre jusqu'à 2 m·mho.

Les conductivités sont extrêmement variables d'un point à un autre, en moyenne elles varient de 0,5 à 3 m.mho/cm. Les sels sont essentiellement des carbonates et bicarbonates, parfois des sulfates en quantité importante, rarement des chlorures. Les cations calcium, magnésium et potassium sont en proportions à peu près égales ; le sodium est 5 à 10 fois plus élevé, et représente 50 à 80 % de la totalité des cations : il est d'autant plus abondant que la concentration en sel est plus forte.

Exemple de composition d'une nappe moyennement salée :

	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
cations mé par litre	1,5	1,5	1,5	10
	CO ₃	SO ₄	Cl	
anions mé par litre	12	5	0	



Nombre d'habitants au Km² :

6	Sup. à 30	3	8 à 11
5	14 à 25	2	2 à 8
4	11 à 14	1	moins de 2

FIG. 7. — Densité démographique.

G. LE PEUPLEMENT

Les populations du Tchad et du nord-Cameroun ont fait l'objet de nombreuses études, il n'est pas question pour nous d'en reprendre les conclusions mais simplement de relever quelques rapports entre la densité et la nature de la population d'une part, et la mise en valeur des grandes régions naturelles de l'autre.

Les très faibles densités de population (moins de 2 hab. au km²) s'observent dans les régions désertiques au nord du lac Tchad et dans les immenses plaines d'inondation où l'installation de villages est impossible : régions du sud-est tchadien (Salamat) ou réserves du nord-Cameroun (Waza).

Des densités moyennes à faibles (moins de 10 hab. au km²) s'observent dans les steppes sahéliennes entre les isohyètes 400 et 600 mm ; ce sont souvent ces zones sableuses où se pratiquent les cultures du mil et de l'arachide.

Des densités localement plus fortes existent à proximité des cours d'eau ou des lacs : lacs Tchad, Fitri, Chari, Batha.

C'est principalement au sud de l'isohyète 600, dans les zones d'inondation du Logone ou dans les plaines d'épandage où l'on pratique les cultures du coton, du riz, du sorgho berbéré, etc. que l'on rencontre les plus fortes densités de population variant, suivant le cas, de 15 à 30 hab. au km².

Une mention particulière doit être faite pour les zones montagneuses telles que le Mandara qui porte une population très dense (allant jusqu'à 100 hab. au km²). De même les massifs du Ouaddaï (région Abéché-Adré) ou du Guéra portent des populations relativement plus denses que celles des plaines alentour (supérieures à 10) mais néanmoins beaucoup plus faibles qu'au nord-Cameroun.

Deuxième Partie

**LES SOLS DE LA CUVETTE TCHADIENNE
ET LEUR UTILISATION**

A. INTRODUCTION

Il nous semble indispensable de rappeler ici quelques notions de base concernant les « sols » et de définir en particulier les termes employés couramment par les pédologues ; ils peuvent parfois gêner la lecture de certains rapports très spécialisés.

LES FACTEURS D'ÉVOLUTION DES SOLS

La formation et l'évolution des sols dépend principalement de la nature du substratum « roche mère » ou « matériau originel » et des influences extérieures comme le climat, l'inondation, la végétation, l'action de l'homme et des animaux, etc.

MÉTHODES D'ÉTUDES DES SOLS ET CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

Les sols sont définis principalement par la description morphologique d'une coupe verticale ou profil, dans laquelle on distingue différentes couches ou niveaux superposés appelés horizons, plus ou moins nets, le passage de l'un à l'autre étant plus ou moins tranché ou au contraire continu.

On distingue les horizons d'après un certain nombre de caractères tels que la couleur, la granulométrie (proportions de sable, limon, argile), la teneur en éléments divers (matière organique, cailloux, dépôts de toutes sortes), la structure (qui comporte la description des agrégats, forme et dimension, l'évaluation de la compacité ou de l'état meuble) enfin l'humidité et la présence de nappe, le développement des racines, etc. La liste complète des déterminations possibles sur le terrain est fort longue : en fait tout ce que peut constituer un élément distinctif d'une discontinuité et décrit très en détail.

CLASSIFICATION DES SOLS ET UTILISATION

Tous ces éléments caractéristiques des divers horizons servent en premier lieu à classer les sols. Tous les sols ayant le même profil constituent une série. Plusieurs séries peuvent être groupées en familles, sous groupes, groupes, classes, etc. Certains éléments du profil sont particulièrement importants et ont une valeur diagnostique pour classer les sols, mais ces éléments n'ont pas forcément une importance primordiale pour leur fertilité et la croissance des végétaux. Néanmoins l'appartenance d'un sol à une série ou à un groupe implique tout un ensemble de propriétés plus ou moins corrélatives, et si l'on insiste sur les caractères diagnostiques, les autres propriétés sont plus ou moins contenues dans la définition des types de sol et c'est leur action globale qui prend une importance considérable dans les problèmes de fertilité.

Tableau simplifié des grands termes de classification utilisée :

Classe des sols isohumiques :	Sols subarides
Classe des sols à sesquioxides :	Sols ferrugineux tropicaux
	Sols ferrallitiques
Classe des sols hydromorphes :	
Classe des vertisols :	
Classe des sols halomorphes :	Solonetz
	Solonetz solodisés

Les deux premières classes représentent *des sols exondés*, les deux suivantes *des sols généralement inondés* et la dernière *des sols intermédiaires*.

B. APERÇU D'ENSEMBLE SUR LES SOLS DE LA CUVETTE TCHADIENNE, LEUR NATURE ET LEUR RÉPARTITION

a. COMPARAISONS AVEC LES SOLS D'AUTRES RÉGIONS AFRICAINES

Les sols de la cuvette tchadienne ne sont pas essentiellement différents de ceux que l'on trouve dans les grandes zones deltaïques africaines sous des climats analogues, par exemple le delta central nigérien au Mali, ou le delta intérieur du Nil ou Gésira au Soudan.

De même les vastes étendues sableuses sous climat sahélien rappellent les formations du Sénégal (sol dior), du Mali ou du Niger.

Certains sols de bordure datant du Continental Terminal sous climat soudano-guinéen, appelés d'ailleurs « Terres de Barre » ne sont pas sans rappeler certaines formations analogues d'Afrique Occidentale : Moyenne et Nord Côte d'Ivoire, Togo, Dahomey, etc.

A côté de ces analogies qui sont très utiles pour employer ici certaines méthodes de mise en valeur utilisées ailleurs avec succès, il existe des différences importantes, parfois fondamentales sur lesquelles il est nécessaire d'attirer l'attention.

Si les types de climat, la nature des matériaux et les processus généraux d'évolution des sols sont voisins de ceux des autres régions d'Afrique tropicale, la cuvette tchadienne présente la particularité d'être un pays où les « Eléments » pris dans leur sens traditionnel de *terre et eau*, sont encore mal séparés.

Or « l'évolution » d'une région habitée nécessite, selon une notion presque philosophique, leur nette séparation.

En fait, il existe depuis fort longtemps en bordure et à l'intérieur de la cuvette, des terres inondées et des terres exondées.

La colonisation humaine et la culture ont commencé par ces dernières partout où il était possible néanmoins de se procurer de l'eau (puits ou rivières permanentes).

Les régions montagneuses et la bordure des massifs ont souvent une population importante, surtout au Cameroun.

Les bordures sableuses des plaines d'inondation servent également de refuge à la population ; suivant leur étendue et leur richesse elles sont plus ou moins cultivées, quant aux zones inondées dont la mise en valeur est beaucoup plus difficile, elles servent essentiellement à la pêche ou au pacage des troupeaux en saison sèche.

b. RÉPARTITION DES GRANDES ZONES DE SOLS

La cuvette tchadienne offre donc du pourtour vers le centre l'aspect général suivant :

- massifs et zones de piémont, relativement peuplées ;
- étendues sableuses importantes qui sont les zones actuelles de peuplement et d'extension des cultures ;
- puis vastes plaines inondables, dont le fond est le plus souvent argileux et qui ne sont habitées que sur les bourrelets de rive limoneux ou sableux, le long des cours d'eau actuels ou anciens.
- enfin, pourtour des zones lacustres bordées également de bourrelets sableux, en alternance avec des fonds argileux, et qui sont généralement assez fortement peuplés.

Les régions où les zones inondées dominent très largement, sur 75 % des surfaces parfois, sont :

- l'immense plaine du Salamat, toute la plaine d'inondation du Moyen et du Bas Logone ainsi que du Bas Chari ;
- les plaines d'inondation du Bahr Erguig et de ses affluents ;
- les pourtours du lac Tchad et du lac Fittri ;
- en ce qui concerne les régions exondées, des étendues importantes entourent des massifs montagneux et occupent la région dite des « Koro » au sud ;
 - de même une bande sableuse longe le cours du Moyen Chari ;
 - un grand triangle sableux s'étend dans la région de Bokoro.

Ces zones exondées sont en grande partie exploitées. Enfin il faut signaler les immenses étendues désertiques au nord dont l'utilisation est très faible et parfois nulle.

C. LES SOLS EXONDÉS

En ce qui les concerne, et en particulier ceux formés sur substratum sableux, soit sables tertiaires, soit série sableuse ancienne, ou série sableuse récente (bourrelets sableux des rivières ou résultant du remaniements éoliens), les pédologues français distinguent suivant le climat plusieurs sous-classes d'évolution.

- Les sols dits « Subarides » sous climat sahélo-sahérien ;
- Les sols dits « Ferrugineux Tropicaux ».

Les sols ferrugineux tropicaux se subdivisent en plusieurs groupes : *sols ferrugineux peu lessivés* sous climat soudano-sahélien et *sols ferrugineux lessivés*, sous climat soudano-guinéen.

Dans la cuvette tchadienne la majorité des sols sableux ou sablo-argileux appartiennent à ces trois catégories : Sols *Subarides au nord* - Sols *Ferrugineux Tropicaux peu lessivés* dans la partie centrale, et *lessivés* au sud.

Il faut ajouter également les sols *peu évolués* formés sur les bourrelets alluviaux les plus récents.

A la limite sud du Tchad dans les dépôts du Continental Terminal, certains sols profonds appartiennent même au groupe dit « faiblement ferrallitique » (1). Dans les divers chapitres seront indiqués les propriétés de ces sols.

a. CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES SOLS SUBARIDES ET FERRUGINEUX TROPICAUX

Ce sont des sols relativement bien drainés et dont la matière organique en quantité variable est très bien décomposée et limitée à un horizon supérieur d'assez faible épaisseur.

(1) Actuellement remplacé par : Sol ferrallitique faiblement dessaturé.

Matière organique

Dans les sols subarides au nord, l'horizon humifère est relativement épais (0,30 m) mais la quantité de matière organique est très faible (inférieure à 0,5 %). Dans les sols ferrugineux tropicaux au sud et en allant vers les régions de plus en plus humides, le taux de matière organique augmente légèrement (jusqu'à 2 %) mais l'épaisseur de l'horizon humifère diminue.

Oxydes

Une autre caractéristique qui a d'ailleurs donné son nom à certains de ces sols, est la présence d'oxydes de fer à l'état libre, plus ou moins cristallisés, qui englobent les diverses particules et les grains de quartz et donnent au sol une couleur ocre ou rouge plus ou moins clair ou foncé suivant l'accumulation variable dans les divers horizons.

Dans les sols subarides, ces oxydes sont en faible quantité et répartis d'une façon régulière sur tout le profil.

Dans les sols ferrugineux, ces oxydes de fer sont en quantité plus importante et présentent une mobilité plus ou moins grande en fonction de la pluviométrie.

C'est ainsi que l'on peut parler de sols ferrugineux *peu lessivés* ou *lessivés* suivant que ces oxydes de fer ont plus ou moins fortement migré de la surface vers la profondeur, provoquant l'apparition, sous l'horizon humifère de couleur sombre appelée (A_1), d'un horizon de couleur claire appelé (A_2) pauvre en oxydes, et d'un horizon enrichi en oxydes de fer (B) présentant une couleur ocre plus ou moins foncée.

C'est la profondeur de l'intensité d'accumulation de ces oxydes dans l'horizon B qui permet de distinguer les sols ferrugineux peu lessivés et lessivés. Généralement l'argile migre dans le même sens que les oxydes, et est le plus souvent en faible quantité ; mais dans certains sols lessivés de la région sud, l'accumulation d'argile dans l'horizon B en même temps que l'accumulation du fer, peut provoquer l'apparition d'un niveau assez compact et peu perméable en profondeur. De même il peut se produire des phénomènes de concrétionnement, ou formation de gravillons ferrugineux durcis. L'entraînement vertical des particules s'accompagne d'un entraînement latéral qui contribue fortement à appauvrir les horizons de surface A_1 et A_2 ; la compactation du sommet de l'horizon B favorise cet écoulement latéral.

Les éléments basiques

(Calcium, magnésium, potassium, sodium) sont peu ou pas lessivés dans les sols *subarides* ; il n'y a pas non plus de remontées salines en raison de l'absence de nappe. Le pH de ces sols est neutre en surface (7) et reste assez constant en profondeur. Dans les *Sols Ferrugineux Tropicaux*, le lessivage des bases peut être plus ou moins important suivant l'intensité des pluies.

Dans les *sols Ferrugineux Tropicaux peu lessivés*, les horizons de surface sont neutres et les horizons de profondeur légèrement acides. Dans les *sols Ferrugineux Tropicaux lessivés*, les horizons de surface (A_1) sont légèrement acides (pH $\approx$ 6), les horizons lessivés (A_2) le sont davantage, mais on note parfois un certain enrichissement en bases dans l'horizon B.

D'une manière générale en raison de la nature essentiellement sableuse des sols subarides et ferrugineux, les teneurs en bases sont assez faibles.

b. FACTEURS DE FERTILITÉ DES SOLS EXONDÉS SABLEUX

L'intérêt principal de ces sols pour la culture est qu'ils sont meubles et faciles à travailler, suffisamment profonds et bien drainés ; il est donc possible d'y faire des cultures très variées : mil, arachide, dans

les régions sèches, coton dans les régions humides. Leur inconvénient est leur faible teneur en argile qui a pour conséquence une faible rétention d'eau (néanmoins variable suivant les cas), leur exploitation est donc directement tributaire de la répartition des pluies.

Leur richesse chimique est assez faible (pauvreté en matière organique et bases), et est surtout très fragile, en raison de l'appauvrissement rapide avec la culture et de la sensibilité à l'érosion. Néanmoins avec de bonnes pratiques culturales et des fertilisants ces sols peuvent donner des récoltes abondantes.

c. VARIATIONS DANS LES SOLS EXONDÉS

Ces sols peuvent néanmoins présenter des propriétés variant en fonction du climat et du type de matériau originel.

Granulométrie

Certains de ces sols ont un substratum riche en sable grossier (série sableuse ancienne), d'autres au contraire contiennent une proportion importante de sable fin (séries sableuses récentes, séries alluviales actuelles). Ces sables peuvent être constitués essentiellement de quartz plus ou moins rubéfiés, mais aussi dans les séries les plus récentes, d'éléments de feldspaths ou de micas qui confèrent au sol une réserve minérale plus élevée.

Actions d'engorgement

La profondeur de la nappe phréatique peut être grande, mais dans les bourrelets alluviaux ou en bordure des zones d'inondation, la nappe est beaucoup plus proche de la surface (1,50 m à 3 m) et l'on peut observer en profondeur des phénomènes d'engorgement temporaire avec formation d'horizons caractéristiques riches en oxydes sous forme de taches de concrétions, parfois même de calcaire.

Ces horizons d'engorgement auxquels on donne le nom de « pseudogley » se rapprochent parfois fortement de la surface : à la limite, pour une profondeur inférieure à un mètre, les sols ferrugineux peuvent passer dans la classe dite des sols « *Hydromorphes* » c'est-à-dire fortement marqués par l'action de l'eau ⁽¹⁾.

Alcalisation

Par ailleurs, en bordure de l'ancienne cuvette lacustre, les dépôts sableux peuvent reposer sur une argile calcaire contenant également des sels solubles et l'action de nappe peut alors entraîner un type d'évolution très particulier et donner des sols *salés* ou à *alcalis* appartenant à la classe des sols « *Halomorphes* ».

Dans ces derniers cas, ils peuvent présenter des horizons compacts ou imperméables à faible profondeur ; leur utilisation est donc très différente de celle des sols ferrugineux profonds et bien drainés. Ces sols de nature variée seront étudiés dans les chapitres consacrés aux grandes régions naturelles.

Autre variante des Sols Ferrugineux Tropicaux

Il s'agit des glaciis à la base des massifs cristallins où l'on observe des épandages de matériaux grossiers, sables grossiers et graviers, reposant parfois sur des cuirasses anciennes, parfois sur des arènes

⁽¹⁾ On fait passer les sols dans la classe « Hydromorphe » lorsque les caractères d'hydromorphie atteignent l'horizon A2.

granitiques en décomposition. Ces sols présentent un horizon supérieur (A_1), gris, sableux, à structure fondue légèrement humifère, d'une quinzaine de centimètres ; au-dessous, des horizons lessivés sablo-graveleux plus ou moins profonds jusqu'à 0,75 m ; à leur base on observe des accumulations légèrement argileuses en *raies* superposées, puis des horizons profonds enrichis en fer et en argile reposant sur une cuirasse lamellaire durcie ou sur une arène gravelo-sableuse.

Dans l'est tchadien ces sols prennent le nom de « goz » lorsqu'ils sont remaniés par le vent.

On distingue des sols soit peu lessivés soit lessivés suivant l'importance de l'enrichissement en argile et en fer en profondeur. Ces sols fréquemment utilisés (mil et arachide) sont pauvres chimiquement et très sensibles à l'érosion éolienne et hydrique.

D. LES SOLS INONDÉS

La cuvette tchadienne présente une grande variété de sols inondés.

a. SOLS HYDROMORPHES SABLEUX A SABLO-ARGILEUX

Sur le pourtour de la cuvette, surtout dans la partie sud, des épandages de la série sableuse ancienne donnent des sols sableux inondés de façon variable.

Ces sols sableux ont une texture grossière en surface et sont de couleur gris beige ; ils sont pauvres en matière organique et présentent des dépôts ferrugineux d'hydromorphie dès 0,25 m de profondeur.

Le long des axes des cours d'eau et défluent actuels ou anciens, des dépôts sablo-limoneux, sablo-argileux ou limoneux, d'âge variable, sont également inondés périodiquement.

Caractéristiques des profils

Horizons de surface

— Tous ces sols présentent les caractéristiques générales des sols « Hydromorphes » c'est-à-dire un horizon de surface gris à gris beige, plus ou moins enrichi de matière organique dont l'accumulation et la décomposition varient en fonction de la profondeur et de la durée de l'inondation.

La quantité de matière organique peut être de 1 % à plus de 3 % suivant la richesse du sol en éléments fins : argile et limon.

— L'acidité, faible dans les sols sableux peu humifères ($pH \neq 6$), augmente généralement ($pH\ 5,5-5$) dans les sols de plus en plus argileux et de plus en plus humifères. Les sols présentent des réseaux de taches et traînées ocres le long des racines des plantes (généralement dans les parties inondées).

Horizons profonds

En profondeur, vers 0,50 m, les horizons sont généralement plus compacts, la texture plus argileuse et l'on observe les phénomènes typiques de « pseudogley et gley ».

BOCQUIER distingue : les *pseudogley* où domine la couleur jaune-ocre sous forme de taches ferrugineuses diffuses, et les *gley*, où domine la couleur grise, avec des ségrégations de fer ocre rouge plus vif, mieux individualisées.

Les définitions sont un peu différentes de celles des pays tempérés en raison de l'absence à peu près générale d'engorgement permanent ; il y a parfois un concrétionnement diffus et généralisé, mais il se localise de préférence au-dessus de la zone où l'engorgement est le plus intense et de plus longue durée.

Utilisation des sols hydromorphes sableux

L'utilisation de ces sols dépend essentiellement de leur texture et des conditions d'inondation.

Leur vocation essentielle est la riziculture. A part les sols riches en sable grossier sur une grande profondeur, tous les autres conviennent à cette culture : ils sont suffisamment imperméables pour maintenir une lame d'eau, et leur richesse chimique quoique faible, suffit pour obtenir des récoltes moyennes : le problème est surtout de maintenir une inondation suffisante sur une hauteur convenable pendant tout le cycle végétatif du riz.

D'après BEZOT, les sols sableux de bordure souffrent généralement plus d'un manque que d'un excès d'eau.

b. SOLS HYDROMORPHES ARGILEUX

Dans toute la partie centrale de la cuvette tchadienne en particulier le long du Logone et du Chari entre Bongor et le lac, les fleuves ont déposé une couche d'alluvions argileuses récentes, épaisses d'un à quatre mètres.

Cette argile récente soumise à une forte inondation, donne des sols de couleur gris foncé, très compacts, fortement craquelés, riches en matière organique (4 à 6 %) et de pH fortement acide (4,5).

Les phénomènes de gley se manifestent essentiellement par des trainées ocres le long des racines et des taches ocres diffuses dans le profil. Ces sols sont très lourds et très imperméables mais chimiquement riches ; leur utilisation sera étudiée en détail plus loin (riz, mil de décrue, etc...).

c. PROBLÈMES DE SALINISATION ET D'ALCALISATION DES SOLS INONDÉS

Les problèmes de salinisation et d'alcalisation sont peu importants dans le sud de la cuvette tchadienne (régions à forte pluviométrie).

Dans le nord par contre et sur le pourtout du lac Tchad, l'intensité croissante de l'évaporation provoque dans certaines conditions (nappe permanente à faible profondeur) des remontées de sels importantes (surtout sulfates et carbonates) et un enrichissement du complexe absorbant en sodium échangeable. On observe dans ces régions, en bordure de mares permanentes, des sols hydromorphes argileux salés et à alcalis.

d. AUTRES SOLS ARGILEUX INONDÉS : LES VERTISOLS

Propriétés générales des Vertisols

Le terme « Vertisol » qui est utilisé d'une manière assez générale par les pédologues, désigne des sols que l'on rencontre sous climat tropical ou méditerranéen à saison sèche suffisamment longue, soumis à

un engorgement temporaire plus ou moins important et formés sur un matériau originel basique (riche en ions Ca^{++} et Mg^{++}) et argileux.

Ces sols présentent un aspect très particulier en raison de deux caractères essentiels : une *teneur élevée en argile*, principalement de type « gonflant », et la production de *mouvements internes* ⁽¹⁾ dus à la présence de cette argile et des variations d'humidité. Ces mouvements donnent au sol une structure particulière et un microrelief mouvementé (mico-buttes et effondrements) appelé « gilgaï ». Ces sols sont généralement de couleur sombre, gris ou noirâtres, leur profil est assez homogène et leur structure est très compacte en profondeur.

Répartition et différentes catégories de Vertisols dans la cuvette tchadienne

Les Vertisols, très répandus dans la cuvette tchadienne, couvrent la majeure partie de la surface des grandes zones d'inondation, mais ils occupent également de multiples dépressions aussi bien dans les épandages alluviaux récents que sur les zones d'affleurement des roches cristallines basiques (par exemple dans la région des Lacs Tourbouri - Pala - Tikem).

PIAS distingue plusieurs catégories de Vertisols : d'une part ce qu'il appelle les *argiles à nodules calcaires*, d'autre par les *argiles noires tropicales*. Ce sont plusieurs groupes de sols appartenant à la classe des Vertisols mais évoluant dans les conditions différentes surtout par rapport à l'inondation.

Les argiles à nodules calcaires

Elles constituent non seulement le fond des grandes dépressions du Logone et du Chari, mais se retrouvent également en profondeur sous des séries alluviales plus récentes ; elles marquent l'extension de l'ancien lac Tchad et se sont formées au cours d'une phase aride ancienne qui a suivi la grande phase lacustre : ce sont des vertisols anciens.

Les nodules calcaires se présentent sous forme de cailloux arrondis très durs, de la taille d'un œuf de poule ou de pigeon, présentant des couches concentriques à l'intérieur.

Les éléments constitutants sont les mêmes que ceux des sols dont ils proviennent et ils se forment sur place par une cristallisation des solutions riches en calcium qui se concentrent en certains points pendant les périodes sèches ; les argiles qui les contiennent sont riches en calcium échangeable mais ne contiennent pas de carbonate de chaux réparti dans la masse. Les dépôts continus de calcium que l'on trouve en profondeur dans certains sols sont davantage dus à des actions de nappe.

Ces nodules très durcis ont pu se former à une époque aride ancienne et se conserver jusqu'à présent dans les sols ; mais ils peuvent se former actuellement dans des conditions identiques de climat, d'engorgement et de matériau originel.

Les argiles à nodules, anciennes, ont conservé certains caractères généraux des Vertisols : argile gonflante, microrelief « gilgaï » avec nombreux effondrements ; mais en raison d'une très forte inondation (plus d'un mètre d'eau pendant plusieurs mois), elles ont actuellement tendance à acquérir des *caractères de sols « hydromorphes »* : on constate en particulier la présence de taches ocre jaune dans la masse, de trainées « rouille » le long des racines, parfois même des concrétions ferrugineuses.

Les sols à très fort microrelief conservent en surface sur les buttes un pH neutre égal ou supérieur à 7, et une teneur en matière organique relativement faible (inférieure à 1 %).

⁽¹⁾ Vertisol vient de « verto » = je tourne.

Par contre dans des dépressions à inondation prolongée une couche peu épaisse d'alluvions peut recouvrir ces sols et donner un horizon superficiel acide (pH 5,6) et nettement plus riche en matière organique (supérieur à 2 %).

La végétation naturelle est une prairie graminéenne très dense.

Vertisols proprement dits ou argiles noires tropicales

Sur la bordure des grandes zones d'inondation, et dans les bassins des mayo, les multiples dépressions des yaéré du Nord-Cameroun et du Tchad, dans les régions périphériques des lacs, les dépressions des zones dunaires du nord, enfin en bordure de certains glacis des massifs cristallins, et directement sur des arènes de décomposition des roches basiques, on observe des Vertisols beaucoup plus typiques dont la couleur est plus généralement gris foncé ou noire, sans taches ocre d'hydromorphie ; ils contiennent également des nodules calcaires et sont craquelés avec une structure polyédrique moyenne en surface et prismatique large en profondeur.

La différence avec les précédents est qu'il ne sont recouverts que d'une faible lame d'eau, ou sont nettement exondés et ne subissent que l'engorgement des pluies. Ces sols sont très argileux avec montmorillonite dominante, les mottes présentent des surfaces brillantes de glissement, leur teneur en matière organique est toujours assez faible, de 1 à 1,5 % ; les pH par contre sont plus élevés (7 à 8).

La plupart des Vertisols (hydromorphes ou typiques) sont très rarement salés ou alcalisés, le calcium est toujours l'ion dominant du complexe absorbant (70 % de la somme des bases échangeables) ; dans les régions nord et en bordure du lac Tchad, on peut y observer un début de salure et d'alcalisation avec augmentation de la teneur en sodium échangeable.

Au cours de l'étude des régions naturelles, on donnera quelques analyses de Vertisols caractéristiques.

Un fait très important est que dans le cas où la couche d'argile dépasse 2 ou 3 mètres d'épaisseur, il n'y a pas remontée de nappe dans les Vertisols, ce qui limite l'alcalisation.

La végétation typique est un boisement à peu près pur d'épineux (*Acacia seyal*).

Utilisation des Vertisols

Les Vertisols sont largement utilisés dans de nombreuses régions du monde, ils sont souvent même très fertiles (terres à coton du Soudan), à condition qu'ils soient suffisamment drainés : dès qu'ils sont soumis à un excès d'eau, les plantes souffrent de leur compacité. Dans la cuvette tchadienne leur utilisation est souvent difficile en raison de la forte inondation de ces sols qui sont très peu perméables en profondeur et difficiles à drainer. Ils ne peuvent souvent être cultivés sans un aménagement coûteux, et sans un travail en profondeur qui ne peut être exécuté avec les moyens manuels de l'Africain. Par ailleurs le pH élevé (7 à 8), facteur favorable au cotonnier et à de nombreuses cultures, est par contre défavorable au riz surtout en raison de la pauvreté en matière organique et azote ; enfin en milieu mal drainé, la carence en phosphore est également très fréquente.

Donc, si les Vertisols de certaines zones en pente à drainage naturel (Tikem) permettent la culture du coton, la plupart des autres sont peu ou pas utilisés. Seul le Sorgho de décrue (berbéré ou muskuari), tend à se répandre dans les régions où l'inondation n'est pas trop tardive et où la population est dense, en particulier dans le Nord-Cameroun. Les problèmes propres à la culture du riz, du coton et d'autres plantes dans les Vertisols seront traités en détail dans les chapitres suivants.

E. SOLS INTERMÉDIAIRES ENTRE LES ZONES INONDÉES ET LES ZONES EXONDÉES

a. SOLS LIMONEUX ALCALISÉS EN PROFONDEUR OU SOLONETZ SOLODISÉS

Répartition et formation des Sols à Alcalis lessivés

Ces sols ont un profil caractéristique et des propriétés particulières qui permettent de les reconnaître aisément ; sous les noms de « naga » au Tchad et de « hardé » au Nord-Cameroun, ils sont très répandus dans toute la cuvette tchadienne mais en plus forte proportion au nord qu'au sud. Ils n'occupent pas des superficies aussi importantes d'un seul tenant que certains Vertisols, mais constituent des bandes plus ou moins larges en bordure des zones d'inondation ou à la base des glacis des massifs cristallins.

Ils se forment en bordure des bourrelets alluviaux le long du réseau hydrographique actuel ou ancien, dans des dépôts limoneux ou sablo-argileux qui ne dépassent que de très peu le niveau des dépressions inondées où dominent les Vertisols.

Ils occupent, à l'intérieur même des plaines argileuses, le pourtour de certaines élévations de terrain dont la texture est plus limoneuse.

Enfin, à la base des massifs cristallins, il existe de grands glacis en pente douce recouverts en majeure partie de sols exondés très graveleux ; leur frange limitrophe des dépressions argileuses, présente des sols à la texture limoneuse ou sablo-argileuses, dont le profil d'ensemble est très comparable à celui des bordures alluviales limoneuses.

La formation des Solonetz solodisés n'est pas entièrement expliquée, il s'agit vraisemblablement à l'origine d'un phénomène de remontée de solutions salines, dans les dépôts limoneux situés en bordure des zones d'inondation. La faible profondeur de nappe, même temporaire, et la texture expliquent la présence de ces sols sur de petites imminences. De même à la base des glacis de dénudation, la nappe du socle circulant latéralement dans les arènes grossières, facilite les mouvements de sels.

Ces mouvements peuvent être latéraux ou verticaux. La pédogenèse a pu se produire sur une durée assez longue ce qui rend l'interprétation difficile.

Profil caractéristique d'un sol à alcalis lessivé

Ce type de profil peut présenter quelques variantes dans la profondeur ou la texture des divers horizons mais leur succession se retrouve toujours à peu près constante.

Horizon A₁

En surface sur une dizaine de centimètres en moyenne (variant de 5 à 20 suivant le cas), un horizon *sableux gris clair*, avec parfois une pellicule noirâtre en surface. Sa structure est particulière et très meuble.

Horizon A₂

A la base de l'horizon A₁ on observe une *couche blanche*, dont la texture est sableuse fine, avec une porosité vésiculaire ; elle ne dépasse pas 1 à 2 cm d'épaisseur.

Horizon B₁

Au-dessous de cet horizon clair A₂, à une quinzaine de centimètres de la surface, on observe une *transition brutale* avec un horizon *argileux très compact, de couleur brun foncé*, qui dans la majorité des cas descend jusqu'à 0,40 m de profondeur.

La structure est en *colonnes verticales*, le *sommet des colonnes est arrondi*, et l'horizon blanchâtre et vésiculaire A₂ recouvre le sommet des colonnes et pénètre dans les fentes latérales.

Horizon B₂

Au-dessous de 0,40 à 1 m, cet horizon est argileux, de couleur grisâtre avec une structure prismatique ; à sa base, vers 1 m, on observe un *niveau d'accumulation de calcaire* sous forme de nodules ou d'amas calcaires.

Solonetz solodisés, propriétés analytiques

BOCQUIER a attiré l'attention sur l'analogie frappante existante entre ce type de profil et les Solonetz solodisés, ou Sols à alcalis lessivés décrits par de nombreux pédologues étrangers en Russie, en Australie ou dans d'autres pays.

Effectivement l'analyse de ces sols montre que le pH est acide en surface (5,5 - 6), puis augmente rapidement dans l'horizon B (7 à 8) et atteint la valeur de 9 dans l'horizon profond carbonaté vers 1 m. Par ailleurs si la *teneur en sels solubles est faible*, la proportion de *sodium échangeable* varie de 15 % à 30 % de la capacité d'échange dans les horizons d'accumulation (B₁ B₂), ces horizons ont une *structure dispersée* très mauvaise. Il y a lessivage d'argile dans les horizons A₁ A₂, accumulation d'oxyde de fer dans l'horizon B₁, accumulation d'argile en B₂, et de calcium à la base du profil. L'écoulement latéral au-dessus de l'horizon B₁ joue aussi un rôle important dans l'appauvrissement des horizons A.

Variations dans les Solonetz Solodisés

L'horizon superficiel sableux peut avoir totalement disparu sous l'action de l'érosion en nappe ; la surface du sol est lisse et compacte, la végétation absente ; ces sols portent le nom de « naga » au Tchad et de « hardé » au Cameroun.

Les horizons d'accumulation de carbonate peuvent remonter à 0,50 m de la surface.

Inversement : certains sols ont des horizons A₁ et A₂ plus profonds mais également plus argileux ; le pH peut être plus ou moins acide en surface.

En profondeur l'accumulation du sodium peut être plus faible, de 7,5 % à 15 % de la capacité d'échange ; le pH demeure proche de la neutralité (7) en B et ne dépasse pas 7,5 en profondeur.

On observe alors un terme de passage avec les *Vertisols à hydromorphie*.

Il existe fréquemment une liaison entre les Vertisols et les Solonetz Solodisés, BOCQUIER a montré qu'un Solonetz pouvait se former à l'intérieur même des Vertisols dans une zone d'effondrement lorsque la nappe temporaire salée remonte à 0,75 m de profondeur, mais d'une manière plus générale, dans le modelé des plaines alluviales les vertisols sont *situés plus bas* que les Solonetz solodisés.

Utilisation des Solonetz Solodisés

La végétation naturelle des Solonetz solodisés est généralement une savane très claire, où *Lannea humilis* est un arbre assez caractéristique ; dans les parties érodées la végétation peut être nulle et les sols paraissent tout à fait stériles.

Cependant les Solonetz étant des sols exondés, leur utilisation peut présenter un grand intérêt car ils couvrent des surfaces non négligeables, jusqu'à 30 % dans certaines régions (Am-Dam). En réalité ils ne sont pratiquement pas utilisés : leur pauvreté est due principalement aux mauvaises propriétés physiques de

l'horizon B : très grande compacité, perméabilité nulle, faible stabilité structurale due à l'abondance de sodium dans le complexe absorbant. L'eau de pluie ne peut pénétrer en profondeur dans le sol, et il y a engorgement superficiel rapide provoquant le ruissellement et l'érosion.

En saison sèche le sol se dessèche très rapidement. Néanmoins du point de vue chimique, à part la pauvreté de l'horizon superficiel en matière organique, les sols ne présentent pas de toxicité particulière, saline ou alcaline, puisque c'est seulement à 1 m de profondeur que l'on note les pH très élevés de l'ordre de 9 ; tout le reste du profil est neutre ou légèrement acide. H. GILLET note que dans les sols de ce type qui ont conservé un horizon sableux suffisamment épais, on observe une excellente croissance des graminées pouvant fournir de très bons pâturages. Certains sols à un stade peu avancé d'évolution sont même très cultivés mais ils se dégradent rapidement. Dans les « hardé » du Nord-Cameroun, en ouvrant l'horizon B par un sous-solage, l'eau peut pénétrer en profondeur ; la structure de l'horizon B₁ est améliorée même quelques années après le sous-solage. Le coton végète dans des conditions convenables et donne des rendements corrects. La culture des graminées, grâce au travail des racines, permettrait certainement une consolidation meilleure de la structure.

Du point de vue des techniques culturales, les solutions possibles sont donc :

- protection de l'horizon sableux contre l'érosion par culture en petits casiers ou sur billons cloisonnés provoquant une élévation du niveau du sol ;
- ouverture de l'horizon compact B₁ par sous-solage ;
- au besoin, mélange des horizons A et B₁ ;
- amélioration du complexe basique par le sulfate de chaux ;
- culture de graminées fourragères ;
- fumier ou engrais vert - engrais minéraux (surtout azote et phosphore).

Avant de passer à une grande culture, il serait peut-être souhaitable d'améliorer les pâturages par une protection antiérosive simple et une culture de graminées après sous-solage.

Actuellement le mil tardif repiqué est cultivé sur bourrelets alluviaux de la région de Fort-Lamy - Massénia ; l'évolution de ces sols n'est pas encore trop avancée et l'on observe un mycélium calcaire à faible profondeur. Néanmoins des diguettes sont nécessaires pour permettre à l'eau de pénétrer. Ces sols, utilisés sans rotation ni jachère par l'agriculteur, finissent par se dégrader : ils sont alors abandonnés et la végétation naturelle s'y régénère difficilement.

b. AUTRES SOLS INTERMÉDIAIRES

Les autres sols intermédiaires peuvent être classés dans la catégorie de sols peu évolués, où les phénomènes de salinisation sont très faibles, ou bien encore dans la catégorie de sols ferrugineux tropicaux à pseudogley de profondeur que nous avons traités avec les sols ferrugineux.

Enfin certains Vertisols peu inondés peuvent être aussi considérés comme intermédiaires entre les sols inondés et les sols exondés.

Troisième Partie

**LES GRANDES ZONES D'UTILISATION
DE LA CUVETTE TCHADIENNE**

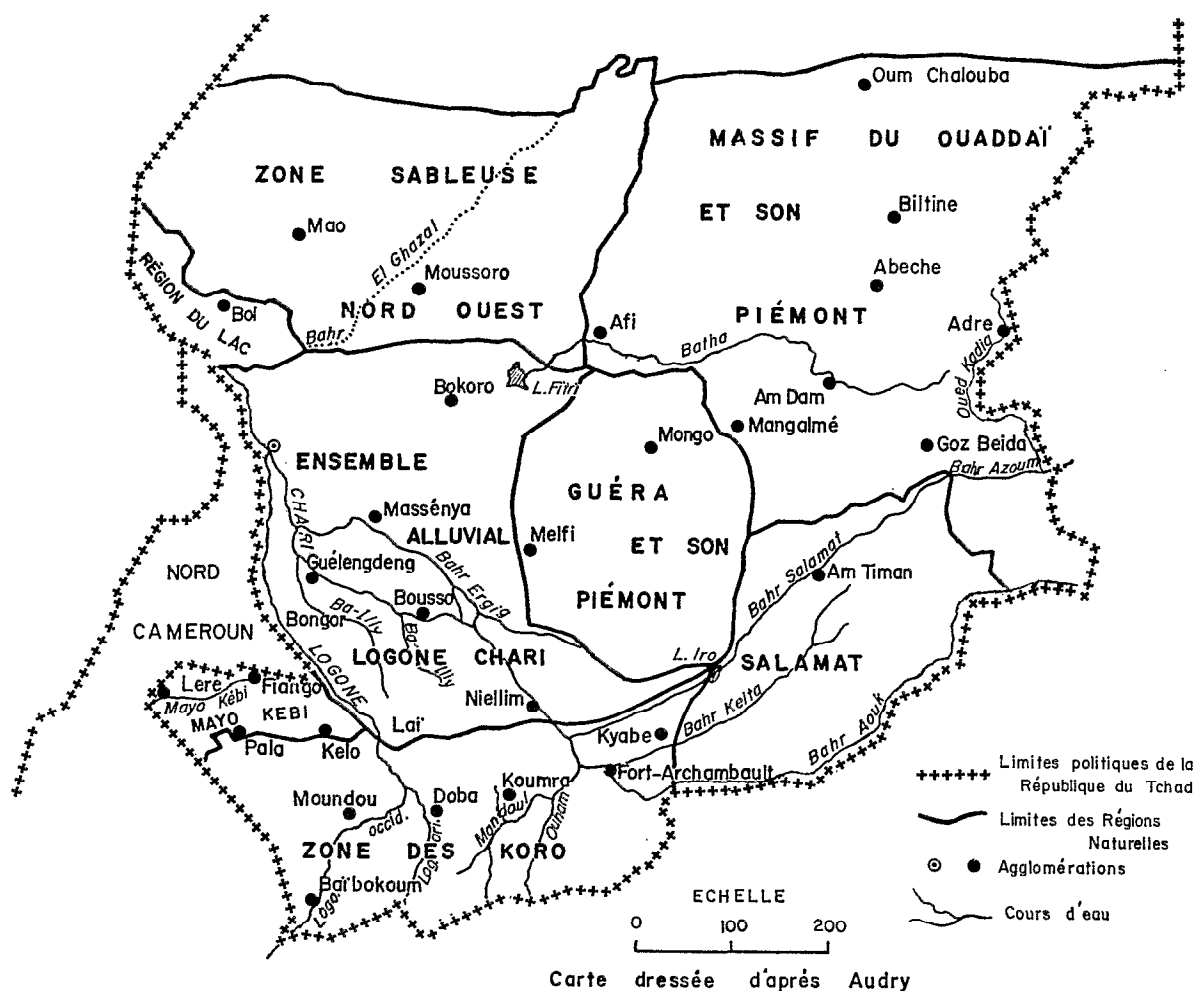


FIG. 8. — Principales régions naturelles du sud de la République du Tchad

A - ZONES INONDABLES POUVANT FAIRE L'OBJET D'AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

Ces zones inondables qui couvrent une très vaste superficie sont :

- Les bordures du Lac Tchad ;
- Le grand ensemble alluvial du Logone et du Chari ;
- Les plaines inondables de la région sud (zone des Koro) ;
- Les plaines alluviales du sud-est (région du Salamat) ;
- Les plaines alluviales du centre entre Chari et Ba-Illi.

I. — LES BORDURES DU LAC TCHAD

a. LA BORDURE SUD

Le lac Tchad est le vestige de la Mer Paléo-tchadienne qui drainait tout un système hydrographique dont il reste de longs sillons comme le Bahr el Ghazal.

Dans le passé, le lac lui-même a eu une extension beaucoup plus importante, marquée par un bourrelet sableux prenant en écharpe les régions nord du Cameroun et nord-ouest du Tchad, et plus ou moins concentrique au lac.

Les régions riveraines actuelles sont donc constituées essentiellement d'alluvions (soit lacustres anciennes soit fluviales plus récentes).

Par exemple, le delta du Chari constitue une zone marécageuse, traversée de chenaux profonds, avec une sédimentation active d'éléments divers, sableux à limono-argileux. Vers le sud-est apparaissent des lignes de dunes parallèles à la bordure du lac, et recouvertes d'un sol steppique, alternant avec des dépressions, dont le fond est plus limoneux et partiellement cultivé ; par ailleurs d'anciennes terrasses alluviales (entre Massaguet et Tourba) constituées de sédiments argilo-sableux et d'argiles feuilletées indiquent un dépôt lacustre. En général, ces sols sont soit de type brun, steppique, sableux, soit de type hydromorphe, sableux, profonds, soit de type peu évolué sur alluvions récentes ; ces derniers étant parfois salés à alcalis, enfin il existe des sols d'argile noire par taches.

Utilisation de la région sud du lac Tchad : Les argiles noires tropicales sont cultivées en mil tardif repiqué. Les bourrelets alcalisés, sont souvent incultes (naga). Les sols bruns sableux et les sols beiges hydromorphes sont cultivés en mil rouge, mil blanc et pois de terre.

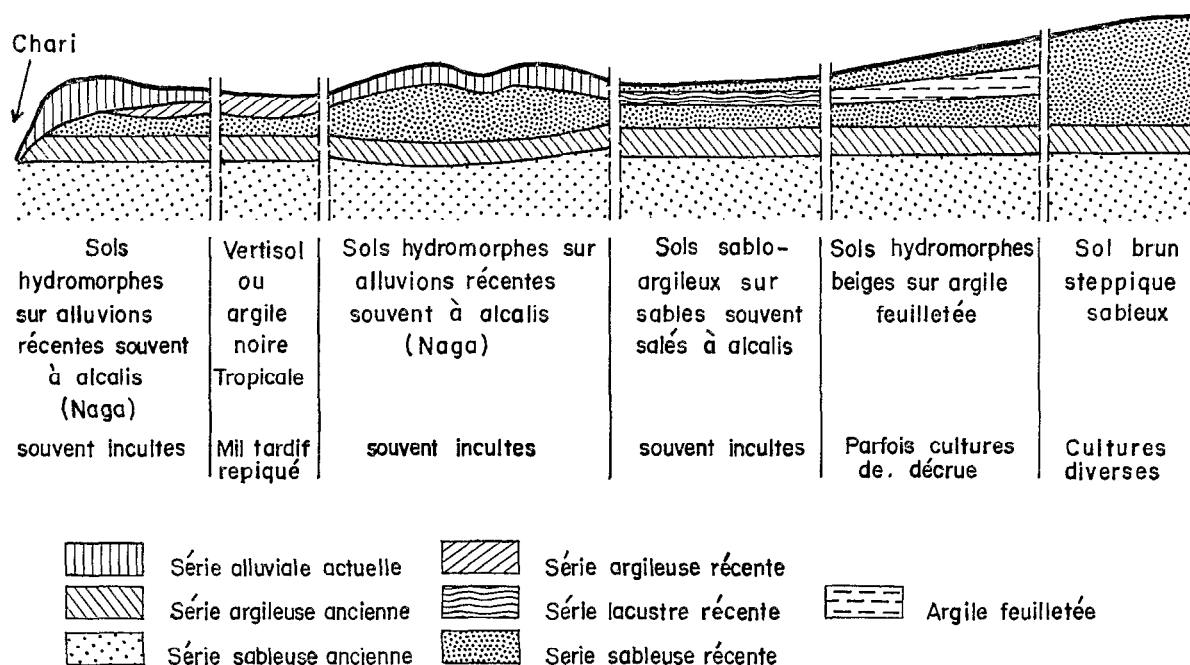


FIG. 9. — Dépôts alluviaux et sols au sud du lac Tchad (d'après J. PIAS)

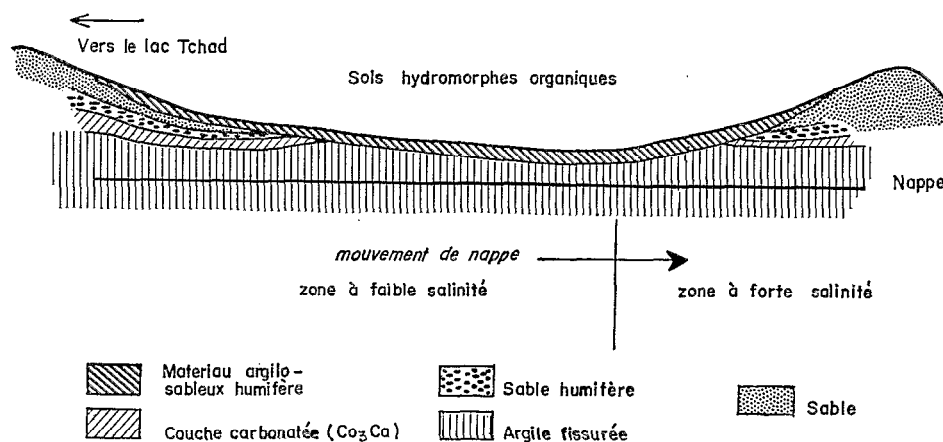


FIG. 10. — Coupe est-ouest d'un polder - région de Bol (d'après un rapport de Cheverry)

b. LA BORDURE EST : LES POLDERS DE BOL

La bordure orientale est formée d'un système de dunes orientées sensiblement NW-SE, et dont les dépressions ont été occupées par les eaux du lac à la suite d'une transgression.

Des éléments fins, riches en matière organique, et en argile à diatomées se sont déposés dans ces dépressions.

L'isolement de ces bras par des barrages en sable et l'évaporation des eaux ainsi emprisonnées, ont permis la récupération de terres cultivables, amenant la création de « polders ».

Certains polders importants existent depuis 10 à 15 ans non loin de la ville de Bol, occupant des surfaces de 500 à 1 000 ha. Dans un proche avenir une quinzaine de plaines analogues peuvent être récupérées pour la culture. Cette mise en culture et la conservation de la fertilité du sol pose des problèmes qui ont pu être étudiés assez en détail dans les polders existants.

Les problèmes hydrauliques de drainage et d'irrigation, ainsi que les problèmes agronomiques de préparation du sol, choix des cultures, semis, récoltes, etc., semblent avoir été assez bien résolus et n'ont pas présenté de difficultés particulières ; le problème essentiel est celui de la salure ou de l'alcalinisation possible des terres sous l'action d'une remontée à partir d'une nappe d'eau salée.

Le climat est de type semi aride avec une pluviométrie de l'ordre de 300 mm répartie sur trois mois, juillet-août-septembre. La température moyenne annuelle est élevée — 28° — avec de fortes amplitudes journalières.

L'évaporation potentielle est toujours supérieure à la pluviométrie même pendant les mois humides. L'évaporation représente donc un facteur-clé pour l'évolution des sols, en particulier la salinisation à partir d'une nappe. Néanmoins, les chutes de pluie ou les irrigations peuvent provoquer, comme il sera indiqué plus loin, des variations saisonnières de la salure dans les horizons supérieurs des sols.

1° NATURE DES SOLS

Sols peu salés

Ces sols occupent souvent la partie ouest ou centrale des polders. Un polder type est celui de Bol Guini choisi pour l'étude présente ; il est constitué par une dépression longue et étroite orientée NS, entre deux bourrelets dunaires, l'un à l'ouest, l'autre à l'est. Sa largeur est de plusieurs centaines de mètres ; différentes coupes de sol ont été étudiées d'ouest en est.

Les bordures des dunes sont généralement à un niveau topographique plus élevé ; vers le centre, il peut exister un thalweg encore inondé, ou avec une nappe à très faible profondeur suivant la saison.

Les zones les plus cultivées sont situées dans la partie moyenne, où la nappe phréatique varie de 0,30 m à 1 m de profondeur suivant la saison.

Profil caractéristique dans la zone moyenne

— Sur les 30 premiers centimètres, le sol est de couleur gris foncé à l'état sec, plus noirâtre à l'état humide.

— La structure est très meuble, faite d'éléments arrondis ou polyédriques, bien individualisés, très fissurés formant une sorte de mulch naturel sur environ 8 cm ;

— La texture est argilo-sableuse, très humifère.

Entre 8 et 30 cm, on observe un niveau un peu plus brunâtre et taché, toujours très meuble, contenant une certaine quantité de carbonates (effervescence aux acides).

Ce niveau supérieur est très meuble et abondamment garni de racines saines.

— Au-dessous, de 30 à 50 cm, on observe l'horizon dit d'argile fissurée, qui est un matériau de couleur gris très sombre à texture argilo-humifère, se débitant en prismes, plaquettes ou polyèdres avec des taches d'oxydes métalliques sur leurs faces. Ce matériau n'est pas carbonaté, les racines contournent les faces des prismes. La nature particulière de ce matériau est due à la présence d'argile à diatomées.

Dans ce profil, la nappe est à 0,50 m, et provoque l'apparition d'une couleur verdâtre homogène, dans l'argile fissurée, qui conserve sa structure intacte jusqu'à 1,20 m ; les racines ne pénètrent que très faiblement en raison de l'excès d'eau.

Caractéristiques analytiques

Dans les 30 premiers centimètres, on passe graduellement d'un limon argileux (30 % argile) à l'argile fissurée (60 % argile) ; il y a très peu de sables grossiers.

Le taux en matière organique est en moyenne de 11 % sur cette épaisseur, le rapport C/N est de 12 à 13 avec 4,6 ‰ de N total.

Le pH est de 7,5

La capacité d'échange de base est en moyenne de 40 mé pour 100 g sur cette épaisseur et peut être légèrement inférieure en profondeur. La répartition des cations échangeables est la suivante :

$$\text{Ca}^{++} = 31,6$$

$$\text{Mg}^{++} = 7$$

$$\text{K}^{+} = 1$$

$$\text{Na}^{+} = 0,4$$

— Le rapport $\frac{\text{Na}}{\text{T}}$ est inférieur à 4 %.

— La conductivité de l'extrait saturé est de l'ordre de 4 m.mho dans les dix premiers centimètres, elle n'est plus que de 0,7 et 0,8 en profondeur.

La composition en cations solubles est la suivante :

$$\text{Ca}^{++} = 4,8 \text{ mé pour } 100 \text{ g.}$$

$$\text{Mg}^{++} = 1,6$$

$$\text{K}^{+} = 0,4$$

$$\text{Na}^{+} = 2,2$$

En moyenne le rapport Ca/Na est voisin de 1 (en moyenne).

La composition en anion est la suivante :

$$\text{CO}_3\text{H}^{-} = 3 \text{ mé pour } 100 \text{ g.}$$

$$\text{SO}_4^{--} = 3,3$$

$$\text{Cl}^{-} \neq 0$$

- La teneur en calcaire peut atteindre 8 % entre 20 et 30 cm.
La teneur en phosphore total est de 2,3 ‰.
- Le rapport N/P₂O₅ total n'est donc pas supérieur à 2.
- La teneur en phosphore assimilable dépasse 400 ppm.

En conclusion, il s'agit d'un sol à bonne structure, riche en matière organique bien décomposée. (Dans les zones non exondées, la teneur en matière organique est beaucoup plus élevée : # 30 %, et mal décomposée).

Le pH est voisin de la neutralité, la salinité est faible, l'alcalisation est très faible ; les sels sont constitués essentiellement de sulfates et carbonates, il n'y a pas de chlorures. Les réserves minérales sont excellentes ; ce sol présente une fertilité élevée.

Mise en valeur des sols peu salés et variation du niveau de la nappe phréatique

En début de saison sèche (octobre) ; la nappe est à 30 cm de la surface du sol ; le 15 décembre, la nappe descendue à 56 cm.

Le sol est préparé pour la culture du blé, en petits casiers de 1,50 m. Le mulch sec superficiel est décapé pour trouver le sol humide. Le semis se fait dans l'intervalle 10 × 10 cm dans des trous de 5 cm de profondeur.

La culture du blé dure de décembre à mai.

La nappe descend jusqu'à environ 1 m.

— Le blé est alors irrigué par submersion, l'eau est puisée dans la nappe phréatique par un système de chadoufs (calebasses suspendues à des balanciers).

Il y a ainsi 12 à 14 irrigations et la dernière a lieu le 20 avril ; puis le blé est récolté par arrachage pied par pied.

La culture du blé peut être suivie d'une culture de maïs jusqu'en début de saison des pluies.

Mouvement de nappe et de sels pendant la culture

- Pendant la période des irrigations il ne se produit pas de remontée capillaire, la salinité est homogène sur environ 60 cm. En mai, le sol n'a plus que 30 % d'humidité en surface, alors que la capacité de rétention est de 70 %, la frange capillaire n'atteint pas la surface.
- En saison des pluies, le sol se réhumecte, la nappe remonte de 105 à 50 cm ; il n'y a pas de mouvement de sels pendant cette période.
- En fin de saison des pluies, le sol peut porter une culture de maïs, il se produit un lessivage des sols solubles sur environ 30 cm de profondeur.
- En début de saison sèche (octobre) lorsque la nappe est à 30 cm, il se produit une remontée de sels.

La salure de la nappe reste sensiblement constante, 0,5 g de sel par litre, (10 mé. par litre ou 1 m.mho/cm) ; quant à la salure à la surface du sol, les pertes semblent compenser les gains. Dans la partie médiane du polder il ne paraît pas qu'au cours d'une période de 10 ans la salure du sol et de la nappe ait beaucoup augmenté, la fertilité des sols demeure élevée.

D'après CHEVERRY, ce phénomène semble s'expliquer par un mouvement latéral de la nappe d'ouest en est évacuant ainsi les gains de sel qui se produisent obligatoirement du fait de l'évaporation.

Cette circulation latérale est facilitée par la nature de l'argile fissurée. Les efflorescences blanches de sulfate s'observent principalement sur les diguettes. Dans certaines parties plus basses, la culture est plus difficile ; chaque année la nappe réimprègne pendant quatre mois toute l'épaisseur du sol, pendant cette période la nappe et le sol ont une même teneur en sel. De février à mai, la culture du maïs est possible malgré les efflorescences qui se produisent en surface. En mai, la frange capillaire ne dépasse pas une vingtaine de centimètres au-dessus de la nappe. Dans cette partie basse, la salure n'augmente pas et reste toujours sensiblement égale à celle de la nappe.

Carbonatation des sols

Dans la plupart des sols, il existe un horizon de carbonatation entre 20 et 30 cm ; au niveau maximum de remontée de la nappe phréatique : les eaux sont riches en calcium et la matière organique dégage de fortes quantités de CO_2 . Dans les parties hautes de la plaine, le phénomène prend une importance particulière du fait qu'un recouvrement sableux s'est déposé au-dessus de l'argile fissurée. A la limite de l'argile fissurée et du sable, on observe un très important dépôt de carbonate : ce dépôt doit correspondre également à un ancien niveau de nappe.

Sols salés

Dans la partie est du polder, la nappe est fortement salée, (conductivité : 5 à 9 m·mho/cm), elle n'a qu'une pente très faible ; elle reçoit les sels venant de la partie ouest et comme elle est à faible profondeur, la salinisation du sol est intense. L'extrait de saturation du sol atteint 9,9 m·mho. La composition de cette eau révèle une forte dominance de sulfates et carbonates :

$$\text{SO}_4^{--} = 14,4 \text{ mé. pour } 100 \text{ g}$$

$$\text{CO}_3\text{H}^- : 4$$

$$\text{Cl}^- \text{ est voisin de } 0$$

L'alcalisation est faible 1,4 mé. de Na^+ pour une capacité d'échange de 35 mé. pour 100 gr.

Le pH est peu différent de 8.

La structure de ces sols n'est pas dégradée.

Mise en culture de la partie Est

De décembre à mai, on observe une très forte accumulation de sel blanc $\text{SO}_4 \text{ Na}_2$ en surface.

— entre le 21 juillet et le 5 août, il y a lessivage de l'horizon superficiel, la mise en culture est possible.

Néanmoins, la fertilité est médiocre en raison de la trop forte salinité. Cette partie est du polder est en quelque sorte l'exutoire des sels qui viennent s'y concentrer : il serait nécessaire de les évacuer, ce qui serait peut-être trop coûteux. La submersion totale par les eaux du lac au bout d'un certain nombre d'années reste peut-être une solution.

Sols alcalins

Ces sols se rencontrent lorsque la nappe, alimentée par une source qui s'est chargée de carbonates alcalins, est elle-même fortement alcalisée.

L'eau de la nappe contient 1,8 à 3 gr par litre de sels riches en CO_3NaH . Le Ph du sol gorgé d'eau est très alcalin (# 9).

Dans le sol le sodium échangeable atteint 7,6 mé ; en surface Na/T est supérieur à 15 %. Le sodium de l'extrait saturé est supérieur à la somme Ca + Mg.

$$\text{Ca} = 5,4$$

$$\text{Mg} = 2,2$$

$$\text{Na} = 21$$

Les anions sont essentiellement des carbonates et bicarbonates.

La structure du sol est modifiée (la partie supérieure et l'argile fissurée sont un peu plus compactés), mais pas autant qu'on pourrait le prévoir en fonction de l'accumulation de sodium. Il y a un horizon fortement carbonaté vers 0,50 m (55 % de CO_3Ca).

Utilisation des sols alcalins

La fertilité de ces sols est réduite ; il faudrait irriguer avec l'eau du lac et au besoin, mélanger avec la surface la couche carbonatée ou faire des apports de calcium soluble (gypse).

Dans les sols où la nappe phréatique est peu profonde cette couche carbonatée reste peu épaisse ; lorsque la nappe est très profonde : 60 à 150 cm, l'horizon carbonaté peut devenir très épais avec 60 % de CO_3Ca .

Ces sols sont utilisés de novembre à février pour la culture du blé.

2° CONCLUSION SUR LES SOLS DE POLDERS

Les polders présentent un sol de type assez homogène, argilo-limoneux très humifère, sur argile fissurée. Les propriétés varient essentiellement en fonction de la salure de la nappe qui peut être différente suivant les emplacements. La fertilité naturelle provient de la richesse élevée en matière organique bien humifiée et en azote, de la bonne capacité d'échange, de la richesse en potassium et phosphore, du pH neutre, enfin de la bonne structure. 2 à 3 cultures par an sont effectuées depuis dix ans : il s'agit essentiellement de blé et de maïs.

Suivant les zones du polder, les facteurs de perte de fertilité peuvent être :

- Salinisation de la couche exploitée par les racines ;
- Alcalisation ;
- Dessèchement des couches supérieures ;
- Carbonatation très marquée à faible profondeur.

Actuellement le danger principal est la salinisation.

— Lorsque les sels sont éliminés naturellement par mouvement latéral de nappe, la fertilité se maintient.

— Lorsque les eaux de nappe sont peu mobiles et s'évaporent, il y a accumulation de sels. Ces zones salées peuvent être momentanément sacrifiées comme exutoires, ensuite il faudra sans doute dessaler par submersion suivie de drainage ou pompage.

En plus de la salure un autre danger est celui de la remontée du niveau de nappe ; le contrôle de cette nappe est donc un facteur important pour l'avenir des polders.

c. LE SILLON DU BAHR EL GHAZAL

1° LES SOLS

Le Bahr el Ghazal est le vestige d'une ancienne voie d'eau qui unissait autrefois le lac Tchad avec les dépressions du nord-est.

Il prend naissance vers Tagaga puis se dirige vers Massakori et remonte au nord-est vers Moussoro.

Ce sillon est constitué d'une série de dépressions dans lesquelles l'avancée du lac est marquée par des dépôts limono-argileux sur un ou deux mètres d'épaisseur, reposant sur des argiles feuilletées interstratifiées de sable.

En bordure des dépressions on observe des sols de type « naga » à alcalis, ou salés à alcalis, et dans les fonds, des sols voisins des argiles noires tropicales. Entre les dépressions se sont formés des sols bruns arides de la série sableuse.

Sols à alcalis

Les sols à alcalis de bordure constituent des terrasses, portant des sédiments variés sablo-argileux et argilo-limoneux qui reposent tantôt sur du sable, tantôt sur des argiles feuilletées.

Ces sols présentent les profils assez caractéristiques des sols à alcalis lessivés ou « naga » qui seront étudiés plus loin dans divers chapitres.

Les argiles noires des parties basses sont les sols les plus répandus ; leur profil est le suivant :

0 à 40 cm : un horizon noir, argilo-limoneux, structure polyédrique moyenne, faible compacité, quelques fentes de retrait.
40 à 70 cm : un horizon argileux, structure polyédrique moyenne à fine, peu compact, présence de pseudomycélium.

La nappe phréatique est profonde.

Analyse des argiles noires du Bahr el Ghazal

Profondeur cm	0-20	20-40	70-80
pH	7,2	6,9	7,2
S. grossier %	12,5	13,4	4,7
S. fin %	20	15,4	5
Limon %	15,5	14,6	17,1
Argile %	45,2	48,1	64,3
Mat. organique % ..	1,8	2,3	2
N %	1	1,1	1,12
C/N	10,6	12	9,7
<i>Bases échangeables mé. pour 100 g</i>			
Ca	13,3	15,3	15
Mg	8,4	9,8	8,9
K	1,8	1,7	1,8
Na	1	1,4	4
<i>Sels solubles</i>			
Extrait saturé	m.mho/cm 1 à 2		

Ces sols, très argileux et riches en limon et sable fin, se distinguent des vertisols typiques par une structure fine qui pénètre en profondeur ; l'ensemble du profil est meuble.

- Cette structure est due à une teneur en matière organique relativement élevée de 1,8 à 2 %.
- Ces sols sont neutres à légèrement alcalins, le pH peut parfois augmenter fortement en profondeur.

Les taux de calcium dominant ; les teneurs en magnésium et potassium sont élevées. Le sodium, moyen en surface, augmente fortement en profondeur Na/Ca dépasse 15 à 20 % vers 1 m de profondeur.

La teneur en sels solubles, faible en surface, peut atteindre parfois 8 à 10 m.mho/cm vers 1 m de profondeur : ce sont essentiellement des sulfates et des carbonates.

2° UTILISATION DES SOLS

Les populations sont surtout constituées de pasteurs qui ne se fixent que pendant la saison des pluies ; ils cultivent un peu les sols des terrasses, en particulier en mil rouge, parfois en maïs. Dans la région de Massakory, les argiles noires portent du mil tardif repiqué.

Dans celle de Chedra la nappe est plus proche de la surface et les sols sont cultivés en blé et maïs comme ceux de la bordure du lac.

II. — LE GRAND ENSEMBLE ALLUVIAL DU LOGONE ET DU CHARI

a. LA RÉGION DU BAS-CHARI

INTRODUCTION

Dans la région du Bas-Chari, on peut distinguer d'une part la zone dépressionnaire au sud de Fort-Lamy d'autre part, la dépression et l'ensemble deltaïque qui s'étend au nord de cette ville jusqu'au lac Tchad.

Au sud de Fort-Lamy, la dépression correspond à un couloir de 10 à 20 km, inondé en période de crue par des défluent comme les Bahrs Ligna, Gatomoro, Mogo, ainsi que le Bahr Erguig et dont l'écoulement se fait en direction SE-NO.

Ces défluent possèdent des bourrelets plus ou moins étendus, de textures très diverses qui donnent à cette région des sols très hétérogènes.

La région dépressionnaire du nord s'étend à l'est et à l'ouest du Chari jusqu'aux Bahrs Ligna et Massaguett au Tchad, et au Serbewel et à l'El-Beid au Cameroun.

De même qu'au sud on observe un ensemble complexe de cuvettes et de bourrelets correspondant à des défluent actuels ou anciens avec des sédiments très variés. Les sols sont sensiblement les mêmes dans les deux régions mais avec une répartition différente.

1° CLASSIFICATION DES SOLS

Dans l'ordre de cote décroissante, les principaux types de sol sont les suivants :

Sols exondés :

- Sols bruns arides, sableux ;
- Sols peu évolués, tendant vers les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, sur sédiments limoneux.

Sols intermédiaires

- Sols à alcalis lessivés, ou Solonetz solodisés sur sédiments limoneux à limono-sableux.

Sols inondés

- Sols hydromorphes minéraux argilo-sableux de couleur brune ou noire, parfois à alcalis et salés.
- Vertisols ou argiles noires tropicales parfois à alcalis et salés.
- Sols hydromorphes minéraux sableux (à pseudogley d'ensemble) reposant sur argiles feuilletées.
- Sols hydromorphes à gley, argileux, tendant vers des sols moyennement humifères, à inondation prolongée.

2° RÉPARTITION ET UTILISATION DES SOLS

Dans la région au sud de Fort-Lamy, la dominance revient aux sols sur alluvions récentes, limoneuses à limono-sableuses dont la plupart sont fortement alcalisés (sols à alcalis lessivés).

Les buttes sableuses ne sont pas rares ; les sols sont de type ferrugineux tropicaux ;

A une cote plus basse, on passe à des sols ferrugineux à pseudogley de profondeur puis aux sols à alcalis lessivés ;

Dans les bas fonds, on observe les sols hydromorphes argileux plus ou moins alcalisés enfin, les Vertisols ou argiles noires tropicales.

Au nord de Fort-Lamy, ce sont les Vertisols ou argiles noires tropicales qui dominent ; ils sont parfois alcalisés, surtout en profondeur. Ils sont répartis en dépressions secondaires par des bourrelets d'anciens défluent formés sur alluvions récentes. Les sols de bourrelets sont sableux et présentent parfois le faciès à alcalis lessivés, lorsque la texture est limoneuse. Les sols exondés sont fréquemment cultivés, les bas fonds sont utilisés en fonction de la profondeur d'inondation qui diminue en s'éloignant du Chari.

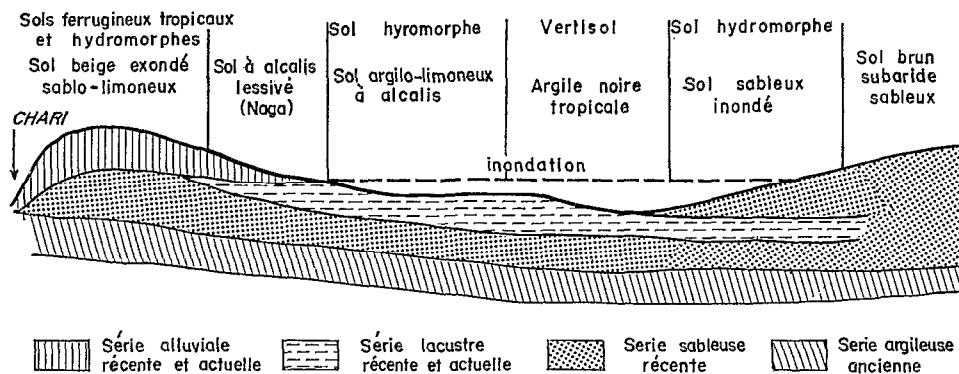


FIG. 11. — Coupe schématique de la région au nord de Fort-Lamy (d'après une étude de PIAS).

3° FICHES ANALYTIQUES

Trois tableaux analytiques sont présentés : le premier donne l'analyse des sols principaux situés au sud de Fort-Lamy, les deux suivants, sont consacrés aux sols de la région nord.

Sols au sud de Fort-Lamy

	Sol Ferrugineux Tropicaux à hydromorphie de profondeur			Sol à alcalis lessivé, sablo-argileux		Sol hydromorphe, argilo-sableux		Vertisol		
Profondeur	0-20	50	100	0-20	60-80	0-20	50	0-20	50	
pH	7,6	5,3	7,8	6,5	9,5	5,8	6,5	6,8	6,8	pH
Sable grossier ..	49	44	44	14	7	28	25	1	1	Sable grossier
Sable fin	44	44	39	74	61	45	37	15	13	Sable fin
Limon	4	2	3	6	9	6	8	24	25	Limon
Argile	3	10	14	6	23	21	30	61	61	Argile
M.O. %	1,06			0,46		0,96		0,68		M.O. %
N ‰	0,4			0,29		0,71		0,36		N ‰ -Azote
C/N	15,5			9,3		7,9		11,1		
<i>Bases échangeables mé pour 100 g</i>										
Ca ⁺⁺	2,9	1,9	5,7	2	9,95	7,7	15,6	16,3	16,1	
Mg ⁺⁺	0,4	0,7	1,2	1,1	3,4	2,5	3,2	7,6	9	
K ⁺	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,8	1	
Na ⁺	0,3	0,3	0,4	0,3	4	0,6	0,65	1,3	1,2	
<i>Sels solubles mé pour 100 g</i>										
Ca					0,25					
Mg					0,4					
K					0,1					
Na					1					

4° PROPRIÉTÉS DES SOLS

Les différents types de sols ont des propriétés morphologiques qui s'écartent peu des propriétés générales décrites précédemment.

Les sols exondés

Sols sableux

En ce qui concerne les sols sableux, la distinction entre sols subarides au nord et sols ferrugineux tropicaux au sud de l'isohyète 600 n'amène que peu de modifications de profil.

Sol ferrugineux tropical-sableux

0- 15 cm : horizon gris, sableux, structure fondue ;
 15-200 cm : horizon beige ocre, sableux, structure fondue, quelques taches jaunâtres vers 150 cm ;
 200-220 cm : horizon beige sableux, structure fondue.

Sol brun subaride sableux

0-120 cm : horizon gris brun, se dégradant progressivement à brun clair, structure fondue ;
 120-160 cm : horizon beige ocre, sableux, particulière ;
 160-250 cm : horizon sableux particulière de couleur claire.

Ces deux profils se distinguent principalement par la présence d'un horizon un peu plus teinté d'ocre à faible profondeur dans le sol ferrugineux tropical, leurs autres propriétés d'ensemble sont très voisines.

Le problème de leur utilisation sera traité plus en détail avec les sols des grands ensembles sableux de la région de Bokoro Dilbini plus à l'est : ils conviennent surtout au petit mil et à l'arachide.

Sols sablo-limoneux

Ces sols ont été appelés « sols beiges » par PIAS, ce sont des sols assez peu évolués qui, suivant la profondeur de la nappe, peuvent être classés soit dans le groupe des sols *ferrugineux tropicaux peu lessivés* soit dans le groupe des sols *hydromorphes à pseudogley de profondeur*.

Analyse des Sols au nord de Fort-Lamy

	Sol Brun, Aride, Sableux			Sol Exondé Ferrugineux Tropical, Beige, Sablo-limoneux			Sol lessivé à Alcalis -Solonetz Solodisé, Sablo-limoneux		Sol hydromorphes à alcalis argilo-sableux, bruns ou noirs		
Profondeur	0-20	50	110	0-20	30-50	80-100	0-20	60-80	0-20	30-50	60-80
pH	7	6,7	6,6	6,8	6,6	6,6	6,4	9	8,4	9,4	9,3
Sable grossier %	25	24	26	13,2	9,9	14,5	39	37,5	15	15	13
Sable fin %	70	70	69	72,8	62,7	62,3	51,4	47,4	49	55	56
Limon %	2	1	1	4	1,5	4	3,5	1	9	3	4
Argile %	3	5	4	8,5	23,5	17	5	12,5	27	27	27
Mat. Organique % ..	0,43			0,76	0,3		0,54	0,22	0,65		
N ‰	0,21			0,5	0,25		0,04	0,02	0,46		
C/N	11,9			8,8	6,8		7,75	6,5	0,38		
<i>Bases échangeables mé pour 100 g</i>											
Ca	1,7	2,2	1,5	4,24	6,42	7,42	4,26	4,87	15,15	12,14	9,67
Mg	0,6	0,2	< 0,1	1,31	2,28	1,74	0,84	1,14	3,8	4	4,5
K	0,2	0,25	0,1	0,75	0,62	0,33	0,25	0,28	1,11	0,98	1,13
Na	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,32	2,36	10,6	12,36
Na/Ca %								27,1	15,5	87	127,8
Sels solubles											
Na mé %								1,19	1,05	1,10	3,9
Conductivité m.mho/cm									1,18	1,84	3,48

	Vertisol ou argile noire Tropicale salée à alcalis			Sol hydromorphe argileux des prairies inondées	
Profondeur cm	0-20	40-60	60-80	0-20	60-80
pH	7,9	7,8	7,8	4,7	5,4
Sable grossier %	4	4	2	3	2
Sable fin	34	29	29	14	17
Limon %	11	13	10	21	20
Argile %	51	54	59	62	61
Matière Organique %	0,79			3,27	0,69
N % ₀₀ Azote	0,43			1,6	0,45
C/N	10,7			11,9	8,9
<i>Bases échangeables mé pour 100 g</i>					
Ca ⁺⁺	20,9	45	33,45	10,8	11,4
Mg ⁺⁺	7,4	6,5	10	6	5,5
K ⁺	0,97	0,85	0,95	1,56	0,96
Na ⁺	1,91	6,3	18,50	0,64	1,12
<i>Sels solubles</i>					
Ca	0,48	10,6	6,5		
Mg	0,2	1,26	1,45		
K	0,11	0,19	0,17		
Na	0,62	5,4	9,1		
Conductivité extrait saturé m.mho/cm		4,5	5,6		

Profil : un exemple de profil caractéristique est le suivant :

- A₁ A₂ 0- 60 cm : horizon gris beige sableux, structure fondue ;
 B₁ 60-110 cm : horizon beige avec quelques taches rouille, sablo-argileux compact, structure polyédrique.
 B₂ 110-140 cm : horizon sablo-argileux très tacheté de rouille avec quelques concrétions ferrugineuses noires, structure polyédrique, compact.

Propriétés générales

Dans la région du Bas Chari, ces sols sont le plus souvent formés sur la série sableuse récente ou la série limono-sableuse récente ; ces sables sont généralement micacés ce qui confère au sol une bonne réserve minérale.

La nappe phréatique de profondeur variable, remonte à 120-150 cm, ce qui amène la formation du pseudogley profond (taches et concrétions). Les propriétés physiques d'ensemble sont assez bonnes du fait de l'homogénéité et de la profondeur du profil.

La structure est fondue dans l'horizon superficiel, c'est-à-dire sans agrégats bien individualisés, ce qui est dû à la très forte teneur en sable fin et à la pauvreté en matière organique. Ces sols peuvent être assez meubles dans la partie la plus sableuse, mais ils se colmatent facilement à faible profondeur par l'argile qui est lessivée de l'horizon supérieur ; le sol devient donc peu perméable mais sa rétention d'eau peut être assez bonne.

Richesse chimique

Au point de vue chimique, le pH, un peu acide à neutre en surface (6 à 7), augmente en profondeur et peut devenir alcalin.

- La teneur en matière organique est faible. L'azote (N ‰) est en moyenne de 0,5 à 0,6 ‰ mais grâce au pH élevé, le potentiel immédiat de fertilité est très bon et les rendements peuvent être élevés.
- La teneur en bases échangeables est bonne, la somme S peut atteindre 6 mé pour 100 g en surface, avec un bon équilibre Ca—Mg—K (4,2—1,3—0,5) c'est-à-dire qu'il n'y a pas de carence de potassium.

La teneur en sodium est négligeable en surface, elle peut augmenter parfois en profondeur.

Le phosphore total (exprimé en P_2O_5) varie de 0,2 à 0,36 ‰, c'est-à-dire qu'il est en équilibre correct avec l'azote total (N/ P_2O_5).

Utilisation des sols sablo-limoneux, beiges exondés

Les sols non dégradés présentent donc une bonne fertilité et sont très cultivés. Ils constituent la majorité des terres exondées des bourrelets alluviaux. Dans le type sableux, on cultive l'arachide, le petit mil, le pois de terre ; dans le type sablo-argileux, le mil rouge, le mil blanc, le coton.

Le coton est très sensible à l'excès d'eau qui peut se manifester dans ces sols, la croissance des plantes est influencée par le microrelief ; les cotonniers souffrent dans les points bas où l'eau stagne. Il est nécessaire de pratiquer la culture sur billons pour éviter la stagnation d'eau.

Le problème du travail du sol, et du maintien de la matière organique est très important. La fumure organique est surtout pratiquée autour des villages, la fertilité des sols est alors élevée et les cultures sont variées (maïs, manioc, tabac, gombos, piments, Calebasses, tomates).

Les problèmes d'utilisation des sols sablo-limoneux exondés, seront mieux étudiés à propos des zones plus méridionales du Tchad et du nord-Cameroun (plaines des grands Mayos et du Ba-Illi).

Les sols intermédiaires

Sols sablo-limoneux à sablo-argileux à alcalis lessivés (Solonetz Solodisés) : Ces sols très semblables aux précédents, formés sur les mêmes sédiments, sont parfois un peu plus argileux en profondeur ; mais ils sont situés en bordure d'une zone basse qu'ils ne surplombent que d'une faible hauteur. Leur végétation est celle des « naga », c'est-à-dire très clairsemée avec des espèces caractéristiques comme *Lannea humilis* et *Balanites aegyptiaca*.

Le pourcentage de ces sols augmente vers le nord de la cuvette tchadienne, avec l'accroissement de l'évaporation.

Profil : leur profil caractéristique est le suivant :

Horizon A 0- 5 cm : Sableux gris beige, structure particulière.

Horizon B₁ 5- 25 cm : gris beige, trainées rouille abondantes, sablo-argileux à sable fin, *très compact*, structure cubique.

Horizon B₂ 25- 60 cm : beige à gris beige, taches rouille peu abondantes, sablo-argileux, structure polyédrique, pseudomycélium blanc et masses calcaires.

Horizon B_g 60-160 cm : horizon très tacheté, rouille et ocre, sablo-argileux, structure polyédrique, pseudomycélium abondant, masses calcaires et concrétions ferrugineuses.

Propriétés générales

Ces sols ont le profil typique des sols à alcalis lessivés ou « Solonetz Solodisés » déjà décrits précédemment. Au point de vue physique, l'horizon de surface sableux est peu épais et parfois totalement décapé par l'érosion. L'horizon sablo-argileux à structure cubique, sous-jacent, est très compact, sa perméabilité est nulle ce qui rend l'utilisation de ces sols difficile.

Richesse chimique

— Au point de vue chimique, les taux de matière organique et azote sont plus faibles que dans les autres sols sablo-limoneux :

Matière organique	0,56 %
N. total	0,38 ‰

— Le pH est de 6 - 6,5 en surface et peut atteindre 8 - 9 à 60 - 80 cm de profondeur.

Si l'alcalisation de l'horizon de surface est faible, dans l'horizon profond par contre, le pourcentage de sodium échangeable dans le complexe absorbant peut varier de 15 % à 30 %, parfois davantage. Les autres bases Ca^{++} Mg^{++} K^{+} sont en proportions convenables. Néanmoins Ca^{++} diminue lorsque Na^{+} augmente.

Le carbonate de chaux existe surtout sous forme d'amas calcaires mais ne se trouve pas dans la terre fine.

— Les sols solubles sont peu abondants en surface et augmentent en profondeur. La conductivité reste cependant inférieure à 4 m·mho/cm qui est la limite des sols salés ; ces sels sont surtout des carbonates et des sulfates ; il y a très peu de chlorure :

CO_3H^-	2,3 mé pour 100 g
SO_4^{--}	0,3
Cl^-	Traces

— Le phosphore total est faible en surface : 0,2 ‰ P_2O_5 . Ce sol possède par contre des réserves minérales importantes sous forme de micas ou feldspaths.

— L'analyse totale triacide révèle un rapport $\frac{\text{Alumine (Al 203)}}{\text{Silice (Si 02)}}$ de 6 en surface et de 12 en profondeur, ce qui serait l'indice d'une forte teneur en silice libre. Le fer libre augmente de la surface vers la profondeur.

Utilisation des sols à alcalis lessivés

Ces sols sont peu utilisés ou même abandonnés : c'est surtout leur faible perméabilité qui est l'obstacle essentiel à la culture ; leur morcellement rend difficile leur amélioration (travail en profondeur, billonnage cloisonné, apport de sulfate de chaux, amendements organiques) ; ils peuvent servir momentanément au pâturage avec protection anti-érosive. Leur récupération sera étudiée dans le cas des « hardé » du Nord-Cameroun.

Les sols inondés des dépressions

Répartition et classification :

Dans les zones moyennement à faiblement inondées, on observe :

- Des sols sableux inondés assez profonds mais reposant sur argile (sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble) ;
 - Des sols argilo-sableux ou argilo-limoneux de couleur brune ou noire, souvent alcalisés (sols hydromorphes voisins des Vertisols) ;
 - Des argiles noires tropicales parfois alcalisées en profondeur (Vertisols).
- Dans les zones fortement inondées pendant une longue période :
- Les sols argileux et humifères dominent (sols hydromorphes à gley).

Zones moyennement à faiblement inondées

Sols sableux inondés (sols hydromorphes minéraux à pseudogley d'ensemble) (sols beiges hydromorphes de PIAS)

Ces sols alternent souvent avec les sols argileux noirs à nodules calcaires dans les zones à inondation. Ils sont formés sur la série sableuse récente, et reposent en profondeur, sur des sédiments argileux plus anciens. Leur végétation est souvent une prairie marécageuse. Ces sols sont fréquemment alcalisés.

Profil caractéristique

- 0- 30 cm : horizon beige tacheté d'ocre, sableux particulière ;
 30-120 cm : horizon jaunâtre, sableux à sablo-argileux, polyédrique grossier très compact.

Ces sols présentent de nombreuses trainées rouille le long des racines ; par ablation de la surface, ils peuvent se couvrir d'une couche de petits gravillons superficiels. En profondeur il peut se constituer des amas de fer, sorte d'« alios » au contact des amas calcaires.

L'inondation provoque l'entraînement mécanique des éléments fins, formant l'horizon illuvial ; elle apporte aussi des oxydes de fer qui se déposent en surface sous forme de plaques. En saison sèche, il se produit une remontée capillaire à partir d'une nappe proche de la surface, donnant des sols alcalins et salés.

Analyse d'un sol sableux inondé

<i>Profondeur cm</i>	0-20	60-80	80-100
pH	6,5	6,7	5,1
Sable grossier	8	6,9	0,8
Sable fin %	75	81	83
Limon %	2,5	2	3,9
Argile %	12,5	9,1	10,7
Matière organique %	1,5		
Azote ‰	0,9		

Bases échangeables mé. pour 100 g

Ca	6,2	3,6	3,5
Mg	1,5	1,5	1,2
K	1,02	0,5	0,4
Na	0,85	0,88	0,89

Propriétés générales

Les textures sont diverses et vont de sableux à sablo-argileux, la teneur en sable fin est toujours très élevée. Ces sables sont micacés.

Les profils sont hétérogènes en raison des variations de l'alluvionnement. La structure est particulière dans l'horizon supérieur, polyédrique moyenne à cubique dans l'horizon sablo-argileux, souvent massive et très compacte en profondeur.

Propriétés chimiques

Les pH, souvent acides en surface, (5 à 6), augmentent en profondeur, et peuvent atteindre 7,5 à 8 au contact des argiles calcaires ; les horizons profonds peuvent être alcalisés et contenir des sels solubles.

Les teneurs en matière organique sont variables et dépendent de la texture et des conditions de submersion. Elles varient de 0,5 % dans les sols les plus sableux à 2 % dans les sols limono-argileux.

Utilisation des sols sableux inondés

Le long du couloir du Chari, ces sols sont peu cultivés ; en bordure du lac Tchad, par contre, ils sont utilisés au fur et à mesure de la décrue pour des cultures telles que haricot, maïs, mil rouge, mil blanc. Dans le sud, ces sols, surtout lorsqu'ils sont limono-sableux, sont cultivés en riz si la hauteur d'eau ne dépasse pas 0,60 m.

Sols hydromorphes, argilo-sableux de couleur brune ou noire

Dans les dépressions au nord de Fort-Lamy, la sédimentation argileuse n'a qu'une faible épaisseur : 80 à 120 cm, et repose sur la série sableuse vers un mètre de profondeur.

La végétation est souvent un boisement dense d'épineux (*Acacia seyal*, *Acacia scorpioides*).

Le profil du sol est peu différent du profil typique des Vertisols.

D'aspect homogène sur environ un mètre, de couleur noire, argileux (50 à 80 %), il est fortement craquelé en saison sèche avec des fentes de retrait de 2 à 3 cm d'ouverture formant un réseau polygonal.

On observe des nodules calcaires souvent par taches en surface, et en profondeur au niveau de l'horizon sableux, des taches rouille et parfois des nodules calcaires.

Sur les parties hautes, on distingue un sol d'argile brune à nodules calcaires, et en contre-bas un sol d'argile noire. Les sols peu inondés en bordure des zones d'inondation sont souvent alcalisés, par contre les sols fortement inondés dans les marécages semi-permanents présentent un horizon superficiel riche en matière organique et acide, parfois semi-tourbeux.

Vertisols typiques

Ils occupent des surfaces importantes au nord de Fort-Lamy ; inondés par les pluies, ils ne reçoivent souvent qu'une faible lame d'eau d'inondation et sont couverts d'une végétation d'épineux.

La succession d'engorgement interne et de remontée capillaire leur confère un pH élevé et une teneur assez forte en sodium échangeable et en sels solubles.

Propriétés physiques

Ce sont des sols très compacts. La fiche analytique jointe montre qu'ils sont très riches en argiles et en sable fin (50 % argile, 30 % sable fin) ; cette argile est de type montmorillonite, c'est-à-dire gonflante. Lorsque le rapport Na/Ca est faible (inférieur à 10 %), la structure peut néanmoins être de type polyédrique en surface, avec possibilité d'ameublissement par le travail.

C'est le cas également dans les horizons à mycelium calcaire. En profondeur le rapport Na/Ca dépasse souvent 15 % : la structure est alors très compacte et le sol très imperméable.

Salinité

Les horizons inférieurs contiennent des quantités non négligeables de sels solubles, la conductivité est parfois de 4 ou 5 m·mho/cm, soit une valeur très proche de celle des sols salins. Les cations Ca^{++} et Na^+ solubles, sont en proportions équivalentes dans ces sols.

Richesse chimique

Ces sols ont un pH de 7 à 8 en surface ou en profondeur. Les taux de matière organique sont faibles : de 0,8 % à 1,5 %. L'azote (N total ‰) varie de 0,4 ‰ à 0,6 ‰. Le taux de phosphore total est faible, 0,2 à 0,4 ‰, mais en équilibre normal avec l'azote.

Fertilité et utilisation des Argiles noires et brunes et des Vertisols

Ces sols peuvent être cultivés en mil tardif repiqué si la crue se retire suffisamment tôt, ou en coton avec aménagement ; si le riz est à déconseiller fortement, peut être le maïs serait-il possible.

La fertilité de ces sols peut être élevée en culture exondée, l'alcalinité et les sels solubles ne présentent pas au départ des obstacles chimiques insurmontables, ce sont surtout les propriétés physiques, en particulier la forte imperméabilité, qui sont les facteurs les plus défavorables.

Néanmoins la suppression de l'inondation périodique par des digues pourrait fort bien accroître la remontée des sels, d'autant plus que ces argiles reposent sur un fond sableux à faible profondeur où peut s'établir une nappe.

A vrai dire, l'exsudation temporaire en surface de sels où dominent les carbonates et sulfates de Ca, n'est pas un inconvénient absolu. Les eaux d'irrigation n'étant pas salées, le problème consiste à établir un équilibre entre drainage et remontée ce qui est difficile en raison de la forte imperméabilité des sols.

Dans les régions analogues, un réseau important de canaux de drainage profonds a parfois résolu le problème.

Zones fortement inondées

Sols noirs sur argile récente (sols hydromorphes à pseudogley et gley argileux)

Généralités

Ces sols sont également formés sur un dépôt d'argile récente d'1 à 4 m d'épaisseur et ont certaines propriétés voisines des vestisols surtout en profondeur ; mais la durée de leur inondation sous plusieurs

mètres d'eau, de juillet jusqu'à février-mars parfois, leur confère des propriétés de sols hydromorphes. Ils occupent de grandes surfaces dans les plaines d'inondation entre Logone et Chari ainsi qu'au Nord-Cameroun, et le fond de mares semi-permanentes. Leur végétation caractéristique est une prairie graminéenne.

Profil caractéristique

0- 20 cm : argileux noir, humifère, taches rouille nombreuses le long des racines, structure assez fine.
20-120 cm : argileux noir, très compact à tendance gleyeuse (gris verdâtre).

Propriétés analytiques

Les propriétés analytiques sont les suivantes (voir tableau analytique) :

Teneur en argile très élevée 50 à 80 % avec 15 à 20 % de limon. La structure est très compacte en profondeur, par contre, elle peut être grumeleuse et fine en surface en raison de l'abondance de matière organique. La moyenne est de 2 % (M.O. totale), mais peut atteindre 5 à 6 % ; on observe alors un horizon organique dans les marécages semi-permanents.

L'azote total (N) varie de 1 à 3 ‰.

Le pH, acide de 4,5 à 5,5 en surface, se relève en profondeur et peut atteindre 6,5 à 7 vers 1 m.

Ce sol est bien pourvu en bases échangeables :

Ca⁺⁺ 10 – 15 mé pour 100 g

Mg⁺⁺ 5 à 6

K⁺ 0,5

Na⁺ généralement inférieur à 1

La forte inondation lessive le sodium en profondeur ; il n'y a pas de sels solubles. Le phosphore total est assez élevé (P₂O₅ # 0,7 ‰). Cette teneur est en relation avec la richesse en matière organique.

Comparaison entre Vertisols et Sols Hydromorphes argileux

Il existe une variation continue entre les vertisols et les argiles noires hydromorphes. Moins le sol est inondé et plus il est pauvre en matière organique, et par contre riche en sodium, plus le sol est inondé et plus il est riche en matière organique acide et pauvre en sodium. La limite d'*Acacia seyal* marque souvent celle du vertisol.

Succession de sols d'ouest en est

Vertisols à alcalis			Sols hydromorphes argileux			
	Surface	Profondeur	Surface	Profondeur	Surface	Profondeur
pH	6,8	7,1	5,8	7	5,8	6,4
N. total ‰	0,42		0,88		0,91	
Na ⁺ éch.	2,79	6,12	1,33	5,8	1,12	1,7
mé. %						
Ca ⁺⁺ éch.	20	20	20	20	20	20
mé. %						
<i>Sels solubles</i> (1 mé pour 100 g)						
Faible inondation			Forte inondation			

Fertilité et utilisation des sols hydromorphes argileux

Ces sols sont l'équivalent des sols hydromorphes sur « argile récente » que nous retrouvons plus au sud dans la région de Bongor. Leur fertilité est élevée, seule l'inondation interdit leur utilisation ; leur récupération par des digues ou casiers permettrait des cultures variées : riz, maïs, culture maraîchères (comme dans certaines cuvettes alluviales du Niger, telle Kolo près de Niamey). En plus des aménagements et du travail du sol, la fertilité peut être améliorée par les engrais minéraux.

Presque tous les sols d'argile noire, même riches en matière organique, réagissent aux engrais azotés (et ceci apparaît surtout dans la culture du riz).

Le phosphore ne donne que peu de réponse dans le cas des cultures exondées (coton - mil) par contre, il peut être utile en milieu inondé (riz) ; cela tient surtout à une mauvaise minéralisation de phosphore organique en milieu inondé, et à une évolution plus marquée vers les formes liées au fer.

5° *CONDITIONS D'AMÉNAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU BAS-CHARI*

Nous empruntons au rapport de M. GUILLAUME les quelques conclusions suivantes : Le bassin du Bas Chari présente certains avantages au point de vue hydro-agricole.

— Le débit d'étiage du fleuve est important et soutenu, ce qui permet des ponctions pour l'irrigation de grandes surfaces dès le début de la campagne agricole : à cette période l'irrigation doit se faire par pompage.

— La période d'irrigation de complément après l'arrêt des pluies, d'octobre à décembre, coïncide avec les plus hautes eaux du fleuve : il y a donc possibilité d'irriguer par gravité, ou facilité de pompage.

— Pendant la saison des pluies, le drainage peut être assuré vers le Chari par les défluentés avant la montée de la crue. L'inconvénient est que la submersion générale de la plaine du Bas Chari à partir d'octobre complique le problème du drainage.

Des essais agronomiques ont été effectués sur vertisols et sur sol limoneux de bordure (naga). Les essais effectués sur cotonniers américains et surtout égyptiens à longues soies ont été peu brillants. La croissance des plantes a été très irrégulière, le parasitisme très important. On a noté des remontées apparemment considérables de sels dans les sols argileux noirs ; ces remontées qui sont faibles en début de végétation augmentent en saison sèche en fin de végétation où elles sont moins nuisibles.

D'après GUILLAUME, la préparation préalable des terres a été insuffisante, d'autre part, la pluviométrie de l'ordre de 600 mm est encore trop élevée pour le cotonnier égyptien.

Les problèmes généraux de mise en valeur sont ceux que posent la pénétration de l'eau en profondeur par un travail approprié, le planage et le billonnage, l'évacuation des eaux superficielles en excès par un important système de drainage. Ce sont les mêmes problèmes que l'on rencontre dans les Vertisols des plaines du Logone plus au sud, mais s'ajoute ici un danger non négligeable de salure. Tous ces facteurs ont sans doute déterminé l'étude prioritaire de l'aménagement de ces zones méridionales du Moyen Logone.

b. *LES GRANDES ZONES D'INONDATION DU MOYEN-LOGONE*

Les grandes plaines d'inondation se situent entre Laï et Katoa, de part et d'autre du Logone ; elles se divisent en trois dépressions principales.

- Au sud-ouest, une dépression sur la rive gauche du Logone qui communique avec la rivière Tandjillé, la Loka, le lac Boro, la Kabia, et qui rejoint les lacs de Tikem et Fianga ; c'est ce qu'on appelle la zone de Capture.
- Sur la rive droite, à partir de Laï, une vaste dépression qui rejoint le couloir du Ba-Illi, sorte de drain qui se déverse dans le Chari et les plaines d'inondation plus au nord.
Faisant suite à la plaine de Laï, la dépression de Bongor, de moindre importance, en relation également avec le Ba-Illi.
- Sur la rive gauche, en territoire Camerounais, une dépression homologue à celle de Bongor, est située au nord de Yagoua.

Topographie générale de la région étudiée

Un fait caractéristique qui a déjà été évoqué précédemment est que les berges du fleuve et des défluents sont bien marquées et sont à une cote élevée au sud (Laï, Bongor), puis elles diminuent d'altitude vers le nord et sont très peu marquées et presque nulles au nord de Katoa - Gamsai.

Une conséquence est que la pente transversale des plaines d'inondation est forte au sud, et permet un écoulement des eaux vers les déversoirs naturels, Ba-Illi sur la rive droite et Loka sur la rive gauche. Par contre, au nord, cette pente transversale devient très faible, l'eau s'étend en nappe à partir du Logone et ne draine que très lentement ; les terres de cette partie nord restent humides très avant dans la saison sèche. Nous étudierons plus loin les conséquences de ce fait sur les problèmes d'aménagements hydro-agricoles.

1° LA ZONE DE CAPTURE

Description générale

Les résultats suivants sont empruntés aux études de PIAS et GUICHARD. Une des régions les plus intéressantes est la dépression dite d'Eré-Loka en raison du déversement annuel durant 15 à 20 jours, d'un flot moyen de 150 m³ seconde par un seuil situé en amont du village d'Eré (rive gauche du Logone). Ce courant rejoint le Mayo Kebbi et la Bénoué et, s'ajoutant aux eaux de pluies et au débordement de la Tandjillé, il inonde toute la dépression de capture d'une nappe d'eau continue qui atteint en moyenne 1 mètre d'épaisseur, la profondeur maximum atteignant 2 m dans les mares.

En période d'inondation, seuls les îlots sableux émergent, où sont installés des villages. La submersion d'abord alimentée par les pluies, est faible jusqu'à fin août, ensuite elle résulte de la crue du Logone et de la Tandjillé et dure de 2 à 4 mois. L'inondation s'étend depuis le Logone jusqu'aux limites des sables de Kélo à l'ouest. La pente générale est E W, les courbes de niveau sont orientées S E - N W.

La cote du Logone est à 341 m, celle de la rivière Loka à 337 m, la pente moyenne est de 40 cm au kilomètre.

Les buttes sableuses dominent la plaine d'environ 1 à 2 mètres.

En saison sèche, les sols de la dépression sont exondés mais il demeure une nappe en profondeur. Cette nappe est à 2 ou 3 m de profondeur, à la base des buttes sableuses ou à la limite de l'inondation.

Dans les argiles, elle est plus profonde, et ne remonte pas, même en période de crue. Il y a une discontinuité entre la nappe d'engorgement de saison des pluies et la nappe profonde.

Par contre, en saison des pluies, la nappe remonte dans les sables et peut donc se propager dans les niveaux sableux en profondeur.

Végétation

La plaine d'inondation est couverte d'une végétation herbacée dense ; sur les buttes, on observe une végétation arbustive soudanienne où le « palmier Doum » (*Hyphaene thebaïca*) est particulièrement typique.

Les matériaux originels sont constitués à la base par le socle granitique qui peut affleurer à 5 ou 6 m de profondeur, mais on rencontre plus généralement le soubassement des sables de kélo (continental terminal). Au-dessus des sables, se sont déposées des argiles à nodules calcaires, datant du quaternaire ancien et sur lesquelles repose une série sableuse non feldspathique ; on trouve enfin les séries actuelles très hétérogènes, argileuses limoneuses, ou limono-sableuses.

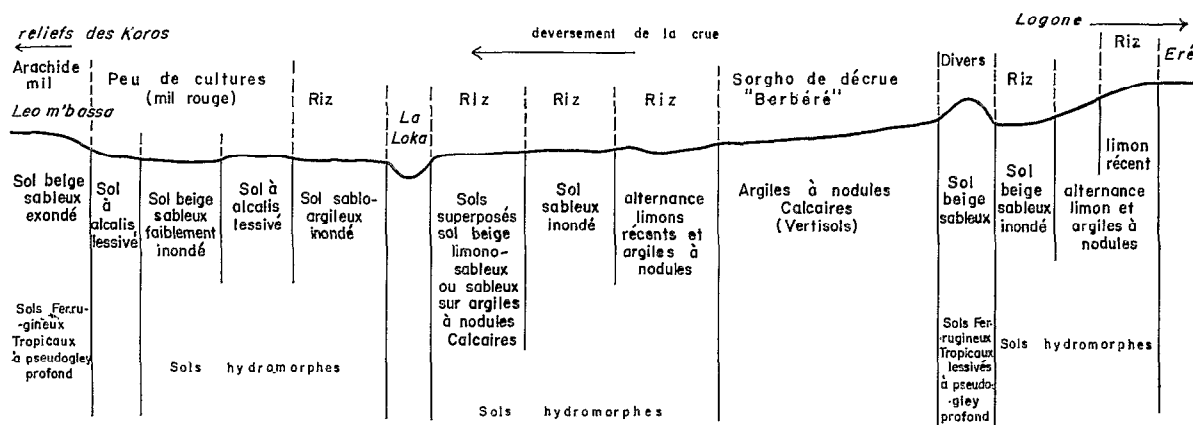


FIG. 12. — Schéma simplifié de la zone Eré-Loka (d'après une étude de Guichard)

LES SOLS ET LEUR UTILISATION

Les sols de la zone Eré-Loka sont très variés et assez représentatifs de la plupart des zones d'inondation du Moyen Logone.

Les sols rouges et les sols beiges de bordure appartiennent au groupe des sols *ferrugineux tropicaux lessivés*.

Ils ont parfois une tendance plus ou moins nette à l'hydromorphie en profondeur.

Les autres sols appartiennent à la classe des sols *hydromorphes* et à celle des *Vertisols*.

Classification des principaux types de sols ⁽¹⁾

Sols exondés :

- Les sols rouges sableux (sols ferrugineux tropicaux lessivés) ;
- Les sols beiges sableux exondés (sols ferrugineux lessivés à pseudogley de profondeur)

⁽¹⁾ Les sols sont classés en fonction de la nature du matériau originel, le type génétique correspondant à la classification pédologique française est indiqué entre parenthèses.

Sols inondés :

- Les sols beiges sableux faiblement inondés
- Les sols beiges sableux inondés
- Les sols à couverture sableuse de sable-fin
- Les sols sablo-argileux à argilo-sableux inondés
- Les sols argilo-sableux sur argiles à nodules calcaires
- Les sols argileux à nodules calcaires (Vertisols)
- Les sols argileux des dépressions (sols hydromorphes à gley argileux)
- Les sols sur alluvions actuelles, limon sablo-argileux, limon sableux (sols hydromorphes minéraux à pseudogley d'ensemble limoneux parfois gley de profondeur).

Sols hydromorphes minéraux à pseudogley d'ensemble ou à gley de surface et de profondeur dans les parties très inondées.

Sols intermédiaires :

Enfin, les sols limoneux à alcalis lessivés en bordure d'inondation (Solonetz Solodisés).

Les sols exondés**Sols ferrugineux tropicaux lessivés**

Les sols rouges et les sols beiges sur sables de Kélo qui sont des sols ferrugineux tropicaux typiques seront étudiés dans le chapitre consacré à la zone dite des « Koro ».

Sols beiges sableux exondés (sols ferrugineux tropicaux à pseudogley de profondeur)

En bordure de la zone des sables tertiaires, ou sur les points hauts qui portent les villages, on observe des sols sableux rappelant les sols ferrugineux tropicaux, mais où la nappe, qui peut remonter près de la surface vers 1,50 m arrête le lessivage.

Profil :

- L'horizon supérieur 0 - 30 cm est gris beige, sableux à sable grossier, à tendance fondue ou particulaire.
- L'horizon inférieur de 30 - 80 cm est beige blanchâtre avec des taches et concrétions ferrugineuses assez nombreuses, la texture est également à sable grossier.

L'analyse en est la suivante

Profondeur cm	0 - 10	80
Sable grossier %	62	60
Sable fin %	23	18
Limon grossier %	5	7
Limon fin %	4	8
Argile %	5	7
Matière organique %	0,7	
Carbone %	0,4	
Azote %	0,03	
C/N	13,3	

Bases échangeables
(mé. pour 100 g)

Ca	2,9	1,7
Mg	0,5	0,7
K	0,2	0,2
Na	0,2	0,2
Phosphore total		
P ₂ O ₅ ‰	1	1
pH	6,6	6,9

Fertilité et utilisation des sols beiges sableux exondés

La nappe qui remonte près de la surface arrête le lessivage, mais il n'y a pas d'alcalisation, le sol étant très riche en sable grossier, et sa profondeur suffisante.

Le pH est faiblement acide à neutre, le taux de matière organique et azote est faible, néanmoins, la fertilité peut être bonne pour certaines cultures comme le mil et l'arachide. Les taux de phosphore sont très bons.

Les sols inondés

Sols hydromorphes

Sols beiges sableux faiblement inondés (sols hydromorphes minéraux à pseudogley de surface)

A une cote plus basse on observe des sols faiblement inondés comportant une couche sableuse grossière, reposant sur des alluvions variées, parfois argiles à nodules. La couche de sable peut atteindre 0,70 à 1 m ; des taches d'hydromorphie apparaissent au-dessous de 0,25 m. Ce sol et le précédent ont une composition voisine.

Fertilité

L'eau remontant à faible profondeur, ces sols sont trop humides pour les cultures exondées (coton) et n'ont pas assez d'eau pour la culture rizicole ; ils sont donc très peu utilisés ; on peut y cultiver le mil rouge précoce.

Sols sableux inondés (sols hydromorphes minéraux, léger gley de surface, gley de profondeur)

Ces sols peuvent se rencontrer dans des dépressions ou en bordure de certains bourrelets, dorsales sableuses ou anciens lits de la Tandjillé.

Il s'agit d'alluvionnements récents, peu épais, reposant à une profondeur variable sur les argiles à nodules calcaires.

Profil :

0-20 cm : horizon beige, sableux, moyennement compact, puis devenant plus compact entre 20 et 60 cm avec de très nombreuses taches d'hydromorphie.

Analyse

Profondeur en cm	0-30	40
Sable grossier %	25	51

Sable fin %	42	17
Limon grossier %	12	12
Limon fin %	11	3
Argile %	8	16
Matière organique %	1,5	
Carbone %	0,8	
Azote total %	0,06	
C/N	14	
Bases échangeables		
mé. pour 100 g		
Ca	1,9	1,8
Mg	0,7	0,3
K	0,2	0,1
Na	0,2	0,2
P ₂ O ₅ ‰	0,6	0,6
pH	5,7	5,3

Le taux d'argile est un peu plus élevé en profondeur et celui de sable fin plus important en surface. Ces sols bien que sableux sont souvent compacts et drainent aussi mal que les argiles. La teneur en matière organique est plus élevée et le pH plus acide que dans les sols beiges exondés.

Fertilité des sols beiges inondés

Ces sols reçoivent une inondation constante et sont cultivés presque partout en riz dont les rendements sont de 1 500 à 2 000 kg/ha. La préparation du sol se fait par écobuage. Le problème général de la riziculture sera traité dans un chapitre ultérieur.

Sols argilo-sableux sur argiles à nodules calcaires (sols hydromorphes à gley de surface et caractères vertiques en profondeur)

Ils occupent des surfaces assez importantes dans le fond de la dépression : il s'agit des sédiments argilo-sableux récents déposés sur les argiles à nodules calcaires.

Le micro-relief est mouvementé avec des bosses et des dépressions : dans celles-ci, les sédiments fins s'accumulent, tandis que sur les bombements apparaît l'argile à nodules calcaires plus typique. Les mêmes sols se retrouvent dans les plaines d'inondation du Logone sur la rive droite, au nord de Lai.

Profil caractéristique

- 0- 15 cm : gris foncé, argilo-sableux avec limon et sable fin ; structure polyédrique moyenne à grossière ; racines jusqu'à 0,30 m.
- 15- 35 cm : brun, argileux, peu de sable grossier ; structure polyédrique moyenne à grossière compacité moyenne.
- 35- 60 cm : jaunâtre, argilo-sableux avec limon et sable fin peu compact.
- 60- 80 cm : beige avec quelques taches rouille, argilo-sableux.
- 80-105 cm : nombreuses taches rouille et concrétions ferrugineuses, argilo-sableux.
- 105-160 cm : gris noirâtre, argilo-sableux, nodules calcaires à partir de 140 cm.

Analyse

Profondeur.....	0-15	15-35	45-50	60-80	90	150
Sable grossier (%)	6	13	11	44	38	34
Sable fin (%)	30	18	28	16	15	19
Limon grossier (%)	10	6	7	4	4	4
Limon fin (%)	18	9	15	3	4	3
Argile (%)	32	53	38	33	39	40
Mat. organique (%)	3,6	1,3	1,1	0,3	0,24	0,2
Carbone C (%)	2	0,95	0,65	0,2	0,14	0,1
Azote (%)	0,16	0,08	0,09			
C/N	13	9,4	7,4			
Bases éch. mé. pour 100 g						
Ca	8,5	9	4,4	3,5	5,3	10
Mg	1,2	1	0,2	1	1	1,5
K	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4
Na	0,3	0,4	0,4	0,4	0,7	1,2
P ₂ O ₅ (‰)	1,1					
pH	4,9	5,1	4,9	5,1	5,5	7,9

Propriétés analytiques

On note en surface une richesse élevée en sable fin et limon, caractéristique du dépôt récent ; l'argile et le sable grossier augmentent dans le dépôt ancien à nodules calcaires.

Le dépôt récent est riche en matière organique, acide, assez riche en bases et en phosphore, et nullement alcalisé. Le pH et le taux de Na échangeable se relèvent en profondeur dans l'argile à nodules.

Fertilité et utilisation des sols argilo-sableux

Ce type de sol est fertile et conviendrait parfaitement au riz. En réalité, il est peu utilisé car sa compacité le rend difficile à travailler et impropre à certaines cultures comme le coton ; de plus, il est recouvert d'une lame d'eau profonde, et se trouvant dans la zone centrale de capture, il est trop éloigné des villages.

L'isolement de casiers dans ces sols, en régularisant la montée de l'eau, permettrait la riziculture.

Il est actuellement utilisé par places lorsqu'il est plus proche des villages et avec une couverture limoneuse plus légère.

Sols argileux à nodules calcaires : Vertisols

Ces sols qui couvrent une très importante surface de la dépression de capture, présentent les propriétés des argiles à nodules à tendance légèrement hydromorphe. Néanmoins les caractéristiques essentielles sont celles des Vertisols.

Analyse

Profondeur (cm)	0-25	40-50
Sable grossier (%)	30	
Sable fin (%)	10	
Limon grossier (%)	2	
Limon fin (%)	10	
Argile (%)	47	
Matière organique (%)	1,15	
Carbone (%)	0,7	
Azote (%)	0,05	
C/N	12	
Bases éch. mé pour 100 g		
Ca	11,3	13,9
Mg	1,5	0,5
K	0,2	0,2
Na	0,4	0,5
pH	6,7	8

La texture est argilo-sableuse avec un peu de sable fin.

Le pH, neutre à faiblement acide en surface, devient plus alcalin en profondeur ; néanmoins, l'ion calcium domine et les teneurs en Na échangeable sont faibles, de même que les taux de matière organique et d'azote : ce sont donc bien les propriétés essentielles des Vertisols.

Fertilité des Vertisols

Ces sols ne sont fertiles sans modifications physiques ou chimiques qu'en culture exondée ou de décrue. En culture inondée, (riziculture) ils souffrent de forte carence en azote, et sont également carencés en phosphore.

L'utilisation actuelle se fait surtout en « sorgho » de décrue (berbéré). Le problème des Vertisols sera étudié dans un chapitre ultérieur ; compte tenu des surfaces qu'ils occupent, aucune des possibilités d'utilisation ne doit être négligée, mais elles nécessitent souvent des investissements importants : endiguement, travail en profondeur, apport d'engrais.

Sols sur argiles récentes des dépressions (sols hydromorphes à gley de surface et de profondeur)

Dans les bas-fonds inondés pendant une très longue période s'est formé un dépôt récent, reposant généralement sur les argiles à nodules. Ce dépôt récent donne un sol argilo-limoneux, pauvre en sable grossier.

Ce sol existe également dans les autres plaines d'inondation : Laï, Bongor, etc. sous le nom de sol hydromorphe sur argiles récentes.

Profil

- La couleur est grise uniforme sur 0,50 m avec des trainées rouille le long des racines, la structure est polyédrique moyenne à fine ;
- Au-dessous de 0,50 m la structure est plus compacte avec de nombreuses taches rouille d'hydromorphie.

Analyse

Profondeur cm	0-15
Sable grossier %	3
Sable fin %	13
Limon grossier %	7
Limon fin %	20
Argile %	51
Matière organique %	5,3
Carbone %	3,1
Azote %	0,2
C/N	15,5
Bases éch. mé 100 g	
Ca	7,6
Mg	2
K	0,5
Na	0,6
pH	5
$P_2O_5^{0/100} = 1$	

Propriétés analytiques

Bien que ce sol soit assez riche en bases échangeables l'accumulation de matières organiques entraîne un pH fortement acide. Le taux de phosphore est relativement élevé.

Fertilité et utilisation

Malgré son acidité, ce sol est chimiquement fertile ; c'est sa structure compacte et sa faible perméabilité en profondeur qui constituent un obstacle pour certaines cultures (coton). C'est une excellente terre à riz, mais le niveau d'inondation est souvent trop élevé, sans aménagement il peut être cultivé en sorgho de décrue, si l'on peut évacuer l'eau suffisamment tôt. Ce sol sera particulièrement étudié dans le cas du casier de Bongor.

Sols limoneux des bourrelets sur alluvions actuelles (sols hydromorphes minéraux à pseudogley de surface et gley de profondeur)

C'est l'avant-dernière série d'alluvionnement qui s'est déposée sur les bourrelets des rivières.

Profil

0-20 cm : Horizon gris, limono-argileux ; structure fondue ;
 20-35 cm : Horizon jaunâtre, plus compact avec taches rouille ou ocre.

Analyse

Profondeur en cm	0-20
Sable grossier %	9
Sable fin %	31

Limon grossier %	5
Limon fin %	24
Argile %	26
Matière organique %	4,3
Carbone %	2,5
Azote %	0,3
C/N	8,3
Bases éch. mé pour 100 g	
Ca	3,6
Mg	0,6
K	0,4
Na	0,6
pH	4,8

Propriétés physiques et chimiques : fertilité

Ces sols sont riches en sable fin, argile et limon fin, ce qui leur donne une structure fondue, améliorée cependant par une teneur assez élevée en matière organique ; ils sont acides. Leurs propriétés sont donc voisines de celles des sols sur argiles récentes, mais avec une structure peut-être plus mauvaise (battance due au limon). En revanche le niveau d'inondation est plus bas ; ceci permet d'utiliser la bonne fertilité de ces sols pour la riziculture si l'on parvient à maintenir un plan d'eau suffisamment longtemps ; des diguettes submersibles amélioreraient considérablement les conditions d'inondation.

Sols sur limon sableux des dépressions (sols hydromorphes minéraux à gley de surface et caractères vertiques en profondeur)

Ce sont des dépôts tout à fait actuels, qui se trouvent dans la dépression de capture où ils sont soumis à de fortes inondations, ainsi que dans la vallée de la Loka ; ils reposent parfois sur argiles à nodules.

Profil

0-20 cm : beige brun, limon récent pulvérulent peu compact, humifère ;
 20-40 cm : analogue, plus clair ;
 40-60 cm : horizon argilo-sableux (parfois à modules).

Ces sols peuvent contenir jusqu'à 40 % de limons fins sur une profondeur de 80 cm.

Analyse

Profondeur cm	0-20
Sable grossier %	21
Sable fin %	26
Limon grossier %	5
Limon fin %	41
Argile %	2
Matière organique %	4,4
Carbone %	2,5
Azote %	0,25
C/N	10

Bases éch. mé %	
Ca	2,5
Mg	0,5
K	0,7
Na	0,4
pH	5,8
P ₂ O ₅ ‰	1,5

Propriétés physiques et chimiques

Ces sols sont essentiellement limoneux et fort peu argileux, ce qui les rend très pulvérulents et battants malgré leur richesse importante en matière organique. Ils sont nettement acides ; malgré leur pauvreté en bases, leur richesse chimique est bonne, la teneur en phosphore est relativement élevée.

Fertilité

Ces sols conviennent principalement à la riziculture, lorsque l'inondation n'est pas trop forte ; on emploie alors la technique de l'écobuage.

Les sols intermédiaires

Sols à alcalis lessivés (Solonets solodisés)

Ces sols, appelés « naga », se trouvent à la limite de la zone des sables anciens et de la zone d'inondation ou sur certains bourrelets bas exondés de la zone d'inondation. Ils offrent certaines caractéristiques générales des sols à alcalis lessivés déjà décrits précédemment. En bordure de la zone de capture, ils sont nettement sableux ; c'est la présence d'une nappe à faible profondeur qui provoque leur alcalisation.

Profil

0- 5 cm : Horizon beige brun, sableux à sable fin, peu compact, tendance particulière (beige-gris à taches ocres à la base) ;
5-25 cm : Horizon sablo-argileux, très compact polyédrique moyen, blocs à angles vifs ; cohésion très forte.

Analyse

Profondeur cm	0-20	45
Sable grossier %	65	61
Sable fin %	23	23
Limon grossier %	6	4
Limon fin %	2	2
Argile %	3	10
Matière organique %	0,35	
Carbone %	0,2	
Azote %	0,02	
C/N	10	
Bases éch. mé pour 100 g		
Ca	1	1,3
Mg	0,3	1
K	0,1	0,2
Na	0,07	1,4
pH	6,4	8,4

Propriétés physiques et chimiques

Bien que très sableux, ces sols contiennent une proportion moyenne de sable fin. La teneur en matière organique est très faible. La teneur en sodium échangeable est faible en surface mais devient relativement très forte en profondeur d'où un pH légèrement acide en surface et nettement alcalin en profondeur.

Fertilité

Le principal défaut de ces sols est leur très grande compacité à faible profondeur ; aussi sont-ils peu utilisés actuellement. Les problèmes qu'ils posent sont de même nature que ceux dont il sera question à propos des « nagas » dans un chapitre ultérieur.

2° LES PLAINES D'INONDATION DE LA RIVE DROITE DU LOGONE — DÉPRESSIONS DE LAÏ ET DE BONGOR*Description générale*

Ces plaines d'inondation de la rive droite du Logone, sont avec les grandes plaines du Salamat, les dépressions les plus étendues d'un seul tenant. Ces dépressions sont constituées en majorité de sols argileux à nodules calcaires ou vertisols. Elles constituent le fond de l'ancien lac Tchad, sur lequel sont venues se déposer des alluvions plus récentes (sables et limons).

Ces dépressions argileuses sont coupées par des levées sableuses plus ou moins continues orientées comme celles du nord-Cameroun.

Les crues du Logone se déversent donc vers le nord entre ces levées, et vont rejoindre le couloir du Ba-Illi qui constitue l'exutoire de toute cette région et va rejoindre le Chari et les plaines d'inondation plus septentrionales.

Il existe d'ailleurs deux cours d'eau portant le nom de Ba-Illi ; l'un au sud coule dans les argiles à nodules et l'autre au nord de Bongor, dans des zones sableuses.

La zone d'inondation du Ba-Illi, dans la région de N'Gam, comporte des parties limoneuses. Toute la partie exondée en bordure du Ba-Illi est constituée par une série sableuse récente de 3 à 4 m d'épaisseur.

Les alluvions limoneuses récentes se limitent aux rives du Logone.

La dépression de Laï

C'est une vaste plaine d'inondation coupée de buttes exondées sableuses ; l'une d'elles située près de Laï présente une surface importante avec de nombreuses cultures de riz sur son pourtour.

Un débordement important du Logone se produit par un seuil en aval du village de Satégui ; il crée un grand courant qui coule sud-nord et longe les buttes sableuses occupées par les villages de Mandé, Dila, Déressia ; il rejoint le Ba-Illi au seuil de Marou.

Au maximum de la crue, la profondeur est de 0,8 à 1 m.

Dans la zone sud, les plaines argileuses sont inondées par les pluies.

Les sols

Ces sols sont pratiquement identiques à ceux de la zone Eré-Loka qui ont déjà été décrits : seule leur répartition diffère.

Sols sur alluvions récentes et actuelles

On retrouve les *limons et limons sableux* qui sont les dépôts actuels sur matériau sablo-argileux en bordure du Logone. Ils occupent une surface importante et sont relativement peu cultivés.

D'autre part, en bordure des buttes sableuses et en s'éloignant de ces buttes, on retrouve toute la série des sols exondés, faiblement inondés et inondés avec une couverture sableuse à sablo-argileuse.

— Les sols sableux beige exondés : sols ferrugineux sur matériau sableux, à pseudogley de profondeur.

— Les sols sableux beige peu inondés (sols hydromorphes minéraux à pseudogley) en bas de pente, qui alternent avec les sols sablo-argileux.

— Les sables fins et limons inondés au pied des buttes sableuses, qui alternent avec les argiles à nodules (identiques aux sols inondés de la zone de capture).

— Les sols sablo-argileux à argilo-sableux (sols hydromorphes à gley de surface et de profondeur argileux) qui occupent des petites cuvettes inondées, surtout au sud dans la zone terminale du Koro de Guidari.

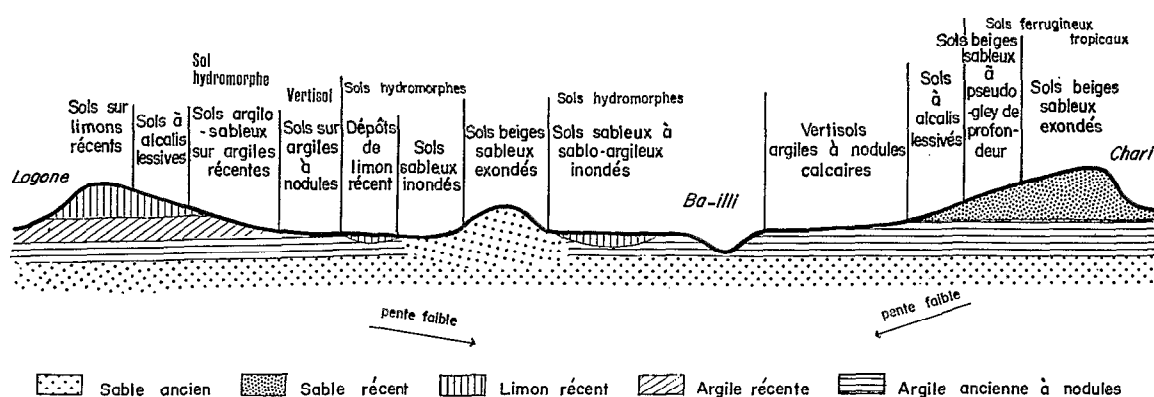


FIG. 13. — Coupe schématique entre Logone et Chari — zone de Laï (d'après une étude de Guichard)

Les sols argileux à nodules calcaires (Vertisols hydromorphes)

Ces sols sont formés sur le dépôt d'argile ancienne à nodules calcaires, ils ont un microrelief très accentué (buttes et dépressions). Ils présentent certaines caractéristiques des vertisols ; forte teneur en argile, fentes de retrait, nodules calcaires. Néanmoins, ils sont de couleur grise souvent teintée d'ocre et de jaune en raison de la forte inondation qui leur confère des caractères d'hydromorphie. Sur les buttes, ils sont recouverts de nombreux nodules calcaires souvent teintés d'ocre ; dans les creux, ils sont parfois surmontés d'un horizon sablo-limoneux humifère, nettement hydromorphe et acide.

Analyse type d'un sol argilo-sableux à nodules calcaires

Profondeur cm	0-20	40-60	80-100
pH	7,6	7,7	7,8
Sable grossier %	36,4	28	29,2

Sable fin %	22	23,8	25,1
Limon %	9	9,8	10,5
Argile	32,6	33,4	35,2
Mat. organique %	0,9		
Carbone C %	0,42		
Azote N ‰	0,51		
C/N	12,1		
Bases échangeables mé pour 100 g			
Ca	17	16,21	17,21
Mg	3,1	3,1	3,9
K	0,36	0,28	0,3
Na	0,23	0,35	0,49
Phosphore P ₂ O ₅ ‰	0,14	0,09	0,12

Propriétés générales

Ces sols assez argileux possèdent une proportion non négligeable de sable grossier. Ils sont pauvres en matière organique et azote, et riches en bases échangeables où domine le calcium ; la teneur en sodium est faible même en profondeur.

Le pH est supérieur à la neutralité et légèrement alcalin, la teneur en phosphore est faible.

Utilisation des Vertisols

Ces sols sont actuellement très peu cultivés sauf en mil de décrue dans certaines dépressions proches des villages.

Sols à alcalis lessivés

Au contact des sols sableux exondés et des vertisols, on observe des zones de « naga » sur le pourtour des buttes exondées.

Nature physique et chimique des sols de la dépression de Lai

La composition physique des sols est la même que celle des formations analogues de la zone Eré-Loka.

Au point de vue chimique, les taux de matière organique varient de 1 % à 5 % et suivant un ordre croissant dans les sols exondés, les argiles à nodules calcaires, les sols sableux inondés, les sols sablo-argileux des dépressions, les limons récents.

Les pH s'élèvent de 5 à 9 en suivant l'ordre dans les sols sablo-argileux ou sableux des dépressions, les limons récents, les sols sableux inondés, les sols sableux peu inondés, les sols sableux exondés, les vertisols, les sols à alcalis lessivés (en profondeur).

Utilisation

La culture du riz est pratiquée dans le sud, sur les sols sablo-argileux et argilo-sableux occupant de petites dépressions où stagne l'eau de pluie. Ces sols présentent parfois un recouvrement sableux en surface.

Les sols de sable fin et limons inondés, en bordure des buttes sableuses, sont également cultivés en riz, de même que les limons sableux formant une couche pulvérulente légère, soit sur les bourrelets du Logone, soit dans certaines dépressions recevant des dépôts actuels (région de Kim-Djoumané). D'importantes cultures sont établies en bordure des buttes sableuses dans la région de Déressia.

Tout le reste de la plaine est constitué par des argiles à nodules. La nappe phréatique est peu abondante et située à 2 ou 3 m.

Les conditions d'utilisation sont sensiblement les mêmes que celles indiquées pour la zone d'Eré-Loka, mais l'inondation plus importante ; c'est pourquoi les argiles à nodules sont peu cultivées, sauf en bordure de plaine à proximité de villages où l'on observe quelques champs de mil « Berbéré ».

La dépression Nord-Bongor

Au nord-est de la ville de Bongor, il existe un ensemble sableux important où s'entremêlent des sols exondés qui sont des sols ferrugineux tropicaux formés sur la série ancienne, et des sols à pseudo-gley peu profond.

Au nord de cet ensemble sableux, s'étend une vaste plaine d'inondation où l'on retrouve les principaux types de sols déjà décrits.

En dehors du bourrelet limoneux du Logone, des placages de limons récents des dépressions, des sols exondés des buttes sableuses, deux formations prennent une grande importance : *les sols hydromorphes à gley de surface et de profondeur sur argiles récentes du Logone* dont la proportion relative augmente du sud au nord, et les *sols sur argiles à nodules ou vertisols* plus ou moins hydromorphes.

Au contact des sols exondés et des vertisols, ou sur certains bourrelets bas, on retrouve également les sols « nagas » ou sols à alcalis lessivés (Solonetz Solodisé).

Aménagement hydro-agricole

Un important endiguement a été réalisé pour isoler un casier d'environ 60 000 ha appelé casier A de Bongor. Les problèmes d'utilisation agricole de ce casier seront étudiés dans un chapitre ultérieur.

3° LA DÉPRESSION DE YAGOUA (Rive gauche du Logone) — LES SOLS

Description générale

Sur la rive gauche du Logone en territoire camerounais s'étend une dépression qui est à peu près l'homologue de celle de Bongor au Tchad. Elle est coupée au centre par un cordon sableux orienté NW-SE marquant la limite de l'extension de l'ancien lac Tchad ; le village de Yagoua s'y est installé.

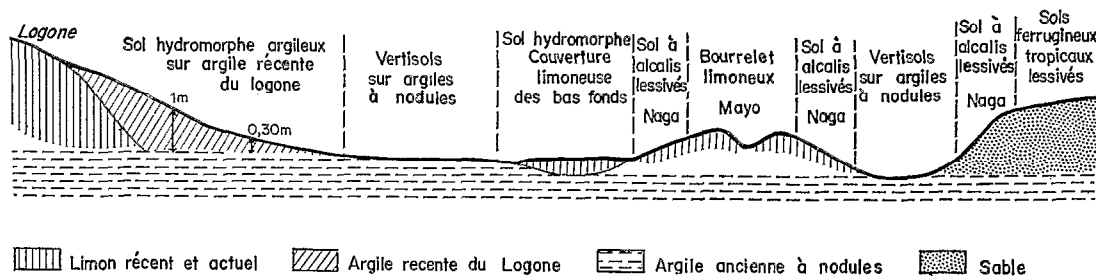


FIG. 14. — Coupe de la plaine de Bongor

Au sud, la dépression débouche dans le déversoir de Fianga, couloir de 2 à 3 km de large alimenté seulement pendant la période de pluie par les déversements du Logone ; le lac de Fianga est une mare résiduelle dans le lit du déversoir. Une rivière, le mayo Danaï, longe le cordon sableux et est bordée d'alluvions très variés. Dans cette région, on observe une alternance de buttes sableuses et de dépressions inondées en période de pluies.

Au nord du cordon sableux s'étend une importante dépression entre le Logone à l'est et le mayo Guerléo à l'ouest : c'est un défluent orienté SE-NW. Cette région est partiellement aménagée pour la riziculture.

Le long de la rivière Danaï

On observe des sols *hydromorphes humifères*. Ces sols peuvent être soit sableux et humifères en surface et argilo-sableux en profondeur, soit argileux et humifères dès la surface.

Les taux de matière organique varient de 3 à 6 % en fonction de la teneur en argile ; les pH varient de 5 à 5,5.

Ces sols riches en sable fin sont généralement bien pourvus en bases ; ils occupent des positions basses, sont fortement inondés et difficiles à utiliser car ils ne représentent que de faibles surfaces.

Entre le mayo Guerléo et le Logone

On observe différents types de sols homologues de ceux de la rive droite.

Alluvions récentes du Logone et bourrelets des mayos

Ce sont :

- soit des sols exondés sableux, brun beige, pauvres en humus avec des taches de pseugley en profondeur,
- soit des sols argilo-sableux à sable fin, riches en humus, à pH acide, inondés pendant une longue période et qui sont utilisés localement en saison sèche pour des cultures maraîchères.

En bordure des bourrelets et des zones inondés, on trouve quelques taches de sol à alcalis lessivés.

Plaine d'inondation proprement dite

La plus grande partie de la plaine d'inondation est occupée par des sols argileux dont le relief général est plat et qui présentent des termes de passage entre les sols hydromorphes et acides sur argile récente, et les vertisols sur argiles à nodules anciennes. Les premiers dominent aux abords du mayo Guerléo et du Logone, les seconds occupent le centre de la plaine.

Les sols sur argiles récentes (Sols hydromorphes à gley de surface et de profondeur)

Ces sols occupent des parties basses recouvertes de prairies marécageuses à graminées. Ils sont de couleur gris foncé, humifères, assez bien structurés en surface ; en profondeur, ils reposent sur une argile grise compacte avec de nombreuses taches rouille.

La composition granulométrique est la suivante :

- argile 62 % ;

- limon 12 % ;
- sable fin 21 % ;
- sable grossier 5 % .

Le pH superficiel varie de 5 à 6,8 ; en profondeur, il varie de 6 à 8.

Le taux de matière organique varie de 1 à 4 % et augmente lorsque le pH est plus acide.

La capacité d'échange de base est élevée : 37 mé pour 100 g.

Les bases se répartissent de la façon suivante :

Ca	18,7 mé ;
Mg	 10 mé ;
K	 0,6 mé ;
Na	 0,3 mé ;

Le phosphore total est égal à 1 ‰.

Ces sols représentent des surfaces importantes, faciles à aménager pour la riziculture ; ils présentent une fertilité élevée.

Les Vertisols

Des taches de sol présentent des nodules calcaires en surface et leurs propriétés sont celles des vertisols classiques. Le pH est égal ou supérieur à 7 en surface, le taux de matière organique est plus faible 1,2 %.

La texture de ces sols est très argileuse, mais alors que dans les dépôts d'argile récente la fraction sableuse est à sable fin dominant, dans les vertisols sur argile ancienne c'est le sable grossier qui l'emporte.

Conditions d'inondation

La plaine de Yagoua est relativement plus élevée que la plaine de Bongor ; les bourrelets du Logone ont tendance à disparaître vers le nord, mais la durée d'inondation est parfois insuffisante pour le riz. Des projets de pompage sont envisagés pour pallier le manque d'eau.

PROBLÈMES GÉNÉRAUX D'UTILISATION DES SOLS DE DÉPRESSION DU MOYEN LOGONE

1° *CONDITIONS D'INONDATION DES PLAINES AU NORD DE LAI*

Conditions favorables

La pente en travers des plaines est du même ordre que le profil en long du fleuve et assure un bon écoulement des eaux d'inondation, vers le Ba-Illi sur la rive droite, vers le Loka sur la rive gauche. Les eaux du Logone se trouvent en période de crue à un niveau supérieur à celui des plaines riveraines et se déversent en nappe au-dessus des berges avec une faible hauteur d'eau ce qui facilite les endiguements.

Elles peuvent emprunter également les défluent où il est possible de les régulariser par des vannes. C'est au nord de Bongor que les conditions d'inondation sont les plus favorables car les bourrelets sont bien dessinés et les hauteurs de crue assez constantes.

Les défluent constituent des amorces de réseau, soit pour la dérivation de crues excédentaires, soit pour l'irrigation par gravité aux hautes eaux, soit pour le drainage aux basses eaux.

Néanmoins, le fond de la plaine ne peut être drainé vers le fleuve aux basses eaux. Les endiguements intérieurs pour la protection des périmètres à aménager sont facilités par la présence des croupes sableuses exondées orientées SN sur lesquelles les endiguements peuvent s'appuyer.

Conditions défavorables

La crue commence fin juillet en même temps que les fortes précipitations et ne se prolonge guère plus d'un mois après l'arrêt des pluies, fin novembre ; le niveau d'étiage est très bas. Les meilleures terres situées en bordure du fleuve ne peuvent être irriguées par gravité qu'avec des têtes mortes importantes.

Il n'existe pas d'après GUILLAUME de site favorable permettant la création d'un réservoir pour la régularisation de la crue, d'autre part un endiguement général du fleuve limitant les déversements latéraux amèneraient une perturbation considérable sur les plaines d'inondation situées à l'aval ; il faudrait alors créer un système de dérivation à fort écoulement par exemple au seuil de Dana.

La limitation des déversements n'empêche pas une inondation par les pluies qui sont abondantes ; le drainage est limité par la faiblesse des pentes et une dense végétation herbacée.

Solutions provisoires

Dans un premier temps, pour ne pas modifier trop profondément le régime actuel des inondations et toutes ses conséquences sur les activités agricoles, pastorales ou piscicoles, on peut limiter les endiguement à la longueur en façade nécessaire à la protection des terrains aménagés. Un endiguement périphérique appuyé sur les croupes exondées complète la protection.

L'aménagement d'environ 100 000 ha dans quelques casiers de bordure n'amènerait pas de profondes modifications dans le régime général du bassin. Les endiguements sont surtout intéressants pour régulariser l'inondation dans le cas de riziculture aquatique ; en ce qui concerne les cultures sèches, les débits d'étiage ne permettent pas de prolonger longtemps la végétation par des irrigations d'appoint. Néanmoins, il peut être intéressant d'introduire des cultures de pluie à cycle moyen adaptées aux sols de la région.

Un premier aménagement de ce type a été réalisé dans le casier A au nord de Bongor, portant sur environ 50 000 ha. La digue de protection longe le Logone entre les villages de Tchokaïde et Mogodi ; des digues de protection intérieures s'appuient sur les levées sableuses. La zone actuelle de culture se situe vers le village de Billiam-Oursi, la prise d'eau principale est constituée par le Mayo Baa.

Dans la plaine au nord de Lai, un projet actuel consiste à aménager un ouvrage de prise au seuil de Satégui dont le débit serait d'environ 300 m³ s.

Cet ouvrage de prise servirait à alimenter les rizières de la région de Déréssia qui seraient protégées par une digue. L'alimentation actuelle de ces rizières nécessitant un débit de 40 m³ s, un déversement de l'excédent, soit 230 m³ s, serait effectué dans le Baa-Illi par l'aménagement du seuil de Marou.

L'établissement de chenaux artificiels, l'endiguement de certains défluent naturels, le détournement des courants vers d'autres dépressions par des prises supplémentaires, permettraient d'effectuer des irrigations sans élever le niveau d'eau du fleuve ce qui mettrait les villages en danger.

2° LE PROBLÈME DE LA RIZICULTURE DANS LES PLAINES D'INONDATION DU LOGONE

Riziculture traditionnelle

Une étude récente faite par BEZOT montre que les zones rizicoles au Tchad sont représentées sur la carte par une succession de points le long de tous les cours d'eau de la zone sud.

Dans cette région il y a du riz pratiquement partout où peut s'étaler une lame d'eau provoquée d'abord par les pluies et prolongée ensuite par l'inondation des rivières.

Nature des sols cultivés en riz

Les sols les plus cultivés dans les régions de Laï et la zone de capture sont les sols sableux inondés, et les sables fins et limons ne recevant qu'une hauteur d'eau moyenne.

Nous avons vu que ces sols, malgré leur texture légère, reposaient souvent sur des fonds argileux à une profondeur moyenne et que d'autre part, leur richesse en sable fin les rendaient souvent aussi imperméables que des argiles ($K = 1$ à 2 cm heure).

L'acidité est moyenne (pH 5,5) dans les sables, plus forte (pH 5) dans les limons récents. Le taux d'azote est assez médiocre ($0,6 \text{ ‰}$) dans les sables et plus élevé (2 ‰) dans les limons pulvérulents. La fertilité immédiate est donc bonne à très bonne ; les rendements dans les meilleures conditions peuvent atteindre $2\,000$ kg/ha et, sont plus élevés dans les limons que dans les sables.

Techniques culturales

Écobuage : Dans les sols limoneux, le développement des graminées est très rapide et les paysans pratiquent l'écobuage. Ils coupent les graminées et les mettent en billons, puis ils recouvrent les billons par de la terre, et après dessiccation y mettent le feu. Les matières végétales se consomment et laissent des cendres qui ne sont pas dispersées par le vent.

Le développement du riz est généralement beau sur les billons d'écobuage. A l'action des cendres, s'ajoutent une oxydation des hydroxydes et l'amélioration de la structure.

Semis : Les semis se pratiquent en juin-juillet et on remplace les manquants. Avec la pratique de l'écobuage, il y a peu d'entretien, deux sarclages seulement avec le labour.

Variétés cultivées : les variétés les plus utilisées sont :

- Le « Maroua » assez rustique, qui est un « dissé », Son cycle est de 105-110 jours, il s'adapte à des niveaux d'eau différents ;
- Le « Garoua » qui est de meilleure qualité. Son cycle est de 80 jours ;
- Le « Dakol » ⁽¹⁾ qui est une variété semi flottante, à cycle de 115 jours ; son grain est cassant.

Aléa de la culture et de l'inondation

En période de crue moyenne, les résultats sont corrects. Le principal inconvénient est le départ précoce de l'eau en période de faible crue.

⁽¹⁾ De Gaulle.

Les rizières traditionnelles souffrent donc principalement du manque d'eau. On observe d'ailleurs des différences de végétation importantes lorsque des microdépressions ont permis le maintien prolongé de l'eau.

Les dépressions, plus profondes ne sont pratiquement jamais utilisées par l'Africain car l'inondation y est trop forte ; leurs sols argilo-sableux humifères conviennent parfaitement à la riziculture et sont même plus fertiles que les sols sableux ou limoneux de bordure, mais il serait nécessaire de les protéger par des digues importantes.

Amélioration de la culture traditionnelle

Les rizières traditionnelles sont inondées par l'écoulement naturel des eaux et dès le début de la décrue, l'eau se retire rapidement. Il semble que de simples diguettes levées à la main, à travers la plaine, permettraient de retenir l'eau plus longtemps, et assureraient aussi une meilleure végétation et un meilleur rendement du riz.

Ces diguettes, d'ailleurs pratiquées par les pêcheurs, sont efficaces. Par contre, elles sont inconnues en riziculture. L'établissement de telles diguettes est envisagé pour les régions de Laï, de Kélo, du Mandoul. Pour les sols plus argileux des digues d'environ 1 m seront dressées dans des zones pas trop profondes, lorsqu'on pourra pratiquer le système dit d'écêtement des crues. Un système de repiquage permettra d'adapter les surfaces cultivées aux variations d'avancée des inondations.

Evolution des sols

Les sols sableux inondés et même les sols limoneux ne doivent leur fertilité qu'à leur réserve en matière organique ; faible dans les sols sableux, plus élevée dans les limons, cette matière organique s'épuise très vite.

La fertilité des sols sableux baisse rapidement ; sur les limons la matière organique s'épuise également mais on la laisse se reformer par la jachère à graminées.

En période de forte crue, les limons ne peuvent être cultivés en riz sans aménagement.

Exemples de sols de rizière de la région de Laï

Près du village de Dila

Sol de sable fin et limon (sol hydromorphe minéral à pseudogley de surface et gley de profondeur).

L'aspect végétatif des chaumes est moyen.

Profil

0-15 cm : gris clair, sable fin et limon ; peu compact, structure assez fondue, horizon moyennement riche en racines.

Le passage à l'horizon suivant est graduel mais sur une faible épaisseur.

15-40 cm : brun, marbré de taches rouille assez diffuses, sableux légèrement argileux, structure fondue assez meuble.

40-60 cm : gris-beige assez clair, taches rouges bien individualisées, sablo-argileux puis argileux, un peu plastique et assez humide.

On n'observe pas de racines au-dessous de 0,20 m.

Analyse

L'analyse des éléments principaux est la suivante entre 0 et 25 cm :

- Matière organique 0,8 % ;
- Carbone 0,48 % ;
- Azote 0,037 % ;
- C/N 12,9 % ;
- pH (eau) 6 ;
- Phosphore total 0,2 ‰ ;
- Phosphore assimilable 0,02 ‰.

D'après les normes générales, la fertilité de ce sol est moyenne à bonne. Le taux de phosphore total et assimilable est faible, mais le rapport N/P₂O₅ est normal.

Fertilisation

Ce sol bénéficierait certainement de l'apport d'engrais azotés ammoniacaux (sulfate d'ammoniaque) et l'addition d'engrais phosphatés améliorerait certainement l'utilisation de l'azote.

En culture traditionnelle, il est difficile de conseiller l'emploi des engrais tant que les autres conditions et en particulier la maîtrise de l'eau sont imparfaitement réalisées.

Autres sols de la région de Lai (Vertisols)

Dans des zones plus centrales de la plaine d'inondation, on observe des sols bruns argileux fortement craquelés. Ils peuvent ou non présenter des nodules calcaires ; ils montrent généralement une certaine ferruginisation le long des racines.

La structure est cubique à petits éléments polyédriques.

Les racines sont plus ou moins nombreuses et ramifiées, en rapport avec l'importance des traînées rouille ferrugineuses.

Analyse

Profondeur cm	0 à 20	20 à 50
Matière organique %	0,9 à 1,3	0,3 à 0,4
C %	0,52 à 0,74	0,26 à 0,18
N %	0,035 à 0,050	0,02 à 0,021
C/N	14,7	9, à 12
pH	6,2 à 6,3	7 à 7,5
Phosphore total ‰	0,4	0,3
Phosphore assimil. ‰	0,02 à 0,03	0,014 à 0,016

Dans ces sols, on peut penser à un recouvrement d'argile récente acide sur une argile ancienne plus alcaline (Vertisol à hydromorphie de surface). Ces sols peuvent très bien convenir à la riziculture, mais ils sont pauvres en azote et phosphore.

Utilisation

Actuellement ils sont cultivés partiellement en mil de décrue ou berbéré. Dans les conditions présentes on y fait peu de riz, sans doute en raison de la difficulté de travail du sol, de la trop forte inondation et d'accidents au moment des semis (perte d'eau dans les fentes de retrait).

Dans un plan d'aménagement général de la région, ces sols argileux à recouvrement acide, peuvent être retenus pour la riziculture ; ils nécessiteront des apports d'engrais azotés et phosphatés et peut-être une culture en repiquage.

La riziculture dans les zones aménagées

Les deux régions typiques à cet égard sont celle de Bongor au Tchad et celle de Yagoua au Cameroun.

Les cultures sur sols humifères d'argile récente (sols hydromorphes à gley de surface et de profondeur)

Dans la région de Bongor, la ferme de Billiam-Oursi possède des champs d'expérience placés dans la zone des sols hydromorphes sur argile récente.

Ce sont des sols gris, argileux, à très larges fentes de retrait ; leur surface est assez plane. Ils se débitent en gros blocs compacts ; les plants de riz ont un système racinaire très dense avec de très nombreuses taches ferrugineuses gainant les racines.

Analyse du sol de Billiam-Oursi

Profondeur cm	0 - 20	20 - 50
Matière organique %	2,9	0,8
Carbone %	1,66	0,46
Azote %	0,137	0,045
C/N	12,1	10,2
pH	5,2	6,1
Phosphore total ‰	2,20	1,04
Phosphore assimil. ‰	0,21	0,10

Ces sols présentent une richesse élevée en matière organique et azote. Le pH est acide, mais la fertilité générale est très bonne, d'autant plus que la richesse en bases est bonne. La richesse relativement très grande en phosphore total et assimilable est peut-être due à des apports d'engrais phosphatés récents.

Variétés et rendements

La variété principale de riz cultivée est le Bentoubala, dont les rendements peuvent atteindre 4 t ha.

Les semis ont lieu en juillet, au début des pluies ; l'eau d'irrigation arrive le 15 août, le maximum de crue a lieu vers le 15 septembre. La récolte se fait en novembre.

Le drainage des rizières s'effectue dans de bonnes conditions en raison de la pente du terrain.

Autres sols de la plaine de Bongor

Les autres sols cultivés par les paysans africains donnent des rendements moins élevés : 1 à 2 t ha, ce qui paraît faible, comparativement aux rendements de la ferme de Billiam-Oursi.

Actuellement 2 000 ha sont en culture à raison de 2 ha par famille.

Défauts de la méthode actuelle d'exploitation

Il semble que cette chute de rendement soit due à de mauvaises conditions d'irrigation. Les pailles sont très développées mais il y a de nombreux grains vides ; on peut penser à une carence en phosphore, ou

à un manque d'eau au moment de l'épaison. Sur les sols humifères sur argile récente on peut invoquer plutôt le manque d'eau ; le même phénomène se produit d'ailleurs dans la région de Yagoua.

L'eau d'irrigation est amenée dans les champs par des canaux, mais il semble ensuite qu'elle se déplace librement à la surface du sol et se retire précocement.

Amélioration possible

L'utilisation des diguettes permettrait sans doute un maintien du plan d'eau pendant une plus longue période.

En cas de crue insuffisante, on pourrait avoir recours au pompage.

Les cultures sur Vertisols

Répartition et utilisation

Il semble que dans le casier de Bongor, seuls les sols sur argile récente soient cultivés en riz.

Il existe à côté de vastes étendues d'argiles noires et grises à microrelief accentué, parfois à nodules calcaires ; ces sols sont largement craquelés et présentent une structure polyédrique à compacte. Les taches ocre sont absentes ou beaucoup plus rares que dans les sols sur argiles récentes.

Ces sols ne sont généralement pas cultivés ; non loin des buttes sableuses et des villages, ils portent des cultures de mil de décrue (Berbéré) ; tout à fait en bordure de la zone inondée (village de Magao) on observe des champs de coton ; il semble que dans ce dernier cas, l'inondation soit très faible et de courte durée.

Analyse

	Sol cultivé en Berbéré		Sol cultivé en coton
Profondeur cm	0 - 20	20 - 50	0 - 20
Matière organique %	0,7	0,5	0,8
C %	0,4	0,3	0,45
N %	0,034	0,021	0,036
C/N	11,6	14,1	12,5
pH	8,1	8	7,5
Phosphore total ‰ ..	0,39	0,34	0,61
Phosphore assimil. ‰	0,027	0,014	0,045

PROPRIÉTÉS DES VERTISOLS ET FERTILITÉ

Contrairement aux argiles récentes, ces sols ont un pH égal ou supérieur à 7. Les taux de matière organique et azote sont très bas.

Si ces conditions peuvent être bonnes pour la culture sèche, *elles sont médiocres à très médiocres pour la riziculture inondée.*

Le phosphore total est à des taux corrects pour la culture sèche, il est faiblement assimilable dans le cas des cultures inondées.

La fertilité basse en riziculture en cours des premières années (500 kg ha) est une des raisons de l'abandon de ces sols. Il serait sans doute possible de les récupérer grâce à un travail de planage, des labours suffisants et des apports d'engrais azotés et phosphatés.

Les cultures de la région de Yagoua

Dans la plaine aménagée de Yagoua au Cameroun, sur la rive gauche du Logone, un peu en aval de Bongor, le taux d'occupation des sols semble supérieur. Dans toute la partie nord de la plaine où dominent les sols argileux, l'aménagement des rizières avec de nombreuses diguettes semble plus avancé ; dans la partie sud au contraire, sur les sols limoneux, les taches inoccupées ou infertiles sont assez nombreuses.

Les sols limoneux souffrent d'une cote trop élevée et d'un manque d'eau manifeste, les sols argileux qui sont intermédiaires entre les sols hydromorphes argileux et les Vertisols, présentent une bonne fertilité d'ensemble, mais la durée de l'inondation est parfois insuffisante ; un projet de pompage est envisagé dans cette région.

Problèmes généraux de la riziculture dans les Vertisols

Le problème des Vertisols neutres et alcalins en riziculture n'est pas propre à la cuvette tchadienne. Dans d'autres régions analogues, en particulier dans le delta central nigérien (Mali) les mêmes phénomènes ont été observés.

Les vertisols noirs à nodules calcaires portent le nom vernaculaire de « moursi » ; ils occupent des taches de petites dimensions au milieu d'autres sols plus acides et plus humifères.

Dans des plaines totalement aménagées, on remarque que dans la majorité des cas le riz pousse mal sur sol « moursi » ; c'est un phénomène difficilement explicable étant donné qu'en culture cotonnière ces sols fournissent les meilleurs rendements.

En rizière, on note généralement une germination difficile, et qui peut s'expliquer par le point de flétrissement très élevé de ces sols : il faut une grande quantité d'eau pour permettre la germination, ils présentent un lit de semences irrégulier et discontinu.

Le tallage se fait mal, en outre la plante est stoppée dans sa croissance (jaunissement) ; les récoltes sont médiocres et parfois mauvaises.

Dans certains cas, on a observé que les récoltes, mauvaises les premières années, s'amélioraient après plusieurs années de culture ; dans d'autres cas, l'amélioration naturelle des « moursi » ne se fait pas.

En réalité, il a été constaté comme au Tchad, qu'il existe des « moursi » ou Vertisols de couleur noire uniforme avec de nombreux nodules, et d'autres présentant une couleur brun rougeâtre avec de nombreuses traînées rouille ferrugineuses le long des racines. Dans le second cas, les sols présentent un meilleur comportement cultural en rizière.

Les analyses montrent que les Vertisols du Delta Central Nigérien (moursi) présentent une composition tout à fait analogue à ceux du Tchad : le taux de matière organique total dépasse rarement 1 %, le taux d'azote total varie de 0,025 à 0,045 %, quant au taux de P_2O_5 total il varie de 0,1 ‰ à 0,3 ‰.

Les pH sont par contre assez variables : de 6,4 à 8. Tous les Vertisols dont le pH était inférieur ou égal à 6,8 ont donné de bons rendements en riz, tous ceux dont le pH atteignait 7,5 et 8 ont donné des récoltes très mauvaises.

Il y a donc dans ces limites, une corrélation inverse entre la fertilité et le pH qui doit être inférieur à 7 pour obtenir un rendement convenable. Mais les études ultérieures (essais aux champs ou en pots) ont montré que l'action néfaste d'un pH supérieur à la neutralité n'était pas une action directe, mais qu'elle se produisait en raison de la pauvreté du sol en matière organique et azote. D'une part, les conditions

d'inondation de la rizière et la compacité du sol diminuent la minéralisation de l'azote, d'autre part l'ammoniaque formé nitrifie très vite en raison de la valeur élevée du pH. Les rendements dans ces sols sont inverses de la vitesse de nitrification (qui est au contraire un facteur favorable en culture sèche.

Un facteur physique peut également intervenir, si les vertisols ont parfois une structure assez meuble en surface, ils sont très compacts en profondeur ; en culture sèche, ils se craquèlent et livrent passage aux racines ; en cultures inondées, les horizons inférieurs sont totalement fermés et s'opposent à la pénétration des racines.

Amélioration des Vertisols en riziculture

L'apport d'engrais azotés ammoniacaux (sulfate d'ammoniaque) améliore considérablement les rendements, mais cet ammoniaque ne doit pas nitrifier, aussi faut-il un enfouissement à 15 ou 20 cm et une mise en eau précoce de la rizière ; le semis avec les pluies favorise la nitrification. D'autre part, les conditions anaérobies semblent diminuer l'alimentation phosphatée aggravant le fait que la teneur en phosphore total est déjà faible.

Des apports d'engrais binaires *azote et phosphore* ont permis d'obtenir des résultats corrects dans les vertisols, dont le pH au départ n'était pas trop élevé (peu supérieur à 7). L'accumulation des matières organiques par les racines et l'inondation peuvent provoquer à la longue une légère acidification, de même que le sulfate d'ammoniaque ; on voit apparaître les traînées rouille le long du chevelu radiculaire des plants de riz.

Le travail du sol est également nécessaire et doit comporter un scarifiage profond suivi d'une pulvérisation et d'un planage pour améliorer le lit de semences ; la mise en eau précoce est indispensable ⁽¹⁾. Ces travaux nécessitent un matériel mécanique puissant et sont coûteux.

Les Vertisols dont le pH à l'origine est voisin de 8 sont difficiles à améliorer.

3° UTILISATION DES SOLS DES PLAINES AMÉNAGÉES EN CULTURE SÈCHE

Culture du coton dans la plaine de Bongor

D'importantes études ont été réalisées par LEPOUTRE et BOUTEYRE dans des champs d'expériences de la plaine de Bongor aussi bien sur sols hydromorphes sur limons et argiles récentes que sur Vertisols.

Ces essais ont porté essentiellement sur la culture du coton.

Sols hydromorphes sur limons récents

Les cultures cotonnières ont été un échec complet sur les sols hydromorphes sur limons récents, car ceux-ci sont trop acides, trop compacts et mal drainés.

Des résultats un peu meilleurs ont été obtenus sur sols argileux (argiles récentes ou argiles à nodules).

⁽¹⁾ Les semis dans l'eau par avion seraient, dans des conditions idéales d'aménagement, la meilleure solution.

*Sols sur argiles récentes (sols hydromorphes à gley de surface et de profondeur)**Composition moyenne*

pH	4 à 5
Argile %	60
Matière organique %	2
Azote total ‰	1 à 1,5
Capacité de rétention pour l'eau %	35 à 40
Point de flétrissement %	16 à 18
Microrelief	peu accentué

Sur ces sols, la végétation des cotonniers a été moyenne, très irrégulière et présentant de nombreuses taches stériles.

Les principaux problèmes culturels semblent liés à l'action de l'eau.

Assainissement des terres

En raison de la faible pente et de l'imperméabilité des sols, les fortes pluies du mois de juillet peuvent amener une véritable inondation.

La pente générale moyenne est de 10 à 20 cm au km, mais avec des dénivellations locales qui favorisent des mares stagnantes qui sont à l'origine des taches stériles.

Un planage du sol a été tenté ; les premières années il se produit une croûte durcie sur les points hauts décapés où l'eau ruisselle, et une terre gonflée et saturée d'eau dans les points bas remplis de terre meuble.

Les cotonniers végètent jusqu'au mois d'octobre. Ensuite, ils se dessèchent sur les points hauts, et repartent en octobre dans les points bas. Il faut donc évacuer l'eau superficielle des points bas, et permettre à l'eau de pénétrer dans les points hauts.

Les zones à belle végétation sont celles des sols plus humides en surface au mois de juillet, engorgés moins longtemps au mois d'août et conservant une humidité plus abondante en octobre.

Il est donc nécessaire de pratiquer un sous-solage (sous-soleuse à obus marque Fondeur) en début de saison des pluies pour permettre à l'eau de pénétrer en profondeur. Cette technique a permis un rendement de 630 kg de coton à la ferme de Billiam-Oursi. Les mils, dans les mêmes conditions, donnent un rendement de 2 000 kg ha. L'inconvénient est que cette ouverture des terres nécessite des engins de traction très puissants et son effet est de courte durée, il faut le refaire chaque année. Pour ces raisons, les sols hydromorphes sur argile récente sont à vocation essentiellement rizicole.

Enfin, dans les taches les plus humifères et les plus acides, les carences en oligo-éléments peuvent se manifester : c'est un phénomène général lié au blocage de certains oligo-éléments par l'humus acide.

*Vertisols ou argiles à nodules calcaires**Problèmes généraux de mise en valeur*

La pénétration de l'eau dans ces sols se fait mieux, mais le drainage général est plus difficile en raison de leur cote basse.

Le microrelief avec des différences de niveau de 0,20 m à 0,50 m est un premier obstacle important.

Il faut pratiquer un sous-solage à 30 ou 40 cm de profondeur, un labour à la charrue disque et un planage. Le terrain doit être ensuite billonné le long des lignes de pente. Les billons ne doivent pas dépasser 20 cm de haut avec des entre-billons de 30 cm, sinon leurs crêtes se dessèchent, d'autant plus que les premières pluies sont irrégulières ; à ce moment d'ailleurs, il est nécessaire de cloisonner les billons en travers pour permettre à l'eau de pénétrer, puis d'ouvrir les rigoles et d'évacuer l'eau en excès vers un réseau de drains s'écoulant vers des parties basses de la plaine. Ce problème de l'assainissement est indispensable, mais c'est essentiellement une question d'évacuation des eaux superficielles en excès, et non un problème de nappe. La nappe phréatique ne remonte pas dans les vertisols, même lorsque le niveau d'inondation est plus élevé de l'autre côté de la digue.

Fertilisation chimique

Le sulfate d'ammoniaque donne un accroissement de rendement qui peut atteindre 100 %. Dans certains essais, 50 kg ha donnent un accroissement de 33 % et 150 kg ha un accroissement de 68 %.

Avec la variété Allen - A 151, semée le 26 mai, une parcelle assez bien drainée a donné 870 kg ha sans engrais (7 traitements antiparasitaires) ; une parcelle assez bien drainée, 1 370 kg de coton avec 150 kg de sulfate d'ammoniaque.

Les meilleurs rendements s'observent dans les parcelles sous-solées, près des drains ; l'eau ne circule que lentement dans le sens latéral.

En ce qui concerne la précocité des dates de semis, le problème ne se pose peut-être pas de la même façon dans les sols sableux exondés et dans les sols argileux des plaines aménagées, dans ces derniers, il serait peut-être utile d'éviter les plus fortes pluies en début de saison et de profiter de la réserve d'eau du sol en arrière saison ; des essais dans ce sens devraient être entrepris.

Richesse chimique des sols et évolution

Les Vertisols ont la composition suivante sur 0 - 25 cm :

pH.....	6,5 à 7
Argile %	45 à 50
Matière organique %.....	0,6 à 1
Azote total ‰	0,4 à 0,6
Capacité de rétention pour l'eau %	25 à 30
Point de flétrissement %	12 à 14
Microrelief	Très accentué

Les pH sont plus bas en saison sèche et remontent de 1 à 1,5 unité pH en saison des pluies. Le taux d'azote est maximum en fin de saison sèche et minimum en fin de saison des pluies. La perte de matière organique peut être de 20 à 25 % les premières années ; les engrais verts ne l'accroissent que de peu.

Conclusions sur la mise en valeur de la plaine de Bongor

Les sols hydromorphes à couverture limoneuse et sur argiles récentes ont surtout une vocation rizicole ; les vertisols sur argiles à nodules calcaires peuvent convenir au coton avec un système d'assainissement suffisant et des apports d'engrais.

Tous ces sols peuvent convenir, en culture sèche, au mil de saison des pluies, ils peuvent aussi être cultivés en arrière saison dans les zones inondées ; d'autres cultures sous pluies pourraient être introduites : les doliques, le maïs dans les sols humifères, peut-être le riz pluvial, etc. La mise en valeur de ces zones inondables nécessite des aménagements coûteux, et un travail mécanique important.

Cultures du coton dans les terres noires argileuses des lacs de Fianga et Tikem

La région des lacs de Fianga et Tikem présente des sols d'argile noire à nodules, avec des effondrements importants. Ces sols, peu différents chimiquement des sols décrits précédemment, sont fréquemment recouverts d'une couche de limon argileux : ce sont des sols hydromorphes présentant de nombreux caractères des Vertisols.

Lorsqu'on observe un niveau à nodules calcaires de profondeur, le pH est compris entre 6,5 et 7 en surface ; lorsqu'il n'y a pas de niveau à nodules calcaires, le pH est inférieur à 6 dans les différents horizons.

Les taux de matière organique, azote et phosphore sont assez bas : N 0,49 ‰, P₂O₅ 0,32 ‰ ; la richesse en bases est assez bonne.

La structure physique est médiocre. Le coefficient d'instabilité structurale de Hénin (IS) est égal à 3,1 - 3,5.

Le coefficient K de perméabilité est égal à 1,4 cm heure.

En raison de la pente et du drainage latéral, ces sols peuvent être cultivés en coton, mais le travail et l'assainissement sont nécessaires.

Des essais de fumure, (fumier de ferme et engrais complet, azote phosphore - soufre NPS) ont été réalisés dans les stations expérimentales de l'IRCT. Ces fumures donnent des rendements nettement supérieurs à ceux du témoin : le phosphore y joue un rôle aussi important que l'azote et le soufre.

Le pivot des cotonniers se développe bien sur 10 - 15 cm de profondeur, puis il butte sur un horizon compact et émet deux ou trois racines fourchues ; les pivots sont plus gros dans les sols fumés mais pas plus longs. Les sols subissent un sous-solage qui améliore la végétation, mais en fin de saison des pluies, les caractères physiques des sols se trouvent peu modifiés.

Le fumier et l'engrais améliorent un peu l'instabilité structurale mais modifient peu la perméabilité :

	I S	K
Témoin ...	3,1	1,39
Fumier ...	2,4	1,32
NPS	2,8	1,7

La culture continue coton sur coton sans fumure acidifie le sol par rapport au témoin (0,5 unité pH en moins de 10 ans).

Le fumier augmente très légèrement le pH, l'engrais NPS le diminue : les différences sont faibles (0,2 à 0,3 unité pH).

Les taux des potassium et de phosphore sont également accrus dans de faibles proportions ; ces sols présentent une grande inertie aux modifications chimiques, le travail du sol a une action bénéfique mais non durable.

c. LES ZONES D'INONDATION DU LOGONE INFÉRIEUR

Régions en aval de Bongor au Tchad et de Yagoua au Cameroun.

1° AU CAMEROUN

Au nord de Kéléo et en bordure de la rivière Kalia

La limite de la plaine d'inondation est souvent imprécise, elle est occupée par des boisements denses d'épineux (*Acacia seyal*).

Les sols sont des argiles noires souvent à alcalis, peu inondés, une grande surface fortement boisée est occupée par la réserve de Waza.

Au nord sur la Kalia, ces sols sont très cultivés en mil de décrue. Les buttes exondées sont des sols sableux à pseudogley de profondeur, et des sols argilo-sableux à alcalis ; ils portent de nombreux villages.

Le bourrelet du Logone au-delà de Pouss

Est souvent interrompu par des voies d'eau importantes, les villages sont rares.

Vers *Zymado* on retrouve des savanes boisées et des rônaraies qui poussent sur les bourrelets de multiples défluent. Les villages sont à nouveau nombreux, la riziculture se développe autour des buttes et en contre-bas des bourrelets. Les autres cultures sont le mil rouge, le mil blanc de saison sèche, le mil de décrue, le maïs.

Au nord-ouest de Logone Birni, les bourrelets sont de texture plus fine et sont fréquemment à alcalis ; les dépressions argileuses sont cultivées en mil de décrue.

La grande plaine d'inondation du Nord-Cameroun

Pouvant atteindre 40 km de large, est drainée par des défluent tels que la Logomatia, le Diaoua, le Diourma.

Ces défluent, en particulier le Logomatia, ont des bourrelets de rives portant de nombreux villages et des cultures.

Les sols argilo-limoneux parfois à alcalis sont cultivés en riz et mil rouge, ils alternent avec des sols d'argile noire cultivés en mil de décrue.

La plaine d'inondation elle-même présente des sols d'une grande homogénéité, hydromorphes argileux, fortement inondés, généralement humifères et acides.

Sur de faibles élévations peu inondées, on observe les vertisols à nodules calcaires et effondrements. Cette région est pratiquement vierge.

Enfin, tout à fait au nord (Kalkoussam), on retrouve une alternance de sols sableux inondés et de vertisols à nodules calcaires.

La bordure ouest de la plaine d'inondation est occupée par des vertisols peu ou pas inondés.

2° AU TCHAD

Jusqu'à Logone Gana

La limite de l'inondation est donnée par le Ba-Illi à l'est. Toute la plaine d'inondation est formée de sols hydromorphes argilo-sableux, qui alternent avec des sols argileux à nodules calcaires.

De nombreux défluent sont bordés de bourrelets de sable fin de la série récente entièrement quartzeux.

Les sols à alcalis lessivés ou « naga » prennent une grande extension.

Toute la partie nord

Entre Logone et Chari, est très hétérogène.

L'orientation des nombreux défluent (SE - NW) correspond au débouché d'un ancien delta du Bahr Erguig.

On observe l'alternance classique de sols ferrugineux beige sableux à pseudo-gley de profondeur et de sol sablo-argileux ou limoneux, à alcalis lessivés, qui prennent une grande importance ; les niveaux argileux se retrouvent à faible profondeur.

Enfin, les dépressions sont nombreuses avec des vertisols à nodules calcaires et effondrements. Toute cette région est plus ou moins inondée, les villages étant installés sur les buttes sableuses.

3° CONDITIONS D'AMÉNAGEMENT HYDROAGRICOLE DU LOGONE INFÉRIEUR

Au nord de Katoa, sur le Logone, les conditions d'un aménagement général sont moins favorables que dans les régions de Laï et Bongor.

L'engorgement des plaines riveraines est général. De vastes superficies s'avèrent indrainables sans travaux coûteux ou recours au pompage. La pente du fleuve est plus faible, la pente transversale devient faible également ; le bourrelet est absent ou discontinu.

Les rivières comme la Logomatia sur la rive gauche ou le Ba-Illi sur la rive droite, ne jouent plus le rôle de collecteur.

Sur la rive droite, les eaux empruntent des canaux secondaires ou s'écoulent en nappes entre Logone et Ba-Illi.

La différence de niveau entre étiage et crue nécessite un endiguement important ; par contre, l'amplitude des variations est assez constante d'une année sur l'autre.

La crue se prolonge d'un mois par rapport aux régions situées en amont, c'est-à-dire jusqu'à fin décembre.

Les terres argileuses à fort pouvoir de rétention d'eau, restent humides très avant dans la saison sèche, ce qui facilite les cultures de décrue.

En ce qui concerne les cultures irriguées, celle de riz en particulier, l'isolement par des digues, de casiers adossés à des levées sableuses peut permettre de récupérer certaines terres basses et de contrôler leur inondation.

d. LES PLAINES INONDABLES DE LA RÉGION SUD DANS LA ZONE DES KORO

Ce chapitre est consacré uniquement aux dépressions inondables qui pénètrent profondément dans la zone des sables tertiaires bordant le sud de la cuvette tchadienne, et qui se trouve sous climat soudano-guinéen (1 000 à 1 200 mm de pluies).

Ces sables tertiaires seront étudiés dans un chapitre ultérieur, consacré à la culture sèche dans la zone dite des « Koro ».

Principales vallées

Les vallées principales sont celles du Logone occidental qui passe à Moundou, du Logone oriental ou Pendé qui arrose la cuvette de Doba ; elles se rejoignent en amont de Gabri-N'Golo, avant de pénétrer dans la grande cuvette alluviale de Lai.

Une autre vallée importante à l'est du Koro de Koumra, est celle du Mandoul ; il faut noter enfin le Bahr Sara, affluent du Chari.

Caractères généraux des vallées et des terrasses avoisinantes ⁽¹⁾

Ces vallées comportent un lit mineur occupé par le fleuve en saison sèche et des bancs de sable plus ou moins stabilisés.

Le lit majeur est le domaine des hautes eaux de fin de saison des pluies ; il comprend des zones de divagation creusées de chenaux parfois profonds et les méandres abandonnés, ainsi que les zones d'inondation habituelles plus planes, souvent limoneuses en surface.

Le lit supérieur est représenté par une terrasse que les eaux du fleuve n'atteignent pas.

Les terrasses sont faites de matériaux très comparables à ceux des Koro (sableux grossier) auxquels s'ajoutent des alluvions fines peu perméables.

Les eaux de pluie s'infiltrant mal et l'on observe des zones engorgées parallèles au cours du fleuve et de dimensions variables. Les sols sont des sols hydromorphes à pseudogley sableux, gris ou beige.

Les bourrelets sont larges de quelques centaines de mètres, et, à un niveau très peu supérieur (quelques décimètres) les sols sont néanmoins plus sains.

Les sols des vallées proprement dites

On retrouve les mêmes séries alluviales que dans les plaines décrites précédemment.

Dans le fond, l'argile noire lacustre à nodules calcaires se retrouve souvent mais pas à une altitude supérieure à 380 m : on l'observe au confluent du Logone et de la Pendé, ainsi que dans la vallée du Mandoul.

Au-dessus, il peut y avoir des épandages sableux venant des Koro, mais aussi les alluvions récentes. Les séries sableuses récentes et limoneuse la plus récente, sont identiques à celles décrites dans les plaines du Logone moyen et inférieur.

1° VALLÉES DU LOGONE ET DE LA PENDÉ (Sols et Utilisation)

Sols gris sableux de bas fonds (sols hydromorphes minéraux à pseudogley)

Les sols gris de bas fonds sont des sols sableux, très pauvres en argile, en surface et en profondeur, qui proviennent de l'épandage des sables des Koro. Ils peuvent cependant présenter une certaine teneur en

⁽¹⁾ D'après BOUTEYRE.

limon à la surface. A faible profondeur, il existe un pseudo-gley très développé. La nappe, généralement à un mètre, remonte très près de la surface.

Taux d'argile en surface %	2,5
Matière organique %	1 à 2
Azote total %	0,067
pH	6
Somme des bases échangeables mé pour 100 g	1,64
Capacité d'échange T, mé pour 100 g	2,1

La répartition des cations est la suivante en mé pour 100 g :

Ca ⁺⁺	1,22
Mg ⁺⁺	0,2
K ⁺	0,12
Na ⁺	0,06

La perméabilité de ces sols est très faible, il n'y a aucune alcalinisation même en profondeur.

Sols beiges sableux inondés (Sols hydromorphes minéraux à gley de surface et caractères vertiques en profondeur)

Ces sols sableux sont cultivés en riz lorsque l'eau séjourne suffisamment longtemps. Bien que sableux, ils sont très peu perméables et reposent souvent sur un fond argileux ; ils sont alors plus riches en bases en profondeur et présentent parfois un début d'alcalinisation (Na/Ca > 15 % à 1,50 m). Leur principal défaut est leur pauvreté chimique, particulièrement en matière organique et en bases, dans la partie supérieure sableuse.

Le taux d'argile est de 4,2 % en surface et de 24 % à un mètre de profondeur.

Le pH est de 6, le taux d'azote total de 0,34 ‰.

La répartition des bases est la suivante en mé pour 100 g :

Ca ⁺⁺	1
Mg ⁺⁺	0,2
K ⁺	0,15
Na ⁺	0,11

Ces sols sableux sont cultivés en riz lorsque l'eau séjourne suffisamment longtemps. Bien que sableux, ils sont très peu perméables et reposent souvent sur un fond argileux ; ils sont alors plus riches en bases en profondeur et présentent parfois un début d'alcalinisation (Na/Ca > 15 % à 1,50 m). Leur principal défaut est leur pauvreté chimique, particulièrement en matière organique et en bases, dans la partie supérieure sableuse.

Le taux de matière organique augmente généralement avec le taux d'argile en surface.

Utilisation des sols sableux inondés

Le problème de la riziculture est le même que celui des sols sableux de la région de Laï ou de la Loka.

Il faudrait maintenir l'eau aussi longtemps que possible par des systèmes de diguettes. Ces sols ne peuvent donner que des rendements très moyens 1 500 kg de paddy sans engrais.

La technique du repiquage permettrait également de pallier les aléas de l'inondation.

Sols à couverture sablo-limoneuse (Sols hydromorphes minéraux à gley de surface et caractères vertiques en profondeur)

Dans des zones un peu plus basses, on observe des sols à recouvrement de sable fin et limon, sur une profondeur de 40 à 50 cm, reposant sur argile à nodules calcaires.

En surface, le taux d'argile est de 24 % avec 14 de limon.

Ils sont assez riches en matière organique : environ 3 %.

Le taux d'azote total est de 1,57 ‰.

Le pH est de 5,4.

Utilisation

Ces sols sont très favorables à la culture du riz.

Vertisols ou sols d'argile noire à nodules calcaires

Ces sols possèdent des propriétés analogues à ceux décrits précédemment. Ils sont très argileux, mais cette argile est essentiellement de la kaolinite. Ils présentent un très fort microrelief.

Ils sont riches en bases, jusqu'à 40 mé, mais très pauvres en azote et phosphore. Dans les zones à fort passage d'eau, ils sont souvent plus sableux en surface. Ces sols ne sont généralement pas utilisés.

2° DÉPRESSION DU MANDOUL

La zone d'inondation de la rivière Mandoul est une sorte de lac enherbé, très peu profond et parsemé d'îles. La dépression dans son ensemble s'étend sur près de 70 km de long, interrompue par des seuils importants : la largeur est d'environ 10 km dans les parties intéressantes.

La montée des eaux commence à être rapide après la mi-août, le maximum se situe mi-octobre, avec une crue d'environ 1 à 2 m au-dessus de l'étiage, puis le niveau redescend progressivement jusqu'à fin décembre.

La crue prend le relais des eaux de pluies pour l'inondation des plaines alluviales.

Sols et utilisation

Les sols de bordure sont des sols *sableux faiblement inondés* (sols hydromorphes minéraux à pseudogley). Ils portent une végétation arbustive.

Dans la zone d'inondation proprement dite, on observe des sols à *recouvrement sablo-limoneux fin* reposant à faible profondeur sur une argile grise : ce sont des sols hydromorphes à et gley. Ils portent une végétation graminéenne très dense.

*Sols sableux peu inondés (sols hydromorphes minéraux à pseudogley)**Profil*

Type (région de Bédiondo) à 7 ou 800 m du cours d'eau :

0-15 cm : brun gris foncé, sableux, finesse moyenne un peu humifère ;

15-50 cm : beige un peu ocre, début de pseudogley, sableux plus grossier ;

50-80 cm : taches de pseudogley, sableux grossier, très légèrement argileux.

La nappe phréatique est à 1,20 m au mois de décembre.

Analyse

Profondeur	0-25
Matière organique %	0,6
Carbone %	0,33
Azote %	0,019
C/N	17
pH	5,2 à 5,9
Phosphore total P_2O_5 ‰	0,19
Phosphore assimilable P_2O_5 ‰ ..	0,02 à 0,08

Ce sol est très pauvre en matière organique et azote avec un rapport C/N élevé. Le pH est acide. Le taux de phosphore est faible mais moins que l'azote.

La végétation est composée de grandes graminées avec de nombreux arbustes. L'inondation, qui est variable, ne dure que pendant le mois d'août.

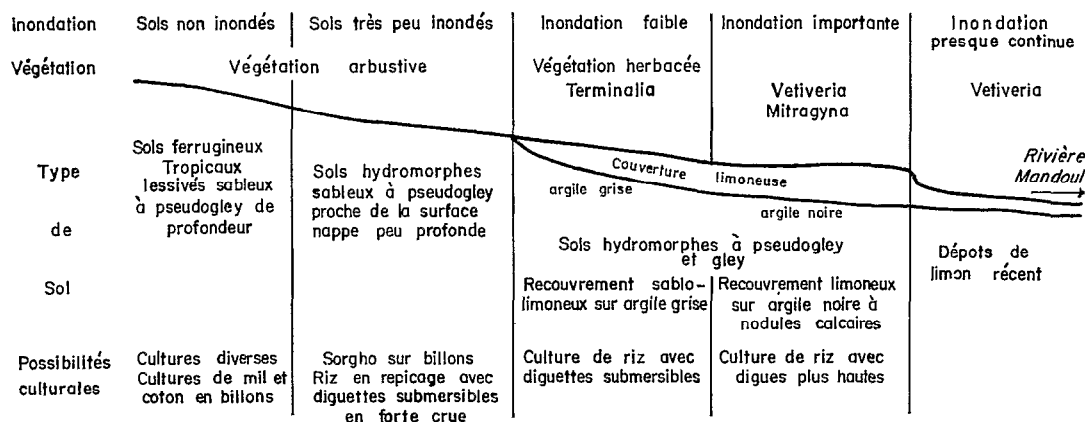


FIG. 15. — Coupe en travers de la plaine de Mandoul (d'après BOUTEYRE).

Utilisation des sols sableux peu inondés

Ces sols sont généralement trop humides pour le coton et pas assez inondés pour le riz. Les Africains sèment généralement riz et coton mélangé, ne connaissant pas l'importance de l'inondation.

En réalité, il faudrait soit cultiver sur très gros billons pour la culture sèche, soit établir des systèmes de casiers et diguettes pour le riz ; néanmoins, le sol semble trop sableux pour obtenir de bons rendements en riz.

Le sorgho cultivé en billons semble bien réussir sur ces sols. Des cultures sèches peuvent être prolongées en arrière saison si l'on pompe de l'eau dans la nappe.

Bien que le sol soit pauvre, à l'aide de fortes fumures organiques (utilisation des nombreuses herbes), il serait peut-être possible de pratiquer la polyculture : maïs, canne à sucre, bananiers, ignames, patates douces, etc. Ces cultures sont déjà installées autour de certains villages sur des terres recevant des déchets domestiques.

Sols argileux à couverture limoneuse (sols hydromorphes minéraux à gley de surface et de profondeur)

Profil

0- 5 cm : horizon noir, sablo-argileux, assez humifère, structure grenue humide ;
5-100 cm : horizon gris beige à tache rouille d'hydromorphie argilo-sableux, compact et plastique.

Utilisation

Ce sol est plus humifère et plus acide que le précédent. Il peut convenir parfaitement à la riziculture, mais l'inondation risque d'être trop importante. Il faudrait protéger les zones qui ne sont pas trop basses par de petites digues pour ralentir la montée de l'eau à la crue, et la retenir le plus longtemps possible à la décrue. Pour les variétés de riz du groupe Maroua, il faut disposer d'une quantité d'eau suffisante le 15 octobre au moment de l'épiaison. Dans la zone riche en graminées, la culture se fait par écobuage.

3° CONCLUSIONS RELATIVES A L'UTILISATION DES GRANDES VALLÉES DE LA ZONE DES KORO

Les terrasses peu ou pas inondées de la région des Koro peuvent être utilisées en polyculture.

Le coton demande des précautions et principalement le surélévement du sol par des billons.

D'autres cultures peuvent être intéressantes : sorgho, maïs, bananier, igname, patate, peut-être canne à sucre. Cette dernière culture qui dure 18 mois doit pouvoir passer la saison sèche et elle nécessite un arrosage d'appoint qui peut se faire dans certains cas à partir de la nappe lorsque celle-ci est peu profonde et d'un débit suffisant.

Un inconvénient est la pauvreté chimique des sols sableux qui doivent être fertilisés avec des engrais minéraux (azotés et phosphatés) : en ce qui concerne la fumure organique, une source importante de matières végétales est constituée par l'abondante végétation graminéenne de la région. L'enfouissement des chaumes, les paillages et peut-être aussi la fabrication de fumier dans les fossés où l'on empile herbes et déjections animales, sont des techniques à envisager pour améliorer l'agriculture de cette région très peuplée.

Il est intéressant de constater que l'élevage sédentaire s'accroît et que la traction animale tend à se répandre.

Dans les terres inondées, la principale culture à développer est le riz.

Les zones hautes peuvent être améliorées par des diguettes submersibles et l'utilisation du repiquage qui permet de planter selon la hauteur d'eau.

Les zones plus basses doivent être protégées par des digues plus importantes. Ces travaux pourront aller de pair avec certains aménagements de rivière comme l'écêtement des crues du Mandoul : des études de nivellement sont effectuées actuellement dans ce but.

III. — LES GRANDES PLAINES ALLUVIALES DU SUD-EST TCHADIEN

Généralités

Il est possible d'établir un parallèle entre les vastes plaines d'inondation du sud-est tchadien arrosées par le Bahr Aouk et le Salamat et les plaines d'inondation du Logone et du Chari.

Le vaste ensemble du Salamat s'étend au sud jusqu'à la frontière du Tchad et est bordé au nord par les glaciers cuirassés des massifs du Guéra et du Ouaddaï.

Le climat

Il est sensiblement analogue dans les régions d'Am Timan et de Bongor ; pluviométrie de 920 mm, pluies réparties en 3 à 4 mois de juin à septembre ; mais il est sensiblement plus humide au sud dans la région de Singako : pluviométrie de 1 150 mm répartie sur 6 à 7 mois de mai à octobre.

Le régime hydrographique

Le régime hydrographique des rivières Bahr Aouk, Salamat et Keita, est un peu différent de celui du Logone et du Chari ; leur pente générale est très faible, et ils s'étalent dès le haut bassin dans de vastes plaines d'inondation.

Ces débordements provoquent une régularisation et un étalement des crues en aval : les apports d'eau au Chari sont faibles relativement à l'importance des bassins versants.

La crue commence en juillet et a son maximum en septembre, l'inondation des plaines débute en août et dure 3 à 4 mois, mais les eaux s'étalent dans les plaines déjà gorgées d'eau par les pluies ; elles atteignent une hauteur de 0,5 à 1,50 m, puis baissent régulièrement jusqu'en décembre ; il y a restitution progressive des eaux vers les axes de drainage constitués par le réseau hydrographique. Il se produit alors des phénomènes d'érosion superficielle et des sous-écoulements amenant des effondrements.

Enfin, les sols se dessèchent progressivement.

Démographie et agriculture

Une différence importante avec les plaines du Logone-Chari réside dans la très faible densité de population, l'une des plus faibles au Tchad avec moins de 2 hab. au km² ; les villages sont limités au pourtour des plaines ou à quelques axes exondés.

Cette faible densité peut être due à des raisons historiques mais aussi au fait que la nappe permanente est beaucoup plus profonde que dans la région du Logone. L'étendue des plaines inondées d'un seul tenant peut également gêner leur mise en valeur. L'évacuation tardive des eaux des plaines basses réduit aussi les possibilités de la culture du sorgho de décrue, qui pourrait cependant s'étendre dans la région nord-est, si la population était plus dense. Les seules régions cultivées sont les bordures sableuses du Continental Terminal (extension de la zone des Koro) ou les levées sableuses des bourrelets alluviaux, consacrées aux cultures de saison des pluies (coton, mil, etc.). Les cultures de riz sont rares.

Le complexe alluvial récent du Bahr Azoum forme un réseau de bourrelets exondés alternant avec des plaines inondables : cette région est plus peuplée et davantage cultivée.

La partie orientale des plaines d'inondation entre les bahrs Keita et Aouk est entièrement inhabitée et inexploitée.

Nous étudierons successivement la région sud-ouest de la dépression du Salamat, centrée autour de Singako et la partie nord-est, centrée autour d'Am Timan.

a. PARTIE SUD-OUEST DE LA DÉPRESSION DU SALAMAT (Région de Singako)

Généralités

C'est la partie la plus arrosée de cette grande région alluviale qui correspond en outre aux cours inférieurs des bahrs Salamat, Keita et Aouk, et où l'on observe une influence encore importante des formations d'épandages constituant des dépôts ou alluvions dérivés donnant naissance, dans les parties basses ou intermédiaires à des sols hydromorphes à pseudogley ou gley, alors que dans la région nord-est du Salamat ce sont les argiles noires anciennes (vertisols) qui dominent.

1° DIFFÉRENTS TYPES DE MATÉRIAUX ORIGINELS

Les divers matériaux originels sur lesquels sont formés les sols sont les suivants :

- Sables du Continental Terminal (reliefs des Koro) ;
- Base des Koro donnant un piémont cuirassé ;
- Epandages alluviaux anciens : sablo-argileux à argilo-sableux, dans le bassin du Bahr Aouk ;
- Alluvions anciennes argileuses dans le bassin du bahr Salamat — ou argiles à nodules calcaires ;
- Alluvions anciennes sableuses dans le bassin du bahr Keita ;
- Alluvions récentes argilo-limoneuses et argileuses micacées sur des bourrelets correspondant à d'anciens cours du Salamat et de l'Aouk ;
- Alluvions limoneuses actuelles des cours d'eau.

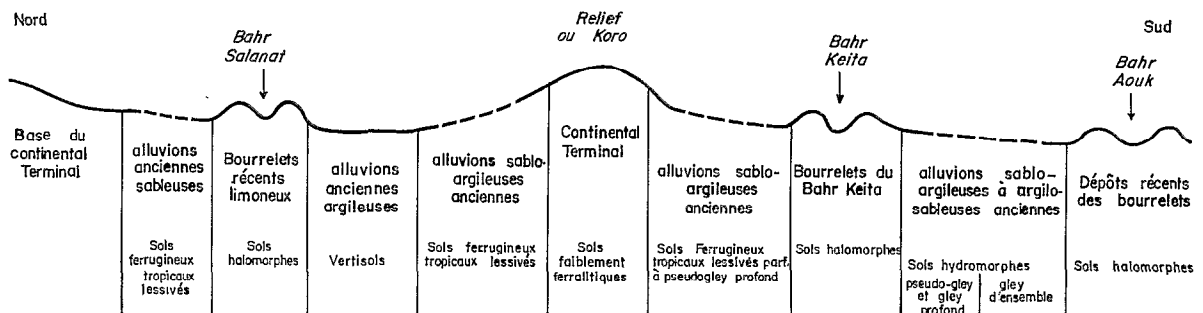


FIG. 16. — Coupe nord-sud de la plaine de Salamat de Singako (d'après BOQUIER).

Un schéma représente la coupe en travers (nord sud) de la partie sud-est de la plaine du Salamat et montre l'influence des recouvrements tertiaires anciens et des bourrelets alluviaux récents sur la répartition des sols.

Les sédiments tertiaires anciens sont riches en sable grossier, les sédiments récents sont plus riches en sable fin et limon.

Principaux sols formés sur les divers matériaux originels :

- Les alluvions anciennes sableuses, lorsqu'elles sont exondées, donnent des sols ferrugineux tropicaux lessivés avec parfois un pseudogley en profondeur.
- Les alluvions anciennes sablo-argileuses et argilo-sableuses, inondées donnent des sols hydromorphes à gley et pseudogley.
- Les alluvions argileuses donnent des vertisols.
- Les bourrelets récents limono-argileux donnent souvent des sols alcalisés ou halomorphes.

2° LES DIFFÉRENTS TYPES DE SOL ET LEUR UTILISATION

Sols inondés

Les Vertisols

Les vertisols sont formés sur les argiles noires anciennes ; ils n'occupent dans la partie sud du Salamat qu'une faible superficie, environ 10 % des terres.

Ce sont principalement des vertisols hydromorphes :

On peut distinguer :

- Les vertisols à début de structure fine en surface ;
- Les vertisols à structure large, peu évolués.

Les Vertisols à structure large

Sont appelés ainsi parce qu'ils présentent une surface argileuse très compacte avec des fentes de retrait polygonales qui débitent des unités structurales en très gros prismes.

Ces sols occupent des dépressions à l'amont des bourrelets, et reçoivent des apports argileux saisonniers.

Leur profil est assez homogène, de couleur grise en surface avec des taches gleyeuses et des ségrégations ferrugineuses le long des racines ; ils ne présentent généralement pas de nodules calcaires. Leur microrelief est relativement plat.

Analyse

Profondeur	0-15	40-50	80-90	100
Argile %	63	64	61	55
Mat. organique %	1,1	0,85	0,74	0,67
N $\frac{0}{100}$	0,51	0,44	0,27	0,25
P ₂ O ₅ total $\frac{0}{100}$	0,5			
<i>Bases échangeables mé pour 100 g</i>				
Ca	13,9	15	15	11,4
Na	0,45	0,95	0,95	0,62
K	0,6	0,8		
pH	6,4	6,5	6,4	6,7

A l'analyse, ces sols sont très argileux et contiennent parfois des paillettes de mica (recouvrement plus récent). Le taux de matière organique varie de 1,1 % à 2,4 %. Le pH est voisin de 6. Le taux de saturation en bases S/T est de 75 %.

Dans les bases, la teneur en calcium reste dominante, la teneur en sodium n'est pas négligeable, mais insuffisante pour alcaliser le sol, le rapport Na/Ca varie de 6,5 à 9 % en profondeur. Les teneurs en potassium sont correctes et en phosphore assez limitées.

Ces sols se caractérisent par une perméabilité à peu près nulle, une très mauvaise structure, mais une excellente rétention d'eau.

Extension et utilisation

Ces sols n'occupent que les faibles surfaces de dépressions correspondant à d'anciens méandres : le retrait des eaux est relativement précoce, ce qui permet une culture de décrue ; avec un aménagement, ces sols pourraient également convenir au riz.

Les vertisols à début de structure fine en surface

Ils occupent généralement des zones plus basses que les précédents et sont inondés plus longtemps.

On distingue les vertisols avec nodulation calcaire en profondeur qui occupent une position topographique moyenne et sont souvent associés aux sols halomorphes et les sols sans nodulation calcaire dans les parties les plus basses des plaines herbeuses. Dans ces différents sols, la décrue est très tardive.

Les sols avec nodules en profondeur

Ils présentent une coloration brun gris en surface et brun jaune en profondeur ; ils contiennent parfois de petites concrétions ferrugineuses. Les nodules calcaires sont surtout nombreux en profondeur, mais peuvent être amenés en surface par les mouvements du sol.

On observe un microrelief typique (gilgai) avec de nombreux effondrements.

Analyse

	Profondeur cm	0-5	10-20	100-110
Argile %		51	50	52,
Mat. organique.....	MO %	3,2	0,74	
	N ‰	1,33	0,38	
Phosphore total	P ₂ O ₅ ‰	0,3		
Bases échangeables mé pour 100 g				
	Ca ⁺⁺	10	11	13
	Na ⁺	0,17	0,25	0,5
	K ⁺	0,7	0,2	0,6
	pH	5,4	6,1	7,8
Stabilité	Is	1,7		3,1
Perméabilité	Kcm heure	2,3		0,3

Les textures sont argileuses mais le taux d'argile peut s'abaisser à 35 % en surface, ce qui correspondrait à des apports du continental terminal ; la structure superficielle est polyédrique moyenne.

Les taux de matière organique sont relativement élevés pour des vertisols et varient de 2 à 3 % ; les taux d'azote sont relativement forts 1,3 ‰. Les pH par contre sont nettement acides en surface (5,5 à 6), mais atteignent parfois la neutralité.

En profondeur, les pH sont alcalins (voisins de 8).

Ces sols présentent une alcalisation permanente en profondeur et peuvent être associés à des sols halomorphes ; le calcium domine dans les bases échangeables mais le sodium peut être important en profondeur.

La structure, moyenne à médiocre en surface, devient très mauvaise, en profondeur avec une imperméabilité totale.

Sols sans nodulation calcaire

Ces sols subissent une forte inondation par débordement fluvial qui fait suite à un important engorgement par les pluies.

Ils présentent, selon BOCQUIER, un gley de surface, c'est-à-dire une couleur gris foncé à brun, avec d'abondantes ségrégations d'oxydes rouille qui peuvent atteindre tout le profil. Les caractères d'hydromorphie sont donc très accusés. Ces sols présentent des effondrements en surface.

Analyse

Profondeur cm	0-8	40-50	110-120
Argile %	58	60	62
Matière organique %	2,9	0,96	
Azote ‰	1,35	0,38	
Phosphore P_2O_5 ‰	0,3		
Bases échangeables			
Ca ⁺⁺	9	9,	11
Na ⁺⁺	0,37	0,57	0,68
K ⁺	0,51	0,28	
pH	5,7	6,6	7,3

Ces sols sont très argileux : jusqu'à 60 % d'argile en surface ; le taux de matière organique peut atteindre 3 % et le taux d'azote 1,5 ‰.

Le pH en surface varie de 5 à 6, mais est généralement neutre ou alcalin au-dessous de 1 m. Le taux de phosphore est médiocre.

La structure moyenne en surface devient médiocre en profondeur.

Répartition et utilisation des vertisols à début de structure fine

Les vertisols sans nodulation calcaire dominent largement, ils occupent les vastes étendues herbeuses des plaines basses du Salamat.

L'utilisation actuelle de ces sols est très faible en raison de leur inondation générale qui se prolonge tard dans la saison sèche.

Ce facteur joint à celui du microrelief, élément d'hétérogénéité, gêne l'extension de la culture de décrue.

Une utilisation possible est la *riziculture*, en raison de la richesse relative en matière organique en surface, associée au pH acide, de même que l'imperméabilité permettant le maintien d'un plan d'eau.

Néanmoins des aménagements sont nécessaires, tels des endiguements pour ralentir la montée des eaux de crue, et le planage pour atténuer ou faire disparaître le microrelief.

Il faut noter enfin, certains défauts chimiques comme la faible teneur en phosphore, et le début d'alcalisation en profondeur.

Le *maïs de décrue* dont le cycle est plus court que celui du mil berbéré pourrait être essayé dès le début du retrait des eaux ou même autour des mares temporaires, le sol étant suffisamment humifère, mais cette culture a un important besoin de phosphore et le climat de la saison sèche intervient peut-être sur les conditions de développement et sur la formation des graines.

Les sols hydromorphes

Répartition

Les sols hydromorphes sont formés généralement sur des *dépôts ou alluvions issus du continental terminal* et occupent de vastes plaines d'inondation, près de 50 % de la surface totale, réparties principalement dans le sud, le long des bahrs Aouk et Keita.

Classification

Suivant le niveau d'engorgement, on distingue :

- les sols à *pseudogley profond* qui se rattachent aux sols ferrugineux tropicaux lessivés, mais avec un horizon d'engorgement temporaire à faible profondeur ;
- les sols à "gley profond et pseudogley" qui subissent une inondation temporaire de surface et un engorgement profond de longue durée ;
- les sols à *gley d'ensemble* qui subissent une inondation et un engorgement d'ensemble de longue durée.

Définition des principaux termes

Les sols à gley d'ensemble se trouvent dans les zones les plus basses et les plus inondées ; dans les zones un peu plus hautes, il se forme un gley à la base du profil et un pseudogley dans la partie supérieure où le drainage devient possible.

Tous les sols inondés présentent en surface un horizon fortement marqué par l'hydromorphie, dont certaines caractéristiques sont voisines de celles du gley de profondeur.

Dans ces horizons, c'est la teinte grise qui domine ; en surface les produits organiques solubles maintiennent un état réduit du fer.

Dans les pseudogley de moyenne profondeur, les taches d'oxydation sont nombreuses et c'est la teinte jaune ou jaune rouge qui domine.

Dans tous ces sols, l'engorgement n'est jamais permanent mais seulement plus ou moins prolongé. La notion de gley telle qu'on la définit en Europe, s'applique difficilement. Par convention, BOCQUIER nomme gley les horizons où la couleur grise domine et pseudogley les horizons où le jaune domine avec des ségrégations plus diffuses.

Les sols à pseudo-gley et gley

Ces sols occupent à peu près 30 % de ces plaines d'inondation.

- de 0 à 16 cm : la couleur est grise avec de nombreuses taches rouille le long des racines. La texture est sablo-argileuse en surface, puis rapidement argilo-sableuse. La structure fondue en surface est ensuite assez meuble, l'enracinement abondant.
- de 16 à 50 cm : horizon argileux, avec des concrétions, la structure d'ensemble est assez bonne, avec des fentes verticales, l'enracinement est moyen ;
- de 50 à 75 cm : gris clair à taches rouille, argileux, structure polyédrique fine, enracinement moyen (pseudogley).
- de 75 à 130 cm : matériau gris blanchâtre gleyifié, argileux avec sable grossier — dur à très dur — (gley).

La structure est fondue en surface, devenant rapidement assez meuble en profondeur, polyédrique dans le pseudogley, prismatique dans le gley.

Il peut y avoir des circulations d'eau latérales dans le pseudogley ; les vers de terre provoquent une texture plus sableuse en surface.

Analyse

Elle montre des taux d'argile pouvant varier de 20 à 40 % de la surface vers la profondeur ; la matière organique est à un taux de 2 % en surface avec un C/N de 13 et elle pénètre assez bien en profondeur.

Le pH de 5,5 à 6 en surface peut augmenter en profondeur.

La capacité d'échange de bases est faible (4,4 mé pour 100 g).

La teneur en sodium, faible en surface, augmente en profondeur avec un rapport Na/Ca supérieur à 10 %.

Les taux de potassium et de phosphore sont faibles.

Les sols à gley d'ensemble

Ils occupent une surface à peu près équivalente aux sols précédents. La durée de l'inondation est plus longue ; la texture d'ensemble est généralement plus argileuse.

Le profil est le suivant

- de 0 à 12 cm : horizon gris à structure polyédrique pouvant être humifère, assez riche en racines.
- de 12 à 80 cm : horizon gris de gley avec taches rouges assez nettes et concrétions réparties sur la profondeur ; texture argileuse à sable grossier, structure prismatique large, enracinement vertical le long des fentes.
- de 80 à 130 cm : matériau argileux gleyifié ; structure prismatique à compacte moins bien développée.

Dans ce sol, le gley apparaît dès la surface et s'étend en profondeur, il n'y a pas d'horizon intermédiaire de pseudogley à structure polyédrique.

Analyse

Profondeur cm	0-4	4-12	15-25	50-60	120-130
Argile %	22	48	48	47	44
Mat. organique %	1,65	1,24	0,5	0,31	

N ‰	0,63	0,55	0,26		
Phosphore P_2O_5 ‰	0,1				
Bases échangeables mé pour 100 g					
Ca^{++}	3,7	6,84	8,10	8,76	11
Na^+	0,19	0,25	0,21	0,28	0,40
K^+	0,20	0,25	0,20		
pH	5,9	5,7	6,3	6,3	7,4

La matière organique peut atteindre 3 % en surface avec C/N de 15, la structure peut être grumeleuse sur une faible épaisseur.

Le pH est acide en surface et augmente en profondeur.

La teneur en sodium échangeable ne dépasse pas 0,4 mé pour 100 g.

La richesse en bases est moyenne, le potassium est assez faible et le phosphore très faible.

Répartition et utilisation des sols hydromorphes

Les sols à gley d'ensemble se situent de part et d'autre du Bahr Aouk, les sols à pseudogley et gley s'étendent plus au nord, parallèlement au Bahr Keita.

Actuellement tous ces sols sont pratiquement inutilisés en raison de leur très importante submersion et de leur assèchement trop tardif.

Du point de vue des propriétés physiques et chimiques, tous ces sols pourraient convenir à la riziculture ou même à des cultures de décrue, à condition d'aménager certaines portions des plaines d'inondation pour régulariser les crues qui sont mal connues.

Le très faible peuplement de ces régions est également un obstacle essentiel à tout projet de mise en valeur.

b. RÉGION NORD-EST DU SALAMAT (Am Timan) ⁽¹⁾

Généralités

Les limites sont constituées au nord par le piémont des massifs du Ouaddaï et au sud par les bassins versants du bahr Azoum et du Salamat. Le climat est de type sahélo-soudanien, la pluviométrie totale de 920 mm se répartit sur trois à quatre mois de juin à septembre, avec de fortes variations annuelles.

1° LE RELIEF ET LES MATÉRIAUX ORIGINELS

Les glacis

Le piémont sud du Ouaddaï est constitué de quartzites micacés, alternant avec des granites. Faisant suite au massif résiduel, dont le pied disparaît sous des talus d'éboulis, s'étend un glacis à cuirasse généralisée (correspondant vraisemblablement aux vestiges d'un climat ancien).

⁽¹⁾ Les données essentielles concernant cette région sont empruntées au rapport de P. AUDRY.

A la base des glacis, on observe des accumulations sableuses présentant un modelé éolien, témoin d'une phase climatique ancienne plus sèche ; elles dominent sur la face est des massifs et portent le nom de « goz » rouge.

Dans le prolongement des glacis cuirassés, s'étendent parfois des surfaces d'érosion avec des sols à alcalis lessivés ou « Solonetz solodisés ».

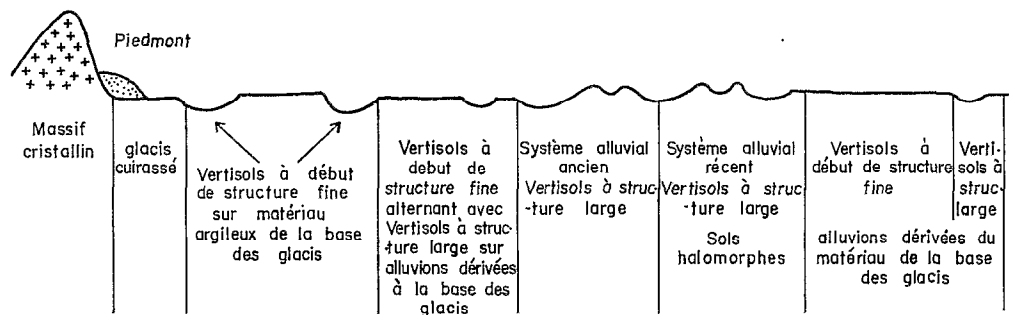


FIG. 17. — Répartition schématique des sols dans la région d'Am Timan - Salamat (d'après Audry)

Les dépressions

A la base des glacis viennent les dépressions correspondant à une fosse lacustre ancienne et essentiellement constituées d'argiles noires à nodules calcaires.

La vaste dépression qui s'étend au sud du Ouaddaï comprend :

- des cuvettes argileuses homogènes correspondant aux alluvions les plus anciennes dérivées du matériau de la base des glacis.
- des systèmes alluviaux anciens formant des bourrelets sableux séparés par de grandes plaines alluviales argileuses.
- des systèmes alluviaux récents comprenant aussi des réseaux de bourrelets et des plaines inondées, en particulier ceux du Bahr Azoum actuel et des Bahr Azrak et Djourf.

2° LES SOLS

Répartition et classification

— Les grandes plaines d'inondation et les dépressions argileuses des glacis présentent des formations de Vertisols à peu près identiques, avec un microrelief (gilgai) typique.

— Les systèmes alluviaux anciens correspondant à d'anciens réseaux hydrographiques, sont caractérisés par des bourrelets sableux, au matériel alluvial stratifié : ces bourrelets se raccordent aux plaines alluviales par des formations sablo-argileuses et argilo-sableuses :

- les bourrelets donnent des sols *ferrugineux tropicaux lessivés* ;
- les raccords donnent fréquemment des sols à *alcalis lessivés* (naga ou « Solonetz solodisés »).
- les *vertisols* des plaines inondables sont souvent sans microrelief et contiennent des fractions micacées.

— Les systèmes alluviaux récents comme ceux du Bahr Azoum présentent également des bourrelets et levées riches en limons micacés, alternant avec des plaines inondables.

Les différents types de sols sont les suivants :

- *Sols peu évolués* d'apports hydromorphes ;
- *Sols hydromorphes* à pseudogley ;
- *Sols à alcalis* lessivés ;
- *Vertisols* hydromorphes ;
- *Sols à gley*.

Description et utilisation des sols

Sols exondés

Sols peu évolués

Les sols peu évolués sont riches en sable fin ; ils présentent un horizon humifère net, sans autres caractéristiques dans le profil ; en profondeur, on observe une superposition de strates d'alluvionnement différents. Il y a de nombreuses paillettes de mica dans la fraction sableuse.

Ces sols présentent des caractères d'hydromorphie étendus à tout le profil sous forme de taches.

Les racines des plantes pénètrent bien jusqu'à 0,70 m.

Dans l'ensemble, les sols sont à texture relativement fine, le sable fin domine sur le sable grossier.

La vocation culturale dépend de la granulométrie des horizons superficiels :

10 à 15 % d'argile : arachide

15 à 35 % d'argile : coton

Plus de 35 % d'argile : sorgho, maïs, riz.

La matière organique varie de 1 à 2 % ; le rapport C/N est inférieur à 14 ; le pH est neutre ou faiblement acide : 6 à 7.

Ces sols sont bien pourvus en bases et en potassium.

Les taux de phosphore sont moyens.

Utilisation actuelle

Les sols peu évolués sont intéressants pour la culture : le coton se développe le long des axes du Bahr Azrak et du Bahr Azoum qui est bordé de nombreux villages.

Sols ferrugineux tropicaux et sols à alcalis lessivés

Les sols ferrugineux tropicaux et les sols à alcalis lessivés seront étudiés dans les chapitres suivants.

Sols inondés

Les vertisols

Extension et classification

Les Vertisols représentent environ 40 % de la surface ; AUDRY distingue les Vertisols à début de structure fine et les Vertisols à structure large.

Cette classification a été déjà utilisée pour les Vertisols de la région de Singako, mais elle ne correspond pas exactement aux mêmes propriétés.

Les Vertisols à structure fine de la région d'Am Timan, se trouvent dans les dépressions à la base des glacis et dans les plaines d'inondation sur alluvions dérivées des matériaux provenant des glacis.

Leur structure est due à l'abondance de calcium en surface ; malgré une très faible teneur en matière organique, alors que dans la région de Singako, la structure fine est due à la richesse en matière organique liée à l'hydromorphie et donnant un pH acide.

Les Vertisols à structure large dans la région d'Am Timan, se trouvent dans les différentes dépressions, soit des réseaux alluviaux anciens alternant avec des bourrelets sableux, soit des réseaux récents alternant avec des solonetz solodisés, ou encore dans les parties les plus basses des plaines d'inondation où dominent les vertisols à début de structure fine.

Dans le sens d'une hydromorphie croissante on observe les formations suivantes :

- Vertisols à début de structure fine de la région d'Am Timan ; peu marqués par l'hydromorphie et à pH neutre ;
- Vertisols à structure large des régions d'Am Timan et de Singako ; moyennement marqués par l'hydromorphie ;
- Vertisols à début de structure fine (humifères et acides) de la région de Singako fortement marqués par l'hydromorphie.
- Particularités des différents types de Vertisols

Vertisols à début de structure fine

La couleur est brun gris foncé, assez homogène en profondeur. La structure est polyédrique assez fine en surface, plus grossière en profondeur. La texture est argileuse.

Sur les points hauts, la structure fine est plus accentuée, et les ségrégations d'oxydes plus faibles que dans les points bas.

Les nodules calcaires sont plus nombreux dans les sols à la base des glacis que dans les sols sur alluvions dérivées et plus abondants en surface dans les zones à meilleur drainage correspondant aux structures fines. Le microrelief est très accentué avec des dénivellations atteignant 40 cm.

Analyse

Profondeur cm	0 - 15	60 - 70	Il faut noter la richesse en argile de ce sol : 50 à 55 %
Argile %	52	51	
Limon fin %	12	12	Le taux de matière organique est très bas, ainsi que le taux d'azote
Limon grossier %	9	9	
Sable fin %	13	12	
Sable grossier %	10	14	
Mat. organique %	0,77		Le taux de phosphore est très médiocre. La richesse en bases est élevée, principalement en calcium.
Carbone %	0,45		
Azote %	0,056		
C/N	8		
P ₂ O ₅ ‰	0,18		

bases échan. mé pour 100 g

Ca ⁺⁺	23,5	25,2	La capacité d'échange atteint 30 mé. pour 100 g.
Mg ⁺⁺	4,1	4	
K ⁺	0,3	0,35	Le sol est saturé, le pH est neutre en surface et légèrement alcalin en profondeur.
Na ⁺	0,6	0,8	
S	28,5	30,3	Le sodium peut parfois être assez abondant en profondeur.
T	29	28,8	
pH eau	7,2	7,6	

Vertisols à structure large

Nature du profil

Le couleur générale est davantage dans le gris ; la texture est très argileuse, et la structure est prismatique très grossière dès la surface.

Une des caractéristiques essentielles est la présence de nombreuses taches rouille liées aux racines ainsi que de taches ponctuelles de 1 à 2 cm.

Ces sols ne présentent ni gilgai ni nodules.

Analyse

Profondeur	0 - 15	70 - 90
Argile %	64	69
Limon fin %	21	20
Limon grossier %	6	4
Sable fin %	3	2
Sable grossier %	3	2
Mat. organique %	1,3	
C %	0,76	
N %	0,056	
C/N	13,5	
P ₂ O ₅ ‰	0,45	
bases échangeables mé pour 100 g.		
Ca ⁺⁺	19,8	22,9
Mg ⁺⁺	12,3	11
K ⁺	1,1	1,3
Na ⁺	0,75	2,1
S	33,9	37,3
T	36,3	37,9
pH eau	6	7,4

Ces sols sont un peu plus argileux que les précédents, le taux de matière organique est un peu plus élevé avec C/N = 13,5 ; le pH est légèrement acide en surface # 6, ce qui est une conséquence de l'hydromorphie ; en profondeur, le pH peut atteindre 8 avec une certaine accumulation de sodium, Na/Ca, environ 10 % ; les capacités d'échange sont élevées, les réserves phosphoriques sont moyennes à bonnes.

Utilisation des Vertisols

— Les Vertisols à structure large, à proximité des bourrelets sableux fortement peuplés, sont cultivés en sorgho de décrue : ils conservent leur humidité plus longtemps et le début d'alcalinisation en profondeur ne semble pas gêner leur production : ils pourraient éventuellement être cultivés en riz lorsqu'ils sont acides en surface.

— En ce qui concerne les Vertisols à structure fine, leur vocation peut être diverse : mis à part la riziculture qui ne convient pas, ils pourraient être utilisés pour de nombreuses cultures sous pluie en étant protégées contre l'inondation ; ils peuvent également être utilisés en décrue et le sorgho y pousse très bien. Mais leur mise en culture dépend de la densité de population ; or ils se trouvent dans des régions très peu habitées.

Les problèmes généraux de leur exploitation sont les mêmes que ceux qui ont déjà été étudiés dans d'autres régions en particulier dans le casier de Bongor où la pluviométrie est sensiblement la même.

Sols hydromorphes à gley argileux

Il existe des fonds ou des mares temporaires recouverts d'une argile récente, donnant des sols à gley d'ensemble.

Ces sols sont très argileux (jusqu'à 70 % d'argile) et très pauvres en sable grossier. Le taux de matière organique varie de 1,5 à 4 % avec un C/N de 10 à 15. Le pH peut varier de 6,5 à 5 en raison inverse du taux de matière organique.

Il peut y avoir une certaine alcalisation en profondeur, pH $\neq$ 8, avec des traces de carbonates ; les taux de phosphore et potassium sont bons.

Utilisation

Ces sols, seulement utilisables en riziculture, peuvent donner de bons résultats : leurs propriétés rappellent celles des sols hydromorphes sur argile récente de la région de Bongor ; il existe des sites relativement faciles à aménager.

3° CONCLUSIONS CONCERNANT LES GRANDES PLAINES INONDABLES DU SALAMAT

Dans l'immense cuvette inondable du Salamat, la partie nord-est où la pluviométrie est plus faible et où dominant les vertisols, semble plus facile à mettre en valeur, en raison de la décrue plus précoce, que la partie sud-ouest où dominant les sols hydromorphes dérivés de dépôts du continental terminal, et où l'inondation se prolonge très avant dans la saison sèche.

Au nord-est, la mise en valeur peut commencer rapidement par des cultures de décrue si la densité de population le permet et se poursuivre par des cultures plus variées, moyennant certains aménagements.

Au sud-ouest, les grandes surfaces de sols hydromorphes présentent des propriétés d'engorgement et de structure qui les rendent surtout aptes à la riziculture et aux cultures de décrue. La colonisation humaine est rendue difficile par l'étendue des plaines inondables sans bourrelets sableux et des aménagements seraient indispensables, actuellement elles servent principalement au pâturage de saison sèche.

Il est difficile pour un pédologue de préconiser des solutions sans la collaboration des spécialistes de génie rural ; peut-être des endiguements partiels pourraient-ils, en s'appuyant sur des bourrelets des

bahrs Salamat ou Keita, valoriser des surfaces des vertisols ou de sols à pseudogley, en utilisant les zones les plus basses de sols à gley comme exutoires de l'excès d'eau ?

Néanmoins, des études précises de nivellement sont nécessaires pour déterminer les emplacements favorables à de tels aménagements, et actuellement la région est trop déserte pour qu'une solution soit économiquement valable.

IV. — LES PLAINES ALLUVIALES DU CENTRE ET DE L'EST TCHADIEN

En dehors des vastes ensembles inondés correspondant à l'extension des dépôts de l'ancienne cuvette lacustre et bordant les fleuves à forte crue, il existe dans le centre et l'est tchadien un très grand nombre de cuvettes inondables, de superficie plus réduite, et morcelées par les massifs rocheux ou des éminences sableuses.

Il serait trop long d'étudier séparément toutes ces plaines d'autant plus que les caractéristiques générales des sols sont voisines de celles déjà décrites précédemment.

— Les argiles noires à nodules calcaires ou vertisols dominent à la base des massifs cristallins ou de leurs glacis cuirassés, avec parfois des surfaces plus ou moins importantes de sols à alcalis occupant une position intermédiaire.

Ces vertisols peuvent présenter des propriétés variables en fonction du climat ; ils sont généralement plus riches en bases (calcium dominant) sous climat plus sec, au nord, avec une tendance plus marquée à l'alcalisation principalement en profondeur.

D'autre part, la position topographique et l'importance de l'inondation peuvent modifier les caractères de structure, d'hydromorphie, de teneur en matière organique comme il a été vu précédemment. Les conditions d'utilisation sont presque partout les mêmes et le sorgho de décrue est la culture dominante.

— Les sols hydromorphes, qui sont principalement les sols à pseudogley et gley ou des sols à gley d'ensemble, se rencontrent essentiellement dans les zones alluviales en relation avec les formations du continental terminal, ou dans les cuvettes inondées recouvertes de sédiments récents.

Les différents types de sols hydromorphes que l'on peut observer en fonction des profondeurs d'inondation ont déjà été décrits dans les chapitres précédents. Nous nous contenterons d'indiquer leur répartition et leur utilisation possible.

Les durées d'inondation sont généralement plus longues dans la zone sud correspondant à l'isohyète 1 000 mm, l'apport des eaux de pluie venant s'ajouter aux eaux d'inondation ou de ruissellement, et elles sont plus brèves au nord entre les isohyètes 600 à 900 mm, en raison des crues plus courtes des rivières et de l'apport plus faible des eaux de pluie.

LES PLAINES INONDABLES ENTRE LE CHARI ET LE BA-ILLI AU NORD DE LA ZONE DES KORO

PRINCIPAUX TYPES DE SOLS ET UTILISATION

Sols inondés

Les Vertisols

Ils occupent le long du Chari, dans la région de Niellim des plaines basses allongées de faible surface ; ils sont généralement en association avec des sols à alcalis lessivés, et des sols à gley de profondeur.

Ces vertisols sont pauvres en matière organique et ont un pH superficiel acide (≈ 6). Ils ne sont pratiquement pas alcalisés et n'ont qu'un faible microrelief.

Il existe également quelques taches de vertisols dans le système alluvial drainé par le Ba-Illi.

Utilisation

Tous ces vertisols sont traditionnellement cultivés en sorgho de décrue, mais la durée de la submersion gêne cette culture.

AUDRY signale la possibilité de culture du maïs ou du coton de décrue avec une irrigation complémentaire, mais il faudrait dans ce dernier cas des travaux de protection contre l'inondation. Le travail du sol et le besoin probable en engrais phosphatés demeurent également des conditions importantes de la mise en valeur.

Les sols hydromorphes

Ces sols occupent une très forte proportion des surfaces inondables à la base du glacis sableux à sablo-argileux des Koro, entre le bassin du Chari et celui du Ba-Illi.

On passe progressivement des sols ferrugineux tropicaux lessivés dans les parties hautes, à des sols pseudo-gley de profondeur, puis à des sols lessivés où le pseudo-gley et le gley remontent à la base des horizons lessivés, c'est-à-dire entre 40 et 60 cm de profondeur.

Ces sols sont sableux et un peu humifères en surface, légèrement acides ; on les utilise essentiellement pour la culture du sorgho pluvial ; le cotonnier peut normalement se développer si le pseudo-gley est à plus de 0,50 m de profondeur.

Enfin, dans les parties les plus basses pouvant être entièrement recouvertes par les eaux, on observe des sols à hydromorphie d'ensemble, soit à gley d'ensemble, soit à gley de profondeur surmonté de pseudo-gley.

Ces derniers sols peuvent présenter ou non un « gley de surface » suivant l'importance de l'inondation.

Les sols à « gley de surface », pseudogley intermédiaire, et gley de profondeur représentent le cas le plus fréquent.

La nature du profil et les propriétés générales sont très voisines de celles qui ont été décrites pour la région de Singako.

La texture est généralement argileuse (35 à 45 % d'argile) ; la matière organique varie de 1 à 2 %, ce qui est assez faible et le pH de 5 à 6, ce qui est nettement acide. Des taux de matière organique plus élevés et des pH plus acides peuvent s'observer localement dans des sols à recouvrement limoneux.

Les taux de potassium sont moyens et les taux de phosphore très médiocres.

Végétation naturelle et utilisation des sols à gley

Le paysage végétal exprime assez fidèlement les conditions d'inondation.

La savane herbeuse, sans arbre, avec quelques *Bauhinia reticulata* et la savane arborée claire traduisent les conditions d'inondation les plus sévères.

La savane claire à combrétacées avec *Tamarindus indica* et des acacias correspond à une submersion moins prolongée en même temps qu'à l'assèchement général du climat.

L'utilisation actuelle des sols est très réduite, la submersion est trop prolongée pour permettre le sorgho de décrue, leur vocation première est donc *rizicole*. Mais l'aménagement semble assez difficile et rares sont les petits secteurs pouvant faire l'objet d'une culture artisanale.

Dans un aménagement, certaines zones plus hautes pourraient être retenues pour du sorgho ou du maïs de décrue avec irrigation d'appoint.

B — RÉGIONS INTERMÉDIAIRES PRÉSENTANT UNE ALTERNANCE DE TERRES EXONDÉES ET DE DÉPRESSIONS

INTRODUCTION

En dehors des grands bassins alluviaux du Logone et du Chari ainsi que des vallées du sud-est tchadien comportant de très vastes plaines d'inondation, il existe dans toute la partie centrale et orientale du Tchad, ainsi qu'au Nord-Cameroun des régions beaucoup plus hétérogènes, où sols exondés et dépressions inondées sont fortement imbriqués.

Les grands travaux d'aménagement sont plus difficiles mais la culture artisanale peut parfois s'installer plus aisément.

Dans ce chapitre les principales régions étudiées seront :

- La fosse est de Massénya, fond d'un ancien delta du Bahr Erguig qui comprend de multiples dépressions séparées par de nombreux bourrelets exondés d'anciens défluent.
- Les régions de piémont des grands massifs cristallins. A la base des massifs cristallins du Guéra et du Ouaddaï au Tchad, des monts Mandara au Nord-Cameroun, les régions de piémont ont en commun de vastes glacis arénacés, des dépressions, à leur base, comportant des dépôts lacustres anciens et des bourrelets récents de cours d'eau.

La région étudiée est limitée au nord par l'isohyète 700 mm qui correspond sensiblement à la limite septentrionale de la culture du coton ; le cordon sableux de l'ancien lac Tchad constitue également une limite naturelle.

La région plus sèche d'Abéché qui correspond au piémont nord du Ouaddaï sera également traitée dans ce chapitre.

a. LA FOSSE EST DE MASSÉNYA

1° CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES ET HYDROGRAPHIE

Elle forme un vaste triangle d'une superficie de 4 000 km² ; elle est bordée au sud par le Bahr Erguig, au nord par le cordon sableux qui prolonge celui de Yagoua, enfin à l'est, elle est limitée par des sables de la série ancienne.

Cette fosse est un ancien lac alimenté par le Bahr Erguig qui se déversait vers le nord par deux grandes vallées.

Elle est actuellement parcourue par des courants orientés EW ; un système compliqué de défluent a mis en place des bourrelets nombreux qui se superposent aux argiles lacustres.

Bien que le Bahr Erguig inonde encore les régions riveraines, le réseau de défluent ne fonctionne plus : en saison des pluies ils se remplissent et forment des chapelets de mares semi-permanentes ou permanentes qui servent à l'abreuvement du bétail en saison sèche.

Les trois séries alluviales les plus importantes sont la série sableuse récente qui constitue des buttes exondées, la série argileuse récente lacustre et la série alluviale actuelle.

2° LES PRINCIPAUX TYPES DE SOL ET LEUR UTILISATION

Sols inondés

Les vertisols

Les sédiments argileux récents ont donné naissance à des vertisols ou argiles noires tropicales répartis en nombreuses taches et qui dominent à proximité du Bahr Erguig.

Ces argiles noires sont pauvres en matière organique et souvent alcalisées. Le pH est de 6 en surface et peut atteindre 8 en profondeur ; le rapport Na/Ca de 6 % en surface peut atteindre 15 % à 20 % en profondeur.

Le boisement est constitué d'*Acacia seyal* ; il existe aussi des boisements de transition avec les naga peuplés par *Lannea humilis*.

Utilisation

Les vertisols portent essentiellement des cultures de mil tardif repiqué, alimentation essentielle de la population baguirmienne.

Sols intermédiaires

Les sols à alcalis lessivés

En alternance avec les argiles noires, les bourrelets sont souvent sablo-limoneux à limono-argileux ; ils portent une végétation assez clairsemée avec *Lannea humilis*.

Ce sont les « naga » ou sols à alcalis lessivés qui occupent des surfaces de plus en plus importantes vers l'est et le nord-est.

Le taux d'argile est de 25 % en surface avec forte teneur en sable fin.

Le taux de matière organique est très bas : 0,25 à 0,5 % ; le rapport Na/Ca est de 23 % dès la surface ; le pH de 6 en surface, passe à 7,5 à 8 en profondeur.

Les naga sont parfois cultivés en mil rouge.

Sols exondés

Les sols sableux exondés

Ces sols s'observent sur des buttes intérieures, ils sont :

- sableux en surface (3 à 8 % d'argile) ;
- sablo-argileux en profondeur (10 à 20 % d'argile), assez riches en sable fin.

Ils portent une végétation de grands arbres : *Khaya senegalensis*, *Tamarindus indica*, etc.

La population est dense à proximité du Bahr Erguig et plus faible vers l'est où la nappe est à 15 m et peu abondante.

Des Arabes s'installent avec leurs troupeaux en saison sèche, le long des ouadis et des mares permanentes à côté des Baguirmiens sédentaires.

Utilisation des sols à alcalis et des sols sableux

Les sols à alcalis lessivés et les sols beiges sableux exondés tendant aux sols ferrugineux tropicaux, seront étudiés en même temps que les sols de même type dans des régions comparables (sols beiges du Ba-Illi et du Nord-Cameroun, naga et hardé du Tchad et du Nord-Cameroun).

Les naga sont des zones de pâturage ; on y fait parfois des cultures de mil rouge ; les sols beiges sableux sont utilisés pour l'arachide, le pois de terre, le gombo, etc.

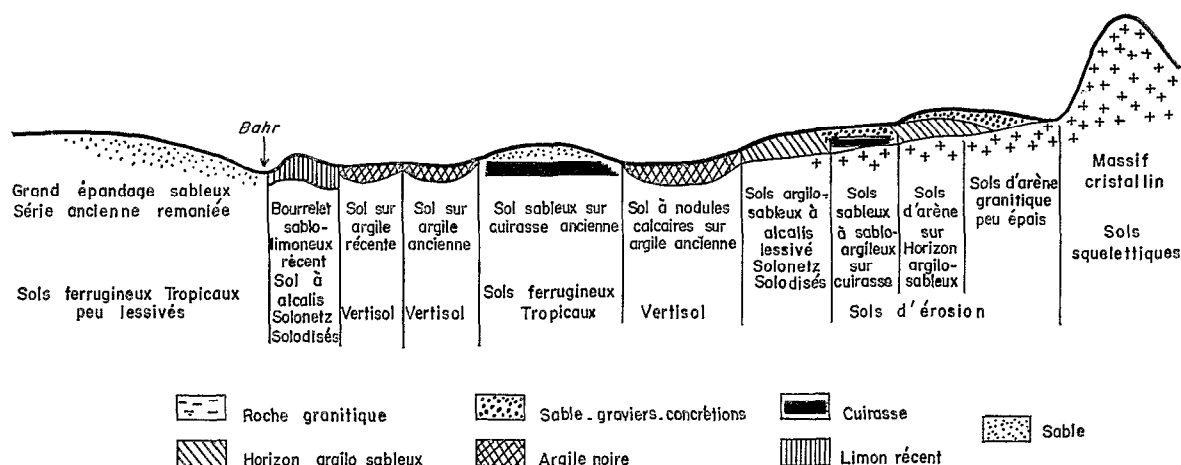


FIG. 18. — Coupe simplifiée des Glacis du Guéra

b. LES RÉGIONS DE PIÉMONT DES GRANDS MASSIFS CRISTALLINS

1° LE PIÉMONT DU GUÉRA

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES ET HYDROGRAPHIE

Le Guéra est une sorte de massif central Tchadien, comportant des pitons granitiques, à la base desquels s'étalent des glacis d'épandage de matériaux divers.

- La zone lacustre ancienne s'est étendue jusqu'à l'intérieur de ces massifs et a constitué des plaines de bordure ou des plaines intérieures en boutonnière, avec des dépôts d'argile noire.
- Tout un réseau de cours d'eau (bahr) draine cette région vers le nord ou vers le sud et dépose sur les berges des bourrelets d'alluvions récentes.
- A la base des massifs on observe des dépôts du tertiaire ayant subi une altération ferrallitique ancienne donnant naissance à des cuirasses. Ces dépôts ont été remaniés, constituant des épandages sableux.
- Le piémont proprement dit est constitué d'arènes granitiques donnant naissance à des sols jeunes

ou peu épais ; l'ensemble formant un large glacis à la base duquel s'étendent des sols argilo-sableux généralement alcalisés.

- Dans les dépressions qui leur font suite, se trouvent les argiles noires lacustres.
- Le pourtour des cuvettes est formé des dépôts de cailloutis et des épandages de la série sableuse récente.

Enfin, des dépôts d'argiles récentes et des dépôts actuels s'observent à proximité des bahr.

PRINCIPAUX TYPES DE SOLS ET UTILISATION

Les sols exondés

Les sols du piémont

Les sols sur cuirasse

Ce sont des sols sableux avec une cuirasse à 20 cm de profondeur qui contient des éléments quartzeux. Parfois, on observe un horizon concrétionné de 20 à 50 cm pouvant contenir des sables feldspathiques.

Les sols présentent des taches rouille d'hydromorphie et ont une faible perméabilité.

Utilisation

Sur ces sols médiocres sensibles à l'érosion, on pratique la culture du mil rouge ou de l'arachide autour des rares villages.

Les sols peu épais sur granite

Ces sols occupent le pourtour des massifs granitiques ; leur pente est assez forte, ils sont parfois recouverts d'éboulis et sont creusés de ravines. On les observe par exemple au sud de Mongo.

Profil

0-25 cm : horizon gris sableux ;
25-60 cm : roche en décomposition avec parfois de l'argile.

Utilisation

Ces sols sont incultes.

Les sols jeunes d'arène granitique

Profil

0- 20 cm : gris sableux avec éléments graveleux ;
20- 75 cm : brun-rouge sablo-limoneux à éléments graveleux abondants, humide à 40 cm ;
75-100 cm : brun-rouge très graveleux, quartz et particules de feldspath jaunâtres ; liant argilo-sableux.

La pente de ces sols est légère, ils sont assez bien drainés.

Leur tendance évolutive se fait vers les sols ferrugineux tropicaux, mais ils sont soumis à un coluvionnement anarchique.

Utilisation

Ces sols sur arènes sont bien utilisés. La culture classique est celle du mil rouge, on y fait aussi de l'arachide et du pois de terre.

Les villages sont nombreux sur le pourtour des massifs, l'eau est abondante et les ressources nombreuses.

Les sols sur la série sableuse ancienne

Sols sableux sur cuirasse ou sols ferrugineux tropicaux : une étude détaillée sera consacrée aux sols ferrugineux tropicaux ; nous nous bornerons à signaler ici que l'on observe des sols formés sur la série sableuse ancienne à proximité des massifs ; ils reposent sur une cuirasse ancienne et présentent des phénomènes d'hydromorphie en profondeur.

Les horizons meubles de surface proviennent partiellement du démantèlement des cuirasses.

On distingue un type sableux bien drainé et un type sablo-argileux avec des taches d'hydromorphie en profondeur.

Les sols sableux sont très utilisés mais les sols argilo-sableux le sont très peu.

Les sols sur série sableuse récente ou ancienne remaniée ⁽¹⁾

En s'éloignant vers l'ouest et le nord-ouest on observe de grandes formations sableuses plus récentes, présentant des sols ferrugineux tropicaux sableux, surtout au sud de l'isohyète 600 et des sols devenant bruns arides sableux au nord de l'isohyète 600. Ces sols appartiennent au grand triangle sableux de Bokoro qui sera étudié ultérieurement. La culture principale est l'arachide.

Les sols inondés et intermédiaires

Les sols hydromorphes

Les sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley, sableux à sablo-argileux

Ces sols se trouvent en bordure des zones inondées et des zones de sable.

Profil

0- 30 cm : horizon gris sableux ;

30- 80 cm : horizon beige à taches rouille, devenant sablo-argileux en profondeur.

80-100 cm : horizon à taches rouille, argilo-sableux.

En bordure des massifs, ces sols peuvent contenir des éléments quartzeux et feldspathiques.

(1) D'après PIAS J.

Les sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley sur alluvions récentes

Ces sols se trouvent le long des cours d'eau en dépression ou en bourrelet. Les sols des dépressions qui sont inondés par les crues 1 à 2 mois de l'année, sont des sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble.

Les sols des bourrelets sont des sols à pseudogley de profondeur ; ils ont tendance à évoluer vers les sols à alcalis lessivés (naga).

Profil des sols de dépression

0-20 cm : gris-brun, argilo-limoneux.

20-40 cm : brun, argilo-limoneux, avec taches d'hydromorphie.

40-70 cm : brun-noir, argilo-limoneux, structure polyédrique grossière.

Profil des sols de bourrelets

0-25 cm : gris-beige, sablo-limoneux.

25-90 cm : brun noir, argilo-limoneux, structure polyédrique grossière, très compacte, taches d'hydromorphie.

Le profil du sol de bourrelet montre une tendance nette au sol à alcalis lessivé.

Analyse

Sol de Bourrelet			Sol de Dépression		
Profondeur cm	0-20	70-80	0-20	20-40	90-100
Sable grossier %	44	22	1	1	10
Sable fin %	21	17	8	12	15
Limon grossier %	14	13	11	20	12
Limon fin %	12	11	31	31	20
Argile %	9	34	44	32	40
Matière organique % .	0,84		3,8		
C %/100	0,49		2,2		
N %/100	0,56		1,9		
C/N	8,7		11,6		
<i>Bases échangeables mé pour 100 g</i>					
Ca ⁺⁺	3,15	11	19,55	19,45	17,20
Mg ⁺⁺	1,3	3,25	8,45	7,65	7,25
K ⁺	0,6	0,25	0,55	0,75	0,50
Na ⁺	0,15	1,45	0,3	0,3	0,25
S	5,20	15,95	28,85	28,15	25,20
T	7,3	16,95	34,3	29,85	27,65
pH	7,1	8,6	5,8	5,9	6,8

- Les sols de dépression sont argileux et très riches en limon, ce qui les différencie des vertisols anciens ; ils sont moyennement acides mais riches en matière organique ; ils ont d'excellentes réserves en bases et ne sont pas alcalisés.

- Les sols des bourrelets sont plus sableux, plus pauvres en matière organique, ils ne sont alcalisés qu'en profondeur et leur analyse est celle des sols à alcalis lessivés que nous étudierons plus loin. Si l'horizon n'est pas érodé ces sols sont utilisables.

Utilisation des sols sur alluvions récentes

Ces sols peuvent être cultivés en décrue ou avec irrigation d'appoint suivant leur position topographique ; même après la décrue la nappe phréatique reste peu profonde : 0,50 m en décembre.

Ces sols sont très recherchés ; non seulement on y fait du sorgho de décrue, mais ils portent, suivant leur texture, les cultures les plus diverses : tomates, oignons et tabac sont cultivés après le retrait des eaux et parfois avec irrigation.

Sur les parties plus hautes, on trouve le mil rouge et le mil blanc, enfin l'arachide sur les élévations sableuses.

Ces terres très fertiles sont très recherchées.

Les sols hydromorphes à pseudo-gley à la limite du Piémont

Ce sont des sols argilo-sableux situés à la limite des glaciés et des zones d'inondation. Ils ne sont que faiblement inondés surtout par l'eau des précipitations qui stagne en raison de la faible perméabilité.

Ils sont argileux, gris-noir, la structure est grossière, ils présentent des taches rouille d'hydromorphie sur tout le profil. La teneur en argile est élevée dès la surface = 40 %.

Ces sols ont une teneur moyenne à faible en matière organique : 1,1 %, ils sont neutres en surface ; pH : 7,3 et peuvent être alcalins à faible profondeur : pH 8,1 à 8,5.

Ils constituent une transition entre les vertisols et les sols à alcalis lessivés.

Utilisation

On les cultive rarement sauf en mil de décrue au contact de la zone inondée.

Les vertisols

Les vertisols s'étendent dans les dépressions sur les dépôts lacustres anciens et à proximité des bahr sur des dépôts argileux plus récents.

Les vertisols sur dépôts récents

Plus jeunes, ils n'ont qu'un faible microrelief, sont plus argileux et moins riches en nodules.

Les vertisols sur dépôts anciens

Ils présentent généralement un microrelief très accentué. Ils sont plus ou moins inondés et l'on distingue trois catégories dont la structure et la teneur en nodules calcaires varient suivant la position topographique.

*Vertisol à structure large**Profil : au centre de la plaine d'inondation*

0 à 60 cm : le sol est brun argileux, à structure prismatique grossière. Les fentes de retrait descendent jusqu'à 0,50 m ; il y a quelques nodules calcaires.

En profondeur de 0,60 m à 1,60 m le sol est brun jaunâtre argileux, à structure polyédrique moyenne avec quelques nodules calcaires.

Le sol contient 0,7 % de matière organique en surface. Le taux d'argile est de 51 % ; le pH est de 7,6 en surface, 7,8 à un mètre, 8,3 à 1,50 m. L'alcalisation est donc très profonde.

*Vertisol à début de structure fine**Profil : du voisinage d'un massif*

0 à 40 cm : le sol est brun-noir argileux, à structure polyédrique ;

40 à 100 cm : la structure devient prismatique.

Le profil est assez homogène, il contient de nombreux quartz roulés et des nodules calcaires.

Le taux d'argile est de 40 %. Le taux de matière organique 0,82 % ; la somme des bases est de 28 mé à dominance calcique.

Na échangeable est de 0,45 en surface et 1,55 à 0,60 m. Le pH est de 7,8 en surface et 8,5 à 0,60 m.

Ce sol a donc une tendance nette à l'alcalisation à faible profondeur.

Les taux de potassium sont moyens (0,2 à 0,5 mé), les taux de phosphore varient de 0,3 à 0,5 ‰.

Vertisol à structure fine

Sur des buttes légères, le sol devient brun-jaune, avec une structure polyédrique en surface. Ce sol, souvent recouvert d'amas de nodules et de gravillons ferrugineux, est appauvri en argile et acidifié en surface.

Il a vraisemblablement été dégradé par érosion.

Utilisation des vertisols

La plupart des vertisols sont intensément cultivés en mil de décrue (berbéré) : la décrue est assez précoce et le sol reste humide assez longtemps.

Ces sols fertiles peuvent porter des cultures sans interruption pendant de nombreuses années.

La culture leur fait perdre leur microrelief.

Les sols halomorphes

Ces sols sont soit des sols à alcalis lessivés, soit des sols argileux enrichis en sodium et constituant des termes de passage avec les vertisols.

Sols à alcalis lessivés

On peut en observer

- soit en bordure des zones sableuses et des zones inondées ;
- soit en bordure des bourrelets le long des cours d'eau, et formés sur alluvions récentes argilo-limoneuses.
- soit à la base des glacis où ils présentent plus typiquement le profil du « Solonetz solodisé ».

Dans ces sols l'halomorphie est due à la présence d'une nappe à faible profondeur, (sols à pseudogley) ou à un engorgement dû à des horizons profonds peu perméables (sols des glacis), les sels dissous s'accumulant par suite de l'évaporation ou également des transports latéraux par suite d'écoulements de eaux.

Dans les horizons B de ces sols, le rapport Na/Ca dépasse 15 %. Un chapitre spécial sera consacré à l'étude des sols à alcalis lessivés.

Sols d'argile noire des dépressions

Certains sols argileux noirs des dépressions dans des mares inondées sous 1,20 m d'eau peuvent accumuler de grandes quantités de sodium, ils sont à la fois à alcalis et salés.

Utilisation

La plupart des sols halomorphes sont peu utilisés sauf en bordure des zones inondées, où ils peuvent être cultivés en mil repiqué, leurs propriétés étant voisines de celles des vertisols.

2° LE NORD DU GUÉRA**Les sols de la région du Lac Fitri**

Le cordon sableux de l'ancien lac Tchad sépare les plaines de piémont de la zone alluviale du lac Fitri. Ces plaines sont faiblement habitées ; de part et d'autre, le socle rocheux est à faible profondeur.

Le cordon sableux est cultivé en arachide et pois de terre.

Le lac Fitri est précédé d'une vaste étendue de sols argileux : sur le pourtour, des vertisols hydromorphes et halomorphes et en bordure du lac, des sols à hydromorphie d'ensemble permanente ou semi-permanente (sols à gley).

Profil des sols hydromorphes argileux en bordure du Fitri

- 0- 40 cm : argileux à argilo-limoneux noir à trainées rouille le long des racines ;
- 40-110 cm : argilo-sableux gris noir, taches rouille abondantes ; gley de profondeur.

Ces sols sont acides en surface : pH 5,6 et plus alcalins en profondeur : pH 7,5. Leur taux de matière organique est moyennement élevé 2,04 %.

Utilisation des sols hydromorphes

Leur utilisation actuelle est faible. De petits aménagements avec diguettes pourraient permettre la riziculture dans certains cas ; ils ne sont inondés que tardivement.

3° LE SUD DU GUÉRA, RÉGION DE DAGÉLA

Dans cette région la pluviométrie est plus abondante (1 000 mm) que dans le nord (500 mm). On retrouve en bas des massifs des sols jeunes sur arène, qui portent des villages et des cultures diverses. Le piémont comporte également des sols rouges à cuirasse peu utilisés et des sols à alcalis lessivés (naga).

Dans la plaine, on retrouve le complexe alluvial des dépressions avec les vertisols, des dépôts récents le long des bahr, mais également de grandes étendues sableuses qui constituent la base du glacis des Karo, avec des sols hydromorphes, beiges sableux, et des sols ferrugineux tropicaux.

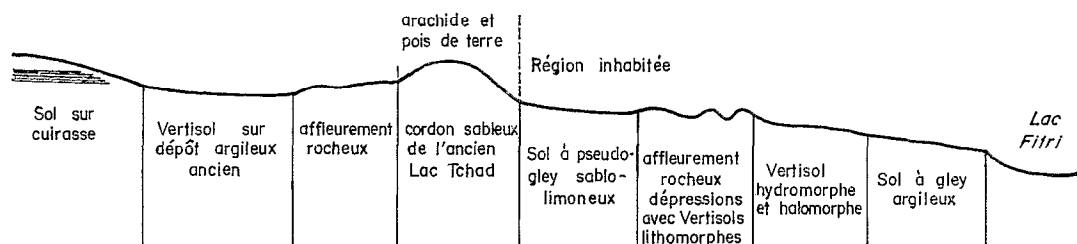


FIG. 19. — Répartition des sols au nord de Mongo, vers le lac Fitri.

CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPALES CULTURES DE LA RÉGION DU GUÉRA

Utilisation du piémont

Les villages sédentaires sont généralement situés près des massifs ; on y rencontre des éleveurs nomades.

Dans les plaines, les villages sont rares et placés sur les buttes exondées.

Les cultures principales sont les cultures sous pluie.

CULTURES DE LA RÉGION NORD (Mongo)

La pluviométrie est de 450 à 800 mm.

- Mil pénicillaire ou mil chandelle : culture très adaptée, au rendement peu sensible à la variation des pluies ; semis en juin et récolté fin octobre. C'est la base de la nourriture locale.
- Mil rouge ou mil blanc de saison des pluies.
- Mil rouge (Miné, *sorghum caudatum*) ; semé en juin, récolté en septembre : c'est une céréale de soudure qui peut mûrir malgré l'inondation.
- Gros mil rouge (*sorghum vulgatum*) ; semé en juin et récolté en octobre.
- Gros mil blanc (identique) de juin à octobre.
- Berbéré rouge (*sorghum durra*) : c'est un sorgho de grande taille pouvant utiliser l'eau de pluie ou l'eau d'inondation tardive et pousser en début de saison sèche sur les sols à forte rétention d'eau.

Les sols inondables à berbéré sont généralement des sols d'argile noire (vertisols) avec 50 à 60 % d'argile et de larges fentes de retrait.

Les semis a lieu en pépinière en août, puis le berbéré est replanté durant la deuxième quinzaine de septembre, au fur et à mesure du retrait des eaux. Il n'y a généralement qu'un seul sarclage et pas d'envahissement par les herbes.

Cette culture remonte jusqu'au 13° de latitude nord et ne dépasse pas l'isohyète 400 mm.

- Le maïs : est cultivé autour des cases, semé vers le 15 juin, il est récolté en septembre. Cette culture exigeante reçoit les fumures et déchets des villages ; c'est une céréale d'appoint.
- L'arachide est d'introduction récente, surtout la variété rose du Cameroun et la Bambey 28-204. Le semis a lieu fin juin ; il faut choisir une variété à cycle assez court pour que la maturité se situe début octobre.
- Autres cultures artisanales :
 - Vigna catjang* ou Loubia ;
 - Vigna sesquipedalis* qui est un succédané du haricot vert ;
 - Hibiscus esculentus* ou gombo ;
 - Sésame*, graine oléagineuse, cultivée dans les terres sableuses sur arènes fines ;
- Le tabac est cultivé en petits lopins autour des villages.
- Le coton est répandu dans les régions de Mongo ; on en trouve parfois dans les champs de berbéré.

CULTURES DE LA PARTIE SUD DU PIÉMONT DU GUÉRA, RÉGION DE MELFI DAGÉLA

Il pleut davantage qu'à Mongo : 950 mm à Melfi, 1 000 mm à Dagéla.

La saison des pluies dure plus longtemps : de juin à octobre. Le mil pénicillaire tend à disparaître, par contre la culture du coton s'étend vers le sud à partir de Melfi, sur les sols ferrugineux tropicaux de savane (variété Allen A 150).

De même l'arachide, est cultivée un peu partout autour des petits centres de population (variété Bambey 28 206), sur terres sableuses ou sur terres alluvionnaires légères non loin des ouadi.

Les autres cultures sont sensiblement les mêmes qu'à Mongo.

Il faut signaler en outre :

- La patate douce ;
- Le poids de terre, (*Voendzia-subterranea*) ;
- Concombres fagouss (*Calebasses*).

La végétation est une savane arbustive au nord et arborée au sud, tapis graminéen dense. Des feux de brousse se produisent chaque année.

Aspect général de la région et productions accessoires

La savane est très plane ; le réseau hydrographique est confus et crée de nombreux méandres ; beaucoup de plaines sont inondables.

La plaine est surmontée de domes granitiques pouvant atteindre 700 m. Presque toute la région est inhabitée, mis à part quelques villages ; aussi est-elle riche en gibier, hippotrague, damalisque, bubale, buffle, biche-cochon, girafe, éléphant. Les bahr sont très poissonneux.

4° LE PIÉMONT DU OUADDAÏ

Cette région du Ouaddaï couvre tout l'est tchadien ; c'est un massif montagneux ancien dont certains sommets sont relativement élevés, mais nous n'en étudierons que la bordure, limite orientale de la cuvette.

On peut séparer deux régions distinctes ; la partie sud dans la région d'Am-Dam dont la pluviométrie est de 700 à 800 mm répartie sur 4 mois (juin à septembre) avec 8 mois de saison sèche, et la partie nord autour d'Abéché dont la pluviométrie n'est plus que de 476 mm.

Région d'Am-Dam

Extension et matériaux originaux

Cette région est constituée par un vaste glacis au pied de massifs rocheux résiduels essentiellement granitiques, présentant l'aspect d'inselbergs groupés ou isolés.

Ce glacis représente les 2/3 de la superficie du piémont ; il est soumis à l'érosion par ruissellement et à l'érosion éolienne qu'accroissent la culture et le passage des animaux.

Le glacis a une pente de 1 % et une longueur de plusieurs kilomètres. Dans les parties hautes, on observe des arènes souvent épaisses, avec des produits caillouteux roulés, puis des formations anciennes soit cuirassées, soit sableuses.

Une auréole de cuirasse se situe à la cote 440 et une autre plus faible à la cote 500.

Les accumulations sableuses de piémont portent le nom de « goz rouge », ce sont des remaniements de produits éoliens des massifs.

Au-dessous des glacis cuirassés, s'étendent les « glacis de dénudation » ; ces glacis totalement érodés couvrent 30 % de la superficie et présentent les formations typiques de sols à alcalis lessivés ou « Solonetz solodisés » érodés.

Faisant suite au glacis, s'étendent des surfaces basses d'accumulation de produits fins qui sont ennoyées par les pluies ou inondées. Ces plaines argileuses renferment des argiles noires à nodules calcaires avec microrelief gilgai (vertisol).

Des cours d'eau comme la Batha et ses affluents peuvent déposer sur leurs rives des alluvions récentes très argileuses, à inondation prolongée, ce sont des plaines à « berbéré ».

Dans d'autres vallées l'alluvionnement est de texture variée finement sableuse, limoneuse, etc.

Il existe d'autres épandages sableux, ou goz, qui proviennent d'alluvions déposées par le réseau de la Batha et remaniés par le vent ; sous l'action des vents d'est, ils s'accumulent vers l'ouest selon une orientation nord-sud.

Hydrographie

La Batha reçoit des affluents provenant des massifs dont le régime est intermittent.

Le lit mineur est encaissé avec des berges franches et un fond sableux, il y a reprise d'érosion à la base des glacis de dénudation.

Le lit majeur est de largeur variable, avec des effluents peu marqués. Les plaines d'inondation sont séparées par des bourrelets sableux.

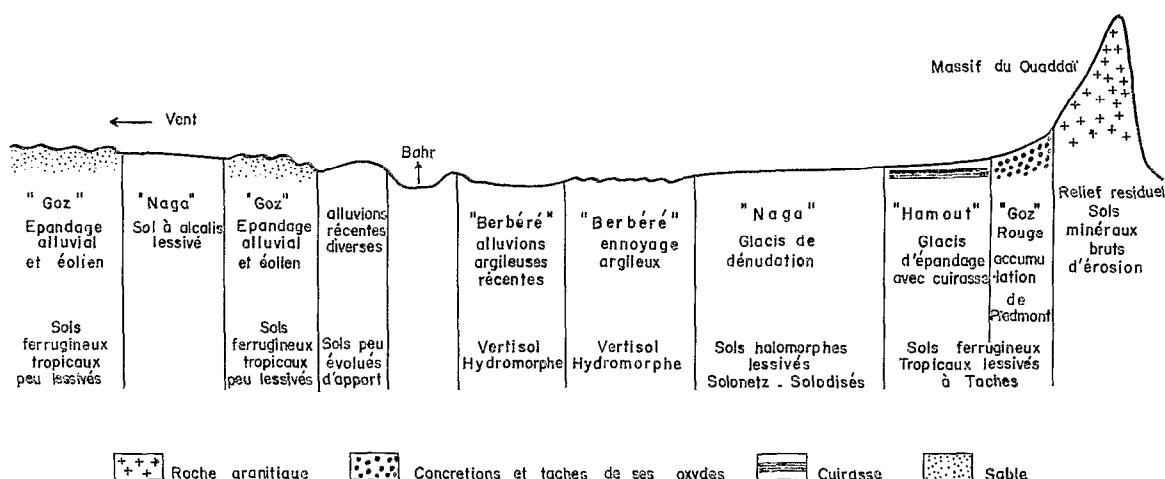


FIG. 20. — Coupe schématique du Piedmont du Ouaddaï - région d'Am-Dam (d'après un rapport de BOCQUIER).

Végétation

La végétation est intermédiaire entre les formations soudano-sahéliennes et la steppe sahélienne. Dans les plaines argileuses, les boisements à épineux descendent nettement au sud. Sur les parties anciennes s'étendent des formations boisées discontinues (soudano-sahéliennes). Enfin, sur les naga, on rencontre surtout l'*Acacia seyal* et *Lannea humilis*.

Différents types de sols et utilisation

Les sols inondés

Les sols inondés sont soit les vertisols des plaines alluviales, soit des sols sur complexe alluvial récent, parfois des alluvions argileuses le long des bahr, parfois des alluvions récentes plus variées.

Les vertisols

Ils représentent 20 % de la superficie, on distingue les vertisols à début de structure fine dès la surface et les vertisols à structure large.

Les vertisols à début de structure fine en surface se trouvent à la base des glacis

Ils sont légèrement surélevés par rapport à l'ensemble de la dépression et en conséquence présentent une carbonatation peu importante avec concentration de calcaire à la base du profil.

Le microrelief est de type gilgai ; il y a de nombreuses fentes de retrait et des nodules calcaires dans toute la masse, mais plus abondants en profondeur. La structure polyédrique en surface devient de plus en plus compacte en profondeur.

La teneur en argile est élevée : 25 à 50 %. Le taux de matière organique est légèrement supérieur à 1 %. Le complexe absorbant est saturé avec dominance de Ca^{++} et Mg^{++} (12 à 24 mé. pour 100 g). Le sodium constitue 2 à 5 % de la somme des bases et augmente de la surface vers la profondeur.

Certains vertisols font la transition avec les sols halomorphes et la proportion de sodium atteint 13 % à faible profondeur. Le pH est légèrement acide en surface et atteint 8,5 en profondeur.

Utilisation

Ces vertisols, peu utilisés actuellement, peuvent être cultivés en sorgho de décrue et leur régime hydrique peut être amélioré.

Les éléments défavorables sont la tendance à l'alcalisation et la forte compacité en profondeur.

Les vertisols à structure large dès la surface

Ces sols occupent une position plus basse et sont marqués par l'hydromorphie.

La structure est très compacte dès la surface, avec des ségrégations de fer.

Il existe des termes de passage avec les vertisols peu évolués sur alluvions récentes et les vertisols halomorphes de la base des glacis.

Utilisation

Le sorgho « berbéré » y est très cultivé ; il occupe 4 à 5 000 ha dans les vallées de la *Saboa*.

Dans les plaines alluviales de la *Batha* ces sols existent en association avec les sols peu évolués sur alluvions. L'inondation est importante et assez tardive. Il n'y a pas d'accumulation de calcaire ni de risques importants d'alcalisation.

Par contre, à la base des glacis et en bordure de la rivière *Nabak*, il existe des vertisols plus fortement alcalisés, avec pH 8,5 en profondeur et une teneur en sodium variant de 7 à 11 % des bases, qui sont cependant utilisés en sorgho de décrue.

Sols du complexe alluvial récent

L'ensemble du complexe alluvial représente 4,5 % de la superficie.

Sols argileux des plaines alluviales

Les plaines alluviales à dépôt récent présentent des sols argileux aux caractères de *Vertisols*, pauvres en matières organiques (1 %) et riches en bases (15 mé.), légèrement acides en surface et neutres en profondeur ; ils sont marqués par l'hydromorphie et présentent des ségrégations de fer dans tout le profil.

Utilisation

Ces sols sont peu utilisés en raison de leur structure trop compacte.

Sols sur alluvions hétérogènes des cours d'eau

Ce sont des sols peu évolués à inondation temporaire que l'on observe dans les lits majeurs des cours d'eau de la *Batha* à régime intermittent, ils présentent des couches de dépôts souvent variables et des taches d'hydromorphie dans les horizons à texture fine.

Profil

de 0 à 25 cm : Horizon sableux, puis sablo-argileux, structure diffuse à polyédrique ;
 de 48 à 70 cm : argilo-sableux ;
 de 70 à 155 cm : finement sablo-argileux ;
 à 155 cm : sable fin avec paillettes de mica.

Ces sols sont pauvres en matière organique (0,34 %) et éléments minéraux, avec une forte instabilité structurale.

Les sols intermédiaires**Sols peu évolués sur complexe alluvial récent**

Sols des bourrelets sableux. Ces sols sont à tendance « ferrugineux tropical ».

Sableux jusqu'à 65 cm ; structure fondue ; légèrement argileux au-dessous (lit alluvial différent).

L'hydromorphie se manifeste jusqu'à 30 cm de la surface par de légères ségrégations d'oxydes.

La texture est à dominance de sables grossiers, la teneur en matière organique est faible : 0,8 % avec un C/N bas. Le pH varie de 5,8 à 6,2 ; la somme des bases échangeables varie de 2,9 mé à 4,75 mé pour 100 g. Le Na échangeable est faible.

Utilisation

Ces sols sont cultivés en mil pénicillaire et arachide.

Sols halomorphes

Les sols halomorphes ou sols marqués par l'influence des sels de sodium, occupent une très vaste surface dans la région d'Am-Dam (près de 35 %), principalement sur le « glacis de dénudation ». En raison de leur importance nous en donnons ici une brève description.

Leur formation est due à la libération d'éléments basiques à partir de la roche sous-jacente, et à leur accumulation résultant d'un mauvais drainage interne. Cette accumulation est accrue par l'évaporation et la dessiccation superficielle du sol.

On distingue deux types de sols halomorphes :

- Les solonetz avec horizon lessivé peu épais et accumulation de carbonates ;
- Et les solonetz solodisés sans accumulation de carbonates et à horizon lessivé épais.

— *Les solonetz à horizon lessivé peu épais* se rencontrent à la base des glacis. Sous l'horizon lessivé on observe à faible profondeur un horizon d'accumulation d'argile et d'oxydes dont la structure à tendance columnaire est encore peu nette.

Il se produit une carbonatation sous forme de nodules.

Ces sols sont encore assez voisins des vertisols.

Le taux de matière organique est de 0,65 % ; le pH en surface est de 6,9 et en profondeur de 7,8.

Il y a peu de sels solubles : ce sont essentiellement des carbonates. L'acidification superficielle est faible.

— Les solonetz solodisés à horizon lessivé bien marqué se trouvent sur le glacis de dénudation.

Morphologie : ces sols présentent le profil typique du sol à alcalis lessivé ou solonetz solodisé :

- horizon A₁ : sableux un peu humifère ;
- horizon A₂ : blanc, sableux et vésiculaire ;
- horizon B₁ : d'accumulation d'oxydes et d'argile ;
- horizon B₂ : d'accumulation d'argile ;
- horizon B₃ : alcalisé et carbonaté.

En surface on observe parfois une croûte durcie. Jusqu'à 6 cm le sol est très sableux. A la base on observe la porosité vésiculaire sur 1 ou 2 cm. Puis, de 6 à 25 cm, apparaît un horizon très dur dont la partie supérieure est en colonnes et présente des fentes verticales dans lesquelles pénètrent de fines racines. De 25 à 55 cm la structure devient prismatique. Vers 1 m on observe des nodules calcaires.

Les différences morphologiques entre les sols jouent sur la profondeur de l'horizon A₂ et la profondeur de l'horizon carbonaté B₃.

Variations texturales et carbonatation

- La croûte squameuse de surface est due à un dépôt de bicarbonate de soude et d'humus.
- Dans l'horizon A₂ sableux vésiculaire peut se localiser une accumulation relative d'éléments grossiers résiduels, graviers ou cailloux quartzeux.
- Les colonnes des horizons B ont une partie supérieure décarbonatée, mais enrichie en oxydes. La teneur en oxyde augmente au-dessous de B₂.

Propriétés chimiques et physiques

Du point de vue analytique, la teneur en argile en B est 5 fois plus élevée qu'en A.

Le sodium échangeable représente 15 à 25 % de la somme des bases dans l'horizon B.

Le pH est de 6 en surface, de 5,6 à la base de l'horizon lessivé. Il augmente ensuite progressivement et est de 9 dans l'horizon carbonaté B₃ vers 1 m de profondeur.

L'accumulation du sodium échangeable est maximum en B₂. Cet horizon présente une forte instabilité structurale et est très peu perméable.

Utilisation

La végétation arbustive est très clairsemée, parfois nulle ; une pelouse à graminée peut s'installer lorsque l'horizon A₁ n'est pas trop érodé.

Ces sols sont totalement inutilisés ils peuvent servir au pacage des troupeaux.

Le problème de l'utilisation des solonetz solodisés sera étudié dans un chapitre particulier.

Les sols exondés

Sols ferrugineux Tropicaux

Les sols ferrugineux tropicaux occupent près de 35 % de la superficie dans la région d'Am-Dam.

On distingue :

les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sableux ou « goz »

les sols ferrugineux lessivés profonds ou « goz rouge »

et les sols ferrugineux lessivés peu profonds sur cuirasse ou « hamout ».

Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés (goz)

Ce sont des sols riches en sable quartzeux provenant des dépôts alluviaux des bahr remaniés par le vent.

Le profil se présente sous l'aspect d'un horizon très sableux à sable grossier de 0 à 70 cm. Il est faiblement humifère de 0 à 35 cm. Dans la partie sableuse, il présente quelques petits horizons d'accumulation en « raies ». Ces raies d'accumulation faiblement argileuses n'ont que quelques centimètres d'épaisseur. De 70 à 160 cm le sol est légèrement argileux.

La structure est très peu développée en surface avec un léger tassement ; la porosité augmente en profondeur.

Propriétés analytiques

Au point de vue analytique, la teneur en argile est de 1,5 à 3,5 % en surface et de 5 à 12 % en profondeur. Son augmentation est assez progressive.

La teneur en sable grossier varie de 55 à 56 %. Le rapport $\frac{\text{sable grossier}}{\text{sable fin}}$ est peu différent de 2. Le taux de matière organique est très faible : 0,5 % en surface. A 0,50 m le taux de matière organique est moitié de la surface. Le pH varie de 5 à 6,6 en surface et de 4,5 à 6,5 en profondeur.

Les bases échangeables se répartissent de la façon suivante :

élément	0 - 15 cm	100 cm
Ca	0,15 - 1,45	0,85 - 3,4
Mg	0,25 - 0,70	0,45 - 1,20
K	0,1 - 0,17	0,10 - 0,15
Na	0,1	0,1
S	0,5 - 2,42	1,5 - 4,85

Le taux de bases est assez faible, la fertilité dépend du taux de saturation du complexe et du pH.

Le coefficient de perméabilité K est inférieur à 2 cm heure.

Extension et utilisation

Le goz sableux représente 12 % de la superficie et domine dans le système de la Batha.

Ces sols, les plus utilisés de la région, portent des cultures de mil et d'arachide ; ils sont meubles et profonds. Leurs défauts principaux sont la pauvreté chimique et les risques d'érosion éolienne et hydrique. Le problème de leur mise en valeur est donc le même que celui des sols « dior » des régions sahélo-soudanaises.

Les sols ferrugineux lessivés profonds ou « goz rouge »

Ces sols constituent des accumulations plus ou moins sableuses de piémont ; ils ne couvrent que des surfaces relativement faibles : environ 2 %.

Le profil est le suivant

de 0 à 6 cm : horizon humifère, sableux légèrement limoneux ;
 de 6 à 25 cm : horizon sableux lessivé à « raies » ;
 de 25 à 48 cm : début d'accumulation d'argile avec quelques taches rouges et une structure polyédrique ;
 de 48 à 110 cm : accumulation d'argile et sesquioxydes.

La structure est polyédrique moyenne ; jusqu'à 110 cm on observe une bonne pénétration des racines. A 110 cm : arène granitique gravelo-sableuse. La structure est un peu fondue en surface, l'aggrégation et la porosité augmentent en profondeur.

Caractéristiques analytiques

La teneur en argile varie de 3,7 à 7,7 % en surface ; elle passe à 16,5 % à 30 cm. La matière organique est de 1 % en surface ; au-dessous de 6 cm elle diminue de moitié. Le fer libre varie avec le taux d'argile, l'indice de lessivage est de 2. Le pH est de 5,6 en surface et de 4,5 en profondeur. La somme des bases échangeables est de :

2,2 mé en surface ;
 1,6 mé dans l'horizon lessivé ;
 7,6 mé dans l'horizon d'accumulation.

La perméabilité est faible : $K < 1$ cm heure.

Utilisation

Ces sols sont peu utilisés en raison peut-être de l'absence d'eau ou de la pente qui favorise l'érosion ; il serait possible de les cultiver en mil.

Les sols ferrugineux lessivés peu profonds sur cuirasse ancienne « Hamout »

Ces sols couvrent une surface beaucoup plus importante, 21 %, et se trouvent à la cote 440 ; leur profondeur utile est faible et inférieure à 0,50 m.

Profil

de 0 à 8 cm : ils présentent un horizon sablo-limoneux,
 de 8 à 18 cm : un horizon lessivé avec accumulation relative de quartz et gravillons,
 de 18 à 32 cm : un horizon d'accumulation argileuse,
 de 32 à 85 cm : une cuirasse lamellaire englobant de nombreux quartz.

Le taux de matière organique en surface est de 1 % ; le pH de 5,5 ; à la limite du glaciaire d'épandage et du glaciaire de dénudation les textures sont plus argileuses ; il y a des actions d'engorgement en profondeur.

Utilisation

L'utilisation actuelle de ces sols est médiocre, on y trouve seulement quelques cultures de saison des pluies ; ce sont surtout des zones de parcours pour le bétail.

Conclusion sur l'utilisation des sols de la région d'Am-Dam

La pluviométrie est relativement élevée pendant quelques mois ce qui permet les cultures tropicales sèches.

La température est assez basse en saison sèche et l'on peut étendre certaines cultures méditerranéennes, lorsqu'il est possible d'irriguer.

L'isohyète 300 mm donne la limite approximative des agriculteurs sédentaires et des éleveurs transhumants.

Les cultures sèches principales sont le mil et l'arachide dans les sols ferrugineux tropicaux sableux. Les sols ferrugineux sableux présentent des problèmes d'utilisation identiques à ceux des sols dior, en particulier ceux qui résultent de l'action néfaste de l'érosion éolienne et hydrique.

Pour une bonne culture, il faut des semis précoces, une jachère de régénération et des apports d'engrais vert ou de fumier.

Faidherbia albida joue un rôle important dans la fertilité grâce à la chute de ses feuilles en saison humide. Azote et phosphore sont indispensables pour obtenir des rendements élevés.

Le sorgho de décrue ou berbéré est très répandu dans les dépressions argileuses. La réserve minérale des sols est élevée et la faible teneur en sodium facilite leur utilisation.

La culture du coton est un problème d'assainissement et d'irrigation d'appoint.

Les cultures maraîchères de saison fraîche peuvent être développées dans les vallées du système de la Batha, grâce à la possibilité d'irrigation à partir d'une nappe à faible profondeur.

Le Piémont nord du Ouaddaï : régions d'Abéché, Biltine, Oum-Hadjer

Caractéristiques générales, hydromorphie

Le climat est nettement plus sec que dans la région d'Am-Dam, la pluviométrie n'est plus que de 500 à 200 mm par an répartie sur trois mois de juillet à septembre : c'est une zone prédésertique.

Grandes formations superficielles.

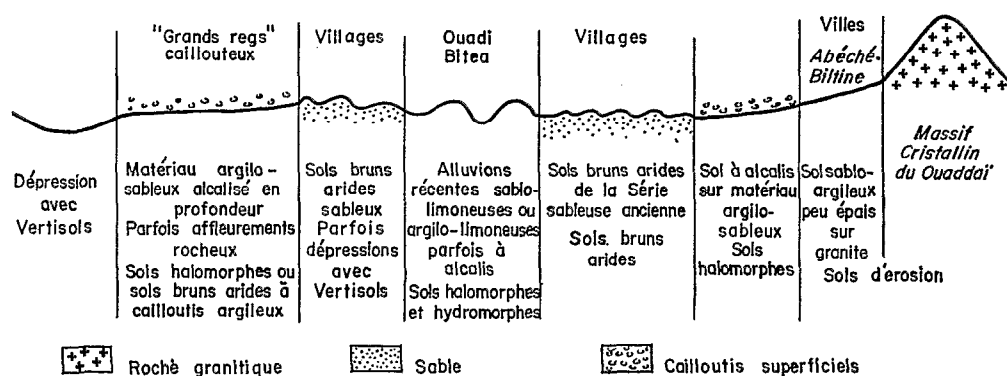


FIG. 21. — Coupe schématique des sols de la région Abéché-Biltine

Au pied des massifs cristallins du Ouaddaï on observe des sols peu profonds sur granite, puis des étendues sableuses mamelonnées, provenant des dépôts sableux de la série ancienne. Ces dépôts peuvent être très profonds. La nappe d'eau est parfois à 65 m.

Un autre aspect caractéristique de la région est la présence de grandes surfaces planes caillouteuses, appelées « regs caillouteux », provenant des dépôts lacustres argilo-sableux fortement érodés ; les sols sont souvent de type halomorphe.

Il existe également de grandes surfaces planes sableuses correspondant à d'anciennes voies d'eau ayant nivelé les sables de la série ancienne.

D'autres surfaces sableuses mamelonnées appartiennent à la série sableuse récente. Les sols sur sable sont de type brun aride.

Enfin des alluvions fluviatiles récentes s'étendent à proximité des cours d'eau, ces alluvions peuvent être sableuses, ou parfois argileuses dans les bas fonds, donnant des vertisols ou des sols halomorphes.

Végétation

La végétation est de type steppique plus net, avec de très rares arbres, principalement des épineux (*Acacia seyal*) sur les grands regs.

Il existe une sorte de galerie boisée le long de la Batha, avec *Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca*.

Sur la rive droite de la Batha, en contrebas des sols sableux, s'étendent de vastes surfaces de « naga » à végétation très clairsemée.

Hydrographie

La Batha se jette dans le lac Fitri ; les autres ouadi orientés est-ouest, se perdent dans les sables, en rejoignant le fond de l'ancien lac Tchad ceinturé par le cordon sableux.

Le débit de ces rivières, très irrégulier, est fonction de la pluie.

L'ouadi Haddad forme une grande dépression avec de nombreuses mares autour desquelles se rassemblent les nomades (les sols sont hydromorphes à faible perméabilité).

Principaux types de sol et utilisation

Les sols halomorphes

Les sols halomorphes se forment sur les dépôts argilo-sableux à cailloutis des regs, et sur les dépôts alluviaux fluviatiles récents.

Certains sols à nodules calcaires et effondrements sont également halomorphes ; dans ces sols le rapport Na/Ca est supérieur à 15 % à faible profondeur.

Les sols des regs caillouteux

Ils se forment sur un ancien dépôt alluvial très fortement érodé.

Profil

de 0-25 cm : horizon brun rouge argilo-sableux, compact ; la structure est cubique à polyédrique. Il y a de nombreux éléments grossiers, quartz et concrétions ferrugineuses.

de 25-80 cm : brun noir argilo-sableux ; structure polyédrique moyenne à fine, les éléments grossiers sont identiques à ceux de l'horizon supérieur. On observe des taches d'hydromorphie, quelques concrétions ferrugineuses et un pseudomycélium blanc.

Caractéristiques analytiques

Teneur en argile 35 % bien répartie dans le profil. Matière organique 0,3 %. Azote total 0,3 ‰. Bases échangeables mé. pour 100 g : Ca^{++} 7,6 milli-équivalents, Na^+ 0,67 en surface, 2,14 en profondeur. pH 7 neutre en surface, alcalin 8,5 en profondeur.

Certains sols ont le profil des « solonetz solodisés » avec un horizon sableux et des lits de cailloux quartzeux sur 0,5 cm.

Il n'y a pratiquement pas de sels solubles.

La conductivité est inférieure à 4 m·mho/cm.

Utilisation

Ces sols sont incultes, ils pourraient faire l'objet d'essais de mil tardif repiqué dans la partie sud la plus arrosée.

Vertisols

Ce sont des argiles noires qui occupent les dépressions. Leur profil est argileux et homogène avec une structure polyédrique en surface et plus compacte en profondeur. On observe un léger mycelium calcaire vers 0,60 m ; la perméabilité est faible.

Teneur en argile 45 % ; matière organique 0,6 %. Na échangeable 1 mé. en surface, 1,5 mé. en profondeur. pH 7 en surface, 8 en profondeur. Acide phosphorique 0,45 ‰. Les propriétés générales sont voisines de celles des vertisols d'Am-Dam.

Alluvions fluviales récentes

Ces sols s'observent le long des ouadi : ils présentent une grande variabilité de texture.

Profil

0-30 cm : beige sableux à sablo-limoneux à structure fondue ;

30-80 cm : beige avec quelques taches rouille d'hydromorphie, sablo-limoneux.

Ces sols présentent parfois des concrétions ferrugineuses en surface. Leur texture, est à dominance de sable fin ; ils peuvent contenir des micas ou des feldspaths.

Argile 5 % en surface, 20 % en profondeur. Matière organique 0,4 % ; pH en surface 6,2.

Ils ne sont pas alcalins en profondeur.

Ces sols se rencontrent surtout dans les plaines de piémont.

Il existe certaines variantes à alcalis avec pH 9 en profondeur.

Utilisation

Dans la région sud, lorsque l'alcalisation est faible, ces sols sont cultivés en coton.

On y fait aussi le mil de saison des pluies, le mil tardif repiqué et des cultures maraîchères.

Ces sols, parfois fortement submergés, rappellent les « naga » de la région sableuse récente.

Ils sont incultes à partir de Biltine.

Sols bruns arides (étendues sableuses mammelonnées ou plaines)

Ces sols sont formés soit sur la série sableuse ancienne, soit sur la série sableuse récente.

Série sableuse ancienne :

0- 50 cm : horizon gris brun, sableux, fondu ;
50-130 cm : brun rouge passant à beige ; sableux.

La teneur en sable est très élevée. La matière organique est de 0,3 %. Le pH neutre en surface, plus acide en profondeur.

Guiera senegalensis forme l'essentiel de la végétation.

Série sableuse récente :

0-100 cm : horizon brun clair ; sableux ; structure fondue ;
100-130 cm : beige sableux assez meuble.

Analyse identique à celle de la série précédente.

Utilisation

Ces sols sont cultivés en arachide, petit mil et mil de saison des pluies, jusqu'à l'isohyète 500 mm.

L'arachide disparaît à l'isohyète 400 mm ; restent le petit mil et le mil.

Vers 250-300 mm de pluie, seul le petit mil est cultivé. Au-delà ces sols sont incultes et servent seulement de pâturage de saison des pluies.

Les rives de la Batha sont fortement peuplées en raison de la présence d'eau à faible profondeur dans le fond du lit où l'on creuse des puits, cela peut permettre une culture irriguée.

5° RÉGION DU NORD-CAMEROUN AU PIED DES MONTS MANDARA (1)**Caractéristiques générales**

Les monts Mandara au Nord-Cameroun constituent la limite sud-ouest de la cuvette lacustre ; au sud, on passe dans le bassin de la Benoué et du Niger ; au nord, on rejoint le cordon sableux de Yagoua et la vallée du Logone.

Ces montagnes, constituées de migmatites et basaltes, peuvent atteindre 1 200 m ; on y observe des sommets rocheux mais aussi des plateaux et des plaines de piémont où se développe une agriculture particulière.

La pluviométrie est relativement élevée : de 800 à 950 mm par an répartie sur 4 à 5 mois.

Ce massif est le château d'eau de nombreux cours d'eau ou mayo qui coulent vers le nord-est : les mayo Boula, Tsanaga, Ranéo, etc. qui se dirigent vers la plaine du Logone et se heurtent au cordon sableux. Certains parviennent à traverser ce seuil après avoir formé des plaines alluviales en amont.

(1) D'après les travaux de J. PIAS, P. SEGALIN, D. MARTIN.

La région dans son ensemble est très peuplée ; la densité variant de 20 à plus de 100 hab. au km². Cette population est répartie dans la montagne (pays Kapsiki) et dans la plaine. La plaine est surtout peuplée de Foulbé et les montagnes de populations négritiques (dites sommairement « Kirdi ») des éléments de ces derniers tendent de plus en plus à descendre (par exemple, Matakam de la plaine de Gétalé).

Les massifs et leur pourtour

Dans les montagnes, les sols sont formés sur des arènes décomposition ; les populations nombreuses effectuent des cultures en terrasses et ont un peu de bétail. A la base des massifs, il existe des surfaces relativement importantes de pédiments, dont les sols sont brun-pâle, sablo-graveleux contenant jusqu'à 15 % de graviers.

Le taux d'argile peut être variable mais inférieur à 10 % en surface ; il peut augmenter en profondeur. L'épaisseur des apports colluviaux peut varier de 0,50 à 1 m.

Le taux de matière organique est de 0,8 % à 1,2 % en surface avec 0,5 ‰ de N total. Le pH est de 6,1-6,2. La somme des cations échangeables est de 3 mé pour 100 g. Ces sols continuent à s'enrichir en éléments minéraux provenant de la décomposition de la roche : ce sont des sols peu évolués sur pédiments.

Utilisation

Ces sols portent des cultures importantes de mil sous pluie. Ils sont assez fertiles mais sensibles au manque d'eau et très sujets à l'érosion.

Les plaines de la région sud

— Dans la région au sud et à l'ouest de Yagoua en allant vers le pic de Mindif qui est un inselberg granitique très remarquable, on observe d'importantes buttes de sable rouge donnant des sols ferrugineux tropicaux qui alternent avec des sols beige hydromorphes et des vertisols dans les dépressions.

Les sols ferrugineux tropicaux sont cultivés en mil sous pluie, arachide, coton ;

Les sols beiges hydromorphes en mil et coton ;

Les vertisols sont cultivés en mil tardif repiqué (berbéré. muskuari).

— Autour des pics granitiques, on observe, des *éboulis de rochers* parmi lesquels passent des ravines dues à l'érosion.

Puis se succèdent des *colluvions sableuses arénacées*, des *sédiments argilo-sableux* donnant des sols à alcalis ou « naga » dans la partie érodée, enfin des *vertisols* en contrebas.

Les sols arénacés sont cultivés en mil rouge et mil blanc de saison de pluies.

Les sols argilo-sableux sont cultivés en mil de saison sèche et en coton.

Sur les granites, il y a parfois des pointements de cuirasse recouverte de sols rouges sableux (ferrugineux tropicaux).

Bassins des mayo Boula, Tsanaga, Balda, Raneo, etc.

Entre le massif de Maroua et le cordon sableux au nord-est, des mayo descendent des montagnes et déposent des alluvions dans la plaine dont le fond est constitué de dépôts lacustres anciens donnant des vertisols sur lesquels se déposent des alluvions récentes en bourrelets.

La région est très fertile et très peuplée.

Le Mayo Boula : la plaine est constituée principalement d'argiles noires ou vertisols où l'on cultive le mil de saison sèche.

Il existe également des bourrelets limoneux avec mil de saison des pluies et coton.

Mayo Tsanaga : au pied des massifs de Maroua, il traverse une grande plaine de vertisols ; au-delà du cordon qu'il franchit à Guingley, les dépressions sont moins étendues avec des alluvions stratifiées.

Le mayo Tsanaga possède de nombreux bras bordés de bourrelets de texture plus légère ; les sols sont ou non à alcalis.

Mayo Balda, Motorsolo, Ranéo : ils coulent dans des dépressions entre les alignements de sables rouges ou beiges anciens (orientation NE-SW).

Dans les dépressions se sont formés des vertisols à fentes de retrait et nodules calcaires.

Les bourrelets des mayo sont souvent à alcalis.

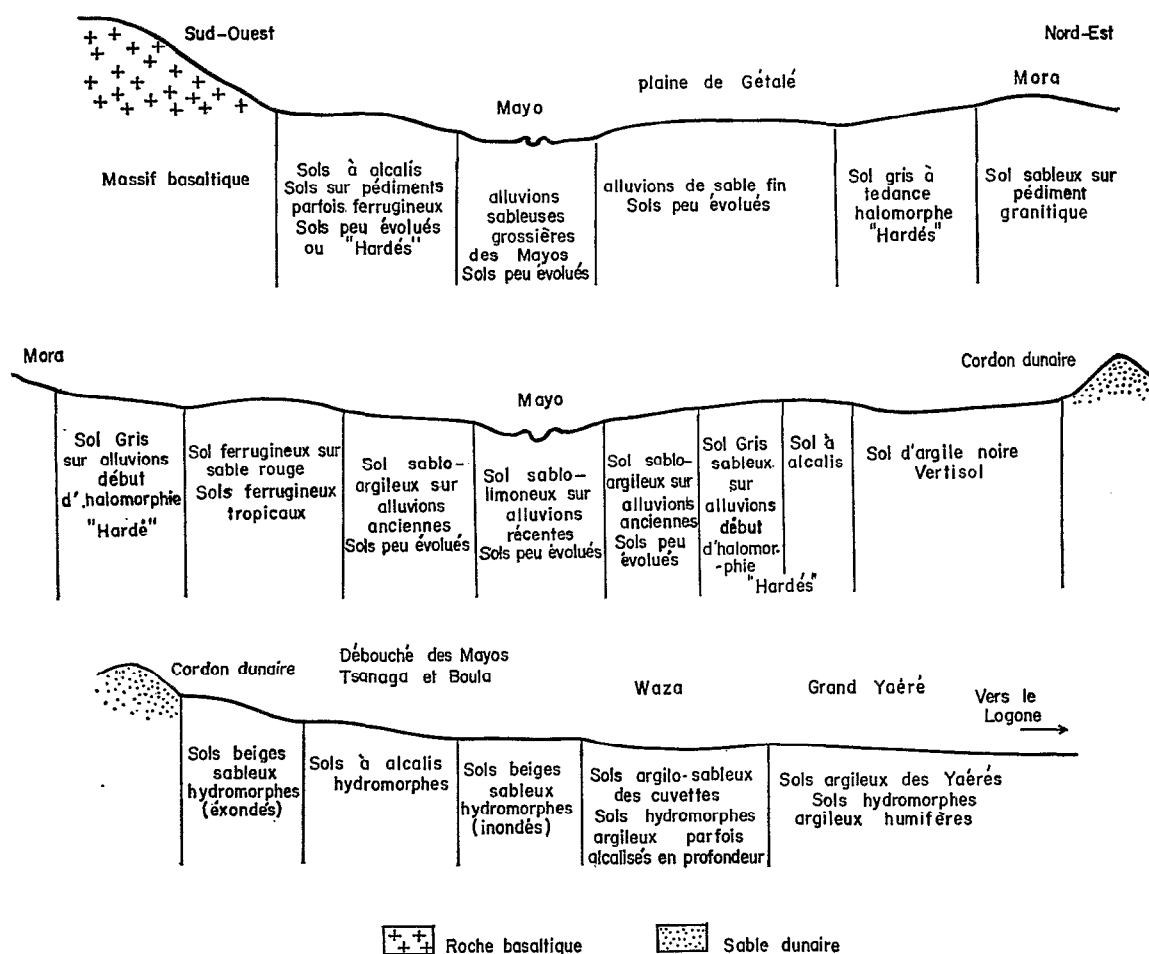


FIG. 22. — Coupe schématique des plaines alluviales du nord Cameroun entre le Massif du Mandara et le Logone

6° PLAINES AU NORD-EST DES MONTAGNES : RÉGION DES MOKOLO ET MORA

Principaux types de sol et utilisation

Les sols exondés

Sols peu évolués

1° Sols arénacés au pied des massifs

Dans la région de Mokolo, des sols arénacés puis des sols argilo-sableux, tendant vers les naga, s'étendent au pied des montagnes.

Dans la région de Mora, on retrouve au pied des massifs, les sols d'apports colluvionnaires, sableux et particuliers sur plus d'1 m d'épaisseur avec 5 % de graviers, et légèrement humifères en surface.

2° Sols sur alluvions récentes

Les sols sur alluvions récentes s'observent au voisinage des mayo ils peuvent être constitués d'éléments grossiers ou d'éléments fins.

- Alluvions grossières de la région de Mokolo : ces alluvions présentent des alternances de matériaux grossiers et fins.

Profil

Gris en surface devenant jaune pâle en profondeur, sableux grossier ;
Rouge à 1,20 m avec petites concrétions rares. Il y a début de ferruginisation.

Analyse

Sable 85 à 90 % avec 70 % de sable grossier ; pH 6,5 ; matière organique 0,8 à 1 % ; somme des bases 3 à 4 mé. pour 100 g. Les réserves minérales sont importantes. Il y a peu de rétention d'eau, ces sols sont sensibles à la sécheresse.

Utilisation

Souvent utilisés pour la culture du mil sous pluie, le reboisement serait souhaitable.

- Alluvions sableuses fines de la plaine de Gétalé : ces alluvions fines couvrent une assez grande superficie et font l'objet d'une importante mise en valeur ; on y cultive en particulier du coton du mil sous pluie, etc.

La végétation est sahélo-soudanienne (*Balanites aegyptiaca* - *Anogeissus leiocarpus* - *Khaya senegalensis*).

Profil

0-25 cm : brun gris, avec sable fin et grossier à tendance particulière et cohésion faible ;
25-70 cm : brun gris avec sable fin et grossier ; meuble.

Il y a très peu de différenciation dans le profil ; ces sols sont classés parmi les sols peu évolués.

Analyse

Au point de vue granulométrie, il y a autant de sable fin que de sable grossier 45 % / 45 % et très peu d'argile. Le taux de matière organique est peu différent de 1 %. Le pH de 6,2 à 6,6.

Capacité d'échange de bases : 6,4 mé en surface ; 3,3 mé en profondeur.

Somme des bases : 5,3 mé en surface ; 2,8 mé en profondeur.

Ces sols possèdent de bonnes réserves minérales.

Plus au sud dans la plaine de Zamay, la teneur en argile est plus importante et augmente en profondeur. Certains sols sur alluvions peuvent même atteindre 20 % d'argile en surface et 35 % en profondeur.

Argile 15 à 28 % ; le sable fin domine 46 %. La richesse en bases est plus élevée et les réserves minérales en magnésium et potassium sont très importantes. Le pH est voisin de 6 en surface, le taux de matière organique peut atteindre 1,6 % avec 0,6 ‰ de N total.

La capacité d'échange de 8 mé. en surface peut atteindre 15 à 20 mé en profondeur.

Fertilité et utilisation

Tous ces sols peu évolués sur alluvions possèdent une fertilité élevée en raison de leur profondeur et de leur structure meuble ainsi que de leur bonne réserve minérale.

Les sols sableux présentent une rétention d'eau plus faible, mais sont faciles à travailler ; les sols plus argileux ont une meilleure rétention d'eau, mais leur perméabilité est faible.

Le maintien du taux de matière organique est une condition essentielle de la fertilité.

La culture du mil et du coton donne des résultats satisfaisants.

— Alluvions récentes de la région de Mora :

Le long des mayo, il s'est déposé des alluvions récentes :

- soit sablo-graveleuses,
- ou sablo-limoneuses,
- ou sablo-argileuses.

La nappe phréatique est souvent proche de la surface. Il y a des passages graduels de texture entre le bourrelet de berge et les zones plus basses.

Exemple de bourrelet

0- 15 cm : brun gris finement sablo-argileux ; structure grumeleuse cohésion faible, bonne porosité ;
15-100 cm : brun, finement sablo-argileux ; structure polyédrique fine cohésion moyenne.
Sable vers 2 m. Nappe vers 3,50 m.

Exemple de zone basse

0-15 cm : gris clair argilo-limoneux très meuble, passage graduel à l'horizon suivant ;
 15-80 cm : jaune pâle, sable fin et grossier, légèrement micacé ; structure particulière, un peu humide. La couche sous-jacente est encore humide fin janvier.

Caractéristiques analytiques

Dans tous ces sols, il y a prédominance de *sable fin* et *limon*.

Le taux de matière organique est de 1,5 à 2 %. Azote total 0,8 ‰. La matière organique est assez bien répartie en profondeur. Le pH est de 7 à 7,5.

La capacité d'échange varie de 10 mé dans les sols sableux à 30 mé dans les sols argileux.

Ces sols sont bien saturés, surtout en calcium et magnésium et bien pourvus en potassium. Il existe de nombreux minéraux non décomposés, les réserves varient de 25 à 100 mé pour 100 g. Le phosphore total P_2O_5 ‰ varie de 0,5 ‰ à 1,2 ‰.

Utilisation

Ces sols sont les meilleurs de la région ; ils ont de bonnes propriétés physiques et un potentiel chimique élevé tant organique que minéral.

- Les sols argileux sont cultivés en mil de saison sèche (muskuari) ;
- Les sols sablo-limoneux en coton, mil de saison des pluies, arachide.

3° Les sols sur alluvions anciennes

Ils se trouvent un peu plus éloignés des mayo.

Au nord, les alluvions sont constituées de sable grossier, humifères en surface mais très fragiles.

Au sud, ce sont plutôt des sables fins peu argileux ; leur couleur est gris à brun gris, leur cohésion est faible ; ils ont une bonne structure et bonne porosité.

Caractéristiques analytiques

Matière organique 0,6 % à 1,4 %, pH 6,1 en surface, 7,1 en profondeur. Capacité d'échange 5 à 10 mé suivant la teneur en argile : Ca^{++} et Mg^{++} = 4 mé, K^+ = 0,25 mé, Na^+ très faible.

Les réserves minérales sont bonnes : 25 à 30 mé

Ces sols se rapprochent des sols de sable fin de Gétalé.

Utilisation

Ces sols sont profonds et ont de bonnes propriétés physiques (rétention) ; ils sont plus fragiles lorsqu'ils sont sableux. Leurs réserves minérales sont bonnes.

Ils sont cultivés en coton, mil de saison des pluies, arachide, et donnent de bons rendements.

4° Sols formés sur la dune

(Cette dune est le cordon sableux qui limite l'ancien lac Tchad).

Profil

- 0- 30 cm : gris clair, sableux grossier, particulaire ;
30-150 cm : brun pâle, sableux grossier, particulaire ;
150 cm : brun jaune, sableux grossier, particulaire ;

Ces sols contiennent 60 à 80 % de sable (grossier ou fin) ;

Argile 2 à 3 %

Matière organique 0,4 à 0,6 %

Azote 0,2 à 0,3 ‰

pH ≈ 7

Somme des bases S = 2,5 à 5 mé

Les réserves sont bonnes, mais il y a déficience en potassium.

Dans certaines zones basses, la teneur en argile peut atteindre 10 %.

Utilisation

Leur utilisation est celle de tous les sols sableux de type dior : on y cultive surtout le mil de saison des pluies, l'arachide et le coton dans les parties basses.

Ces sols possèdent de bonnes réserves minérales grâce à la présence de feldspaths.

Leur fertilité peut être améliorée par *Faidherbia albida*.

Sols ferrugineux tropicaux

Les sols ferrugineux tropicaux peuvent se former soit à la base des massifs sur roche altérée à faible profondeur, ou sur certaines alluvions anciennes (mayo Louti).

On les trouve plus fréquemment sur toutes les dunes de sable rouge au sud du grand cordon sableux.

Dune de sable rouge : la végétation est à *Guiera senegalensis* dominant.

Profil

- 0- 10 cm : brun gris, sable fin ; peu humifère ; structure un peu fondue ;
10- 30 cm : gris brun clair à brun clair, sable fin ;
30-200 cm : passage progressif à jaune rouge, sable fin consolidé vers 0,70 m.

Il y a un lessivage de l'argile et du fer indiqué par les variations de couleur ; la teinte ocre augmente en profondeur.

Caractéristiques analytiques

Le sable fin varie de 60 à 70 %

Le taux de matière organique est faible : de 0,3 à 0,5 %

pH : 7,2 en surface et 5 en profondeur.

Utilisation

Faidherbia albida améliore la fertilité de ces sols où l'on cultive mil et arachide ; il y a une fertilisation autour des villages.

Les sols intermédiaires**Les sols halomorphes**

Les sols à alcalis lessivés du Nord-Cameroun portent le nom de « hardé » ; ils sont l'équivalent des naga du Tchad ; un chapitre particulier sera consacré à leur utilisation et leur amélioration.

On peut en trouver différents types, soit sur alluvions, soit sur colluvions arénacées.

1° Sols en début d'évolution (sur alluvions)

Certains sont des sols en *début d'évolution* que l'on nomme « sols gris ».

Profil

0-15 cm : brun gris sablo-limoneux ; massif, cohésion moyenne ;
15-80 cm : brun gris à taches rouille diffuses, cohésion très forte, concrétions noires.

Analyse

Argile : en surface 13 %, en profondeur 35 % ; riches en sable fin.

pH en surface 6,6, en profondeur 6,9.

Somme des bases 9 mé en surface, 13,2 en profondeur.

Sodium négligeable en surface, 0,4 à 0,7 mé en profondeur.

Il n'y a pas encore de forte accumulation de sodium dans ces sols, mais le profil présente déjà des caractéristiques du hardé, en particulier la très forte compacité dans l'horizon B.

Utilisation

Ces sols peuvent être cultivés avec un labour profond pour éviter de favoriser les phénomènes de remontée capillaire.

2° Sols plus évolués

— Sur alluvions : ces sols sont sablo-argileux, riches en sable fin.

Le pH est de 5,5 à 6,4 en surface, mais peut atteindre 7,9 à 9,6 en profondeur.

Au-dessus de pH 9, on observe des nodules calcaires.

En profondeur, le sodium échangeable peut varier de 5 à 9 mé. Le taux de matière organique en surface est faible et varie de 0,5 à 0,8 %.

L'utilisation de ces sols est difficile, le mil donne des rendements peu élevés.

— Sur affleurement de gneiss : les sols présentent le profil hardé plus typique, la végétation est à *Lannea humilis*.

Le taux d'argile est de 15 % en surface et de 35 % en profondeur.

Il y a dominance de sable fin : 35 à 60 % de sable fin, 10 % de sable grossier.

pH : 7 en surface et 9,6 en profondeur.

Matière organique assez abondante 1,6 % en surface.

Capacité d'échange 12 à 26 mé pour 100 g.

Dans les sols typiquement hardé, on peut observer un horizon sableux sur environ 10 cm d'épaisseur, assez pauvre en matière organique et pouvant être érodé.

Dans l'horizon B, la compacité est très forte.

Le pH peut atteindre 9,6.

Le sodium peut représenter 9 mé pour 100 g.

Utilisation des sols halomorphes

Dans les zones sans eau, il n'y a que peu de cultures, les eaux de pluie ruissellent à la surface.

Pour faire du mil de saison sèche, il faut construire des diguettes de retenue d'eau ; cette pratique est courante dans la région de Maroua.

Pour cultiver en mil et coton de saison des pluies, il est nécessaire de labourer et sous-soler pour permettre à l'eau de pénétrer en profondeur.

Par ailleurs, ces sols ont un pH convenable en surface et de bonnes réserves minérales. Le taux de matière organique est souvent trop bas.

Les sols inondés

Vertisols

1° Sur roche en place

Une grande plaine de vertisols s'observe au nord-ouest de Mora : c'est le « Grand Karal », de Djénama à Gansé. Ces sols formés sur gneiss, présentent de larges fentes de retrait pouvant atteindre un mètre de profondeur et des cailloux et quartz ferruginisés en surface.

Plats et mal drainés, ils portent une végétation caractéristique d'*Acacia seyal*.

Profil

0- 30 cm : brun gris argilo-sableux, macro-structure prismatique, microstructure polyédrique.

30- 50 cm : brun gris foncé un peu plus compact, quelques nodules calcaires.

50-200 cm : brun gris argilo-sableux à argileux ; nodules calcaires plus nombreux ; structure fondue très compacte.

Analyse

Le taux d'argile varie de 30 à 40 % (surface et profondeur).

Le sable fin l'emporte sur le sable grossier.

pH : 7,5 en surface, 8,95 à 2 m en profondeur.

Matière organique de 0,9 % à 1,4 % (surface).

Capacité d'échange 20 à 30 à dominance de calcium et magnésium.

La teneur en sodium est relativement faible.

Fertilité

Ces sols sont souvent engorgés de juillet à octobre. Ils ont de bonnes réserves en bases mais sont pauvres en azote.

Le taux de phosphore total peut être moyen : 0,3 à 0,7 ‰ P_2O_5

Le taux de phosphore assimilable est toujours très faible dans les sols mal drainés : P_2O_5 (méthode Olsen modifiée) = 0,018 ‰.

Utilisation

Ces sols sont intensément cultivés en muskuari (mil de saison sèche).

La culture du coton est difficile en raison du mauvais drainage.

La culture du riz ne donne pas de bons résultats ; en outre, il n'y a pas de possibilités d'irrigation suffisante.

2° Sur alluvions

Il existe de nombreux vertisols sur alluvions dans les plaines alluviales rejoignant la zone d'inondation du Logone. Ils sont formés sur la série lacustre ancienne argilo-sableuse (PIAS). Ils sont inondés par la crue des mayo et recouverts parfois de 1 m d'eau. Ils présentent de nombreuses taches d'hydromorphie en surface.

Le pH est de 7 en surface, de 8 en profondeur. En profondeur, ils sont parfois assez riches en sodium.

Sols hydromorphes

1° Sols en bordure des mayo

Certains subissent une inondation prolongée et sont de type hydromorphes à pseudogley d'ensemble.

La texture des alluvions est parfois sableuse, à dominance de sable fin en surface et plus riche en sable grossier en profondeur ; parfois la texture est argilo-sableuse ou argileuse avec forte proportion de limon.

L'hydromorphie se manifeste par de nombreuses taches rouille ferrugineuses sur tout le profil. Ces sols sont souvent très humifères en surface ; la matière organique peut atteindre 5 % dans les sols argilo-sableux.

Le pH de surface est acide : 5,4.

Les réserves en bases sont élevées.

Les sols sableux sont un peu moins riches en matière organique.

Utilisation

Ces sols peuvent être utilisés en arrière saison pour des cultures diverses avec irrigation : culture de patates en billons, cultures maraîchères, bananeraies autour de Maroua.

Ils sont également utilisés comme pâturages de saison sèche.

2° Sols au nord de la dune

On observe des sols hydromorphes à la limite des zones d'inondation :

- soit sableux, riches en sable fin, plus ou moins humifères et acides suivant l'importance de l'inondation (les sols non inondés ont un pH de 7 en surface et un taux de matière organique voisin de 2 %).
- soit sablo-limoneux ou sablo-argileux, fortement alcalisés avec un pH de 9,5 en profondeur.
- soit enfin argileux très compacts avec fentes de retrait dans la grande région de Waza (réserve de Faune) (Sols à pseudogley d'ensemble et gley de profondeur).

Ces sols sont très compacts, le taux d'argile peut atteindre 55 à 60 % ; il n'y a pratiquement pas de sable grossier, ni de nodules calcaires en profondeur.

Le pH est de 5,5 en surface, de 7,5 en profondeur.

Le taux de matière organique est de 2 à 3 % et devient de plus en plus élevé vers le centre de la zone d'inondation ou (yaéré).

La capacité d'échange est de 50 mé ; les réserves minérales sont élevées ; la teneur en sodium est relativement faible sauf parfois en profondeur.

Utilisation

- Les sols sableux non inondés sont cultivés en mil de pluie et arachide.
- Les sols alcalisés servent de pâturages de saison sèche ; avec un recouvrement argileux acide, ils peuvent être utilisés pour le mil muskuari de saison sèche et pourraient éventuellement servir à la riziculture.
- Les sols argileux sont également très peu utilisés ; ils servent de pâturage de saison sèche et sont cultivés en mil muskuari en bordure de la zone d'inondation.

6° UTILISATION DES SOLS ALLUVIAUX AU NORD-EST DES MONTS MANDARA ; AGRONOMIE

Nature des sols

La nature alluviale de la plupart des roches mères fait que les sols sont assez hétérogènes ; l'ancienneté de l'alluvionnement et la granulométrie de l'alluvion sont les deux facteurs principaux de différenciation.

Les meilleurs sols sont formés sur les alluvions les plus récentes (s'ils ne sont pas trop sableux) et les sols argileux sont toujours intéressants.

Population

La région est très peuplée ; les Foulbé sont à la fois agriculteurs et éleveurs, ce qui doit favoriser la culture attelée et les fumures organiques.

Les Mandara et les Bornouans ont su développer le maraîchage.

Les Kirdi font d'excellents travaux de conservation des sols dans les montagnes mais descendent difficilement dans la plaine.

Principales cultures

Nous ne parlerons ici que de l'agriculture de plaine.

Le mil de saison des pluies, est cultivé dans de nombreux sols, présente des variétés adaptées aux différents types de granulométrie ; il peut être amélioré par le labour et l'enfouissement de matière organique.

Le mil de saison sèche (muskuari) est très cultivé sur les sols argileux ou vertisols ; il existe encore des surfaces libres mais de plus en plus éloignées des centres d'habitation.

Ce mil de saison sèche est cultivé d'année en année jusqu'à ce que se produise une dégradation du sol (parfois au bout de 15 à 18 ans) qui se manifeste par une baisse du taux de matière organique et une alcalinisation (augmentation du taux de sodium et élévation du pH).

Le seul remède utilisé actuellement est la jachère à acacia qui peut durer 8 ans ; il serait préférable de prévoir une jachère de 2 ans tous les 4 ans, un labour superficiel après les premières pluies avec enfouissement d'un engrais azoté acidifiant (sulfate d'ammoniaque).

Arachide : l'arachide est cultivée sur les plateaux et autour des villages installés sur sols sableux ; il y aurait des possibilités d'extension dans de nombreux sols sableux en rotation avec le mil : mais l'installation de nouveaux villages dépend souvent de la solution du problème de l'eau.

La culture du coton s'est développée rapidement, les sols alluviaux de sable fin (Gétalé) et les sols alluviaux récents, sablo-limoneux ou sablo-argileux, sont d'excellents sols à coton où les rendements sont élevés.

Un minimum de rétention d'eau est nécessaire et il ne faut pas descendre au-dessous de 12 à 15 % argile + limon (le limon pouvant être du limon grossier ou sable très fin).

Au-delà de 35 % d'argile, le sol est souvent mal drainé et le coton souffre d'un excès d'eau ; un sous-solage est alors nécessaire.

Le coton expose le sol à l'érosion ; il est assez exigeant, et doit entrer en rotation avec des cultures améliorantes.

Actuellement le coton est cultivé au Nord-Cameroun sur une superficie d'environ 73 000 ha. Le rendement est d'environ 631 kg de coton graine. Des essais d'engrais sont réalisés à la ferme expérimentale de Gétalé. En 1963 les résultats ont été les suivants :

Variété Allen -	Témoin	1 506	kg	ha
	20 tonnes de fumier + 300 kg de tourteau de coton	2 105	kg	ha
	Fumure minérale, N.P.S., Azote, Phosphore, soufre équilibrée	2 108	kg	ha

Sur les sols sableux le problème du profil cultural et de l'enfoncement des racines ne semble pas se poser, mais les conclusions obtenues par ailleurs sur sols ferrugineux tropicaux peuvent être valables dans une certaine mesure (compactation de l'horizon à 25 cm par perte de matière organique).

Cultures diverses : parmi les possibilités agricoles, il faut citer le maraîchage, pratiqué le long des gros mayo quand la nappe phréatique n'est pas trop profonde. Son développement dépend essentiellement des débouchés qui doivent s'accroître.

- Le dolique introduit récemment peut être intéressant après une culture du mil précoce car ses racines profondes utilisent les réserves d'eau du sol en arrière saison ; les graines sont utilisables dans l'alimentation humaine, les fanes couvrent le sol et peuvent être pâturées par le bétail.

Elevage

L'élevage est une activité importante. Les zones de pâturage de saison des pluies sont situées sur les terrains sableux au nord et au nord-ouest, les pâturages de saison sèche dans les grands yaéré. Cet élevage devrait être associé davantage à l'agriculture sédentaire avec développement de la culture attelée et de la fumure.

Forêts

Les forêts peuvent jouer un rôle dans la conservation des sols ; lutte contre l'érosion hydrique au nord et à l'est de Mora, et contre l'érosion éolienne par des bandes reforestées sur les terrains sableux entre Ombéché et An Talia.

PROBLÈMES AGRONOMIQUES DE L'UTILISATION DES SOLS A ALCALIS PLUS OU MOINS LESSIVÉS
(Hardé du Cameroun et Naga du Tchad)

Des essais de mise en valeur des sols à alcalis ou « hardé » dans la région nord de Maroua, ont été effectués pour la culture du coton. Les principaux résultats de ces essais seront résumés dans ce chapitre et une comparaison sera effectuée entre les différents types de sols à alcalis que l'on rencontre au Cameroun et au Tchad.

1° DIFFÉRENTS TYPES DE SOLS A ALCALIS (*morphologie*)

Les sols à alcalis occupent de vastes superficies au Tchad et au Cameroun, surtout dans la partie nord de ces territoires où l'évaporation est importante. L'aspect de ces sols hardé ou naga, est presque toujours le même ; surfaces planes à faible pente, avec une végétation très clairsemée, arbustes rares, épineux, ou encore *Lankea humilis* plus caractéristique ; herbes courtes et parfois dénudation totale par plages plus ou moins étendues, surface lisse de couleur grise, parfois avec une croûte noirâtre, petits dépôts de sable grossier arrêtés par des souches ou des touffes d'herbes.

Dans les différents chapitres, des descriptions de profils ont déjà été données, la caractéristique essentielle étant l'existence d'un horizon de surface sableux peu épais, reposant sur un horizon limoneux ou sablo-argileux *très compact* avec une limite brutale entre les deux.

Cet horizon durci présente généralement une structure en colonne dont le sommet arrondi peut être mis en évidence en dégageant soigneusement l'horizon sableux superficiel ; c'est cet aspect colonnaire de l'horizon B durci qui a permis de rapprocher ces sols des « solonetz solodisés », outre les autres caractéristiques chimiques (BOCQUIER).

Les profils plus ou moins typiques de naga peuvent s'observer dans différents sites :

- sur les grands glacis de dénudation, à la base des massifs cristallins où ils occupent de vastes surfaces sur des arènes en décomposition ou sur des matériaux sablo-argileux, issus des granites à la base des glacis ;
- sur des alluvions anciennes ou récentes où ils occupent des surfaces étroites de faible pente entre les bourrelets des cours d'eau et les mares des plaines ou des surfaces légèrement surélevées à l'intérieur des plaines alluviales.

Suivant leur position, les naga ou hardé sont associés soit à des sols ferrugineux tropicaux, soit à des vertisols.

2° CARACTÉRISTIQUES ANALYTIQUES

Les analyses ont montré que l'horizon sableux est légèrement acide (pH $\approx$ 6), alors que l'horizon durci est neutre à la partie supérieure et alcalin à la partie inférieure (pH 8,5 - 9) vers 1 m de profondeur.

Le sodium échangeable est en quantité relativement importante dans les horizons durcis, le rapport Na/Ca dépasse généralement 12 à 15 %.

On observe fréquemment un enrichissement en fer dans la partie supérieure de l'horizon durci et un enrichissement en carbonates à la partie inférieure la plus alcaline.

Variations des différentes caractéristiques analytiques. Granulométrie

Argile : en surface, la teneur en argile peut varier de 6 à 25 % ; elle augmente généralement au-dessous de 15 cm où elle dépasse 20 % ; mais dans certains cas, elle peut augmenter brutalement dès 6 cm de profondeur, par exemple, sur un sol hydromorphe sur alluvions anciennes et sur un sol érodé dérivé de granites. Elle passe généralement à plus de 30 % au-dessous de 0,50 m.

Les sols situés à la base des glacis, et les sols à l'intérieur des plaines inondables sont les plus argileux et ont des propriétés voisines des vertisols.

Richesse en sable fin :

- les sols sur alluvions récentes présentent une forte dominance du sable fin sur le sable grossier.
- Les sols voisins des vertisols ont autant de sable fin que de sable grossier.
- Les sols sur alluvions anciennes ou dérivées des granites ont plus de sable grossier que de sable fin.

pH :

- Les sols sur alluvions récentes présentent un pH supérieur à 8 au-dessous de 0,80 m.
- Les sols voisins des vertisols n'atteignent pas un pH 8 à 0,80 m.
- Les sols érodés sur granite et les sols sur alluvions anciennes peuvent présenter un pH 8 vers 20 ou 30 cm.

3° DEGRÉ D'ÉVOLUTION ET ALCALISATION

Il semble que plus les sols sont évolués, plus les horizons durcis et alcalisés se rapprochent de la surface ; c'est le cas des sols hydromorphes sur alluvion ancienne et des sols érodés sur granite.

- Les sols sur alluvions récentes par contre sont un peu moins évolués, l'augmentation de teneur en argile est plus progressive et l'alcalisation plus profonde.
- Les sols les plus argileux et les plus résistants à l'alcalisation sont les sols voisins des vertisols.

L'alcalisation peut provenir soit des sels dissous de la roche en décomposition, soit des nappes.

Les remontées de sels sont plus intenses lorsque les nappes sont proches de la surface (cas des sols hydromorphes), ou lorsque le socle, avec des arènes en décomposition, est peu profond.

D'une manière générale les sols à alcalis lessivés ne contiennent pas de proportions importantes de sels solubles dans les horizons supérieurs.

4° UTILISATION DES SOLS A ALCALIS LESSIVÉS

Facteurs limitants

D'une manière générale, les sols à alcalis lessivés sont peu utilisés, l'obstacle principal étant la présence de l'horizon durci proche de la surface qui s'oppose à la pénétration de l'eau et des racines des plantes.

Pâturage

Lorsque les sols sont sableux et peu évolués, ils peuvent être recouverts d'une herbe abondante servant de pâturage.

L'érosion due au passage des animaux ou au ruissellement favorisée par la faible perméabilité, peut dégager complètement de sa couverture sableuse l'horizon durci qui finit par affleurer.

Cultures

Les sols évolués sur glaciés de dénudation sont les moins utilisés. Les sols voisins des vertisols peuvent parfois être cultivés en sorgho de décrue comme les sols argileux voisins.

Les sols les plus cultivés sont les sols sur alluvions récentes lorsqu'ils sont peu ou pas érodés. Des cultures de mil sous pluie sont réalisées dans la région de Fort-Lamy ; la pénétration de l'eau est facilitée par l'établissement de diguettes empêchant également l'érosion.

Mais lorsque ces sols sont cultivés trop longtemps sans jachère ils finissent par s'éroder et deviennent stériles.

Amélioration des hardés du nord-Cameroun ⁽¹⁾

Un essai extrêmement intéressant a été tenté au Nord-Cameroun pour récupérer les hardés pour la culture du *coton*.

Des sous-solages ont été pratiqués vers 0,50 m de profondeur, de façon à ouvrir l'horizon durci et permettre la pénétration de l'eau ; ces sous-solages ont été complétés par un billonnage.

Les observations effectuées récemment en particulier par HUMBEL, sur sol sous-solé et non sous-solé, ont montré que les taches d'hydromorphie qui se forment habituellement à la surface de l'horizon compact, disparaissent après sous-solage et ne s'observent que plus profondément à la limite inférieure des parties sous-solées ; l'humidité qui ne descend qu'à 15 ou 20 cm en sol non travaillé, pénètre à 40 cm dans les hardés sous-solés.

En plus de cette pénétration de l'eau, il y a éclatement de l'édifice compact qui se débite en prismes avec une tendance à la structure polyédrique limitée à la partie travaillée et qui s'étend ensuite à tout l'horizon, sans dépasser la profondeur du sous-solage. *Les phénomènes de gonflement et de retrait du sol dus à l'humidification et à la dessiccation, complètent ainsi le travail mécanique.* Il semble que l'amélioration de la couche travaillée se maintienne pendant une période d'au moins quatre années.

(1) Etude réalisée par HUMBEL.

TABLEAU COMPARATIF DE QUELQUES PROPRIÉTÉS DES NAGA

Argile % — Ca échangeable et Na échangeable — pH

Profondeur cm	Sol sur alluvion récente Mayo Boula Nord-Cameroun				Sol sur alluvion ancienne hydromorphe Am Timan				Sol à la base d'un glacis Am Timan				Sols dérivés de granite Am Dam				Sol à l'intérieur d'une plaine de vertisols Singako			
	Arg. %	Ca mé	Na mé	pH	Arg.	Ca	Na	pH	Arg.	Ca	Na	pH	Arg.	Ca	Na	pH	Arg.	Ca	Na	pH
0- 6	15	4,1	0,2	6,2	8	2,7	0,1	5,8	28	14,2	0,7	6,6	6	3,5	0,5	6,5	24	5,5	0,13	5,2
6-15					22	6,9	1,8	6,2					32,5	12,2	2,9	7	14	2,4	0,15	5,4
15-20	20	5,8	0,4	6,3	28	11,5	3,4	8,2	28	14,2	0,7	6,6					25	3,8	0,25	5,8
30	24	5,6	0,5	6,6									28,5	13,7	3,3	8,4	50	10,7	0,75	5,7
50	37	12,6	0,9	7,3	30	16	3,8	8,7	38	22,2	1,3	7,7								
80	35	15,3	0,9	8,4									27,5	13,7	3,05	8,6	47	11,3	1,2	7
100	36	17,4	1,5	8,45					56	21,4	3,9	7,8								

TABLEAU COMPARATIF DE QUELQUES PROPRIÉTÉS DES NAGA

*Azote total et rapport sable fin/sable grossier**— Horizons de surface —*

	Sol sur alluvion récente Région Fort-Lamy	Sol sur alluvion récente Mayo Boula nord-Cameroun	Sol sur alluvion ancienne hydromorphe Am Timan	Sol à la base d'un glacis Am Timan	Sols dérivés de granite Am Dam	Sol à l'intérieur d'une plaine de vertisols Singako
Azote Total %	0,3	0,6	0,8	0,6	0,4	0,7
Sable fin Sable grossier	5	20	0,5	1	0,5	1

Les agrégats résultant du travail du sol, de l'humidification et de la dessiccation, sont très compacts ; il semble qu'un facteur de cimentation (peut-être les hydroxydes) favorise la solidité des gros agrégats, malgré la très forte teneur en sodium qui devrait provoquer rapidement leur destruction.

Du point de vue chimique, il ne semble pas que le pH élevé en profondeur soit un facteur important d'infertilité pour le cotonnier ; il faut remarquer que les pH de 8,5 - 9 ne s'observent souvent que vers 1 m de profondeur.

Dans certains cas la pauvreté de l'horizon supérieur en matière organique, azote et phosphore, peut être un élément d'infertilité ; les autres réserves minérales sont par ailleurs souvent intéressantes.

Les cultures de coton ont donné parfois des résultats intéressants avec des rendements de l'ordre de 1 300 kg/ha avec ou sans fumure. Néanmoins les améliorations culturales utilisées dans les autres sols sont très valables dans le cas des hardés, en particulier la protection anti-érosive par des billons cloisonnés que l'on peut ouvrir de temps en temps pour évacuer l'eau en excès. Des sarclages superficiels pour rompre la couche battante, l'apport de fumier et d'engrais minéraux azote et phosphore, une jachère à graminées

après travail du sol pour consolider la structure, enfin des essais de sulfatage (plâtre) pourraient être tentés pour éliminer le sodium en excès lorsque l'horizon B est trop proche de la surface.

Dans des sols à hydromorphie à faible profondeur, des essais de culture en planche pourraient être tentés pour diminuer la remontée capillaire à condition de protéger les levées de terre contre le ravinement.

Le problème de la mise en culture des hardé ne revêt d'importance qu'en fonction de la croissance démographique ; des études particulières doivent être réalisées dans chaque cas pour reconnaître l'opportunité d'une amélioration rentable, et déterminer les modalités d'intervention ; seuls des engins mécaniques employés en saison sèche peuvent permettre cette amélioration.

Toute mise en culture sans précautions particulières peut amener un accroissement de l'érosion.

C — RÉGIONS OU DOMINENT LES SOLS EXONDÉS

En dehors des zones de massifs et de leur glacis, ou des bourrelets des cours d'eau, qui ont été étudiés dans les chapitres précédents, quatre régions principales, au point de vue agricole, présentent une superficie de sols exondés plus grande que celle des sols inondés.

Ce sont :

1) Au sud, la zone dite des Koro qui commence à l'extrémité de la plaine du Salamat à l'est du Chari, couvre de vastes superficies dans les régions de Fort Archambault, Koumra, Moundou, et s'étend sur une grande partie du Mayo Kebbi, région de Pala, Kélo, etc.

Cette zone possède une assez grande homogénéité climatique (plus de 1 000 mm de pluie, régime soudano-guinéen) et les sols formés sur les dépôts du continental terminal ou les formations dérivées, présentent un certain nombre de propriétés communes qui seront étudiées en détail.

2) Dans la partie centrale, de part et d'autre du Chari, entre les 10^e et 11^e parallèles, où la pluviométrie est de 700 à 900 mm, des étendues sableuses importantes portent des cultures de coton et sorgho ; la station du Ba-Illi servira de modèle bien que n'étant pas totalement représentative.

3) Au nord du 11^e parallèle, un vaste triangle sableux dit de *Bokoro-Dilbini* correspondant à une ancienne zone deltaïque, où la pluviométrie est voisine de 600 mm ; il est consacré essentiellement à la culture du mil et de l'arachide. La station de Dilbini peut être prise comme modèle.

4) Enfin les régions situées au nord de l'isohyète 400 mm et qui constituent les vastes étendues sableuses du Kanem n'offrent plus que des possibilités de culture assez aléatoires en l'absence d'irrigation.

a. LA ZONE DES KORO, PROBLÈMES DE MISE EN VALEUR

1° CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES ET PRINCIPAUX TYPES DE SOLS

Cette zone constitue la bordure sud de la cuvette tchadienne ; elle est recouverte par des dépôts anciens du Tertiaire datant du Continental Terminal donnant surtout des sables rouges et beiges dits « sables de Kélo » ayant subi une altération ferrallitique ancienne qui se manifeste également par différents niveaux de cuirasses ferrallitiques ou ferrugineuses.

On appelle « Koro » une relief peu accentué aux pentes douces, et caractérisé par l'absence d'une nappe d'eau à une profondeur habituelle aux puisatiers africains. Les Koro dominent d'une centaine de mètres le niveau général des vallées. L'altitude qui est de 360 m sur le Logone à Laï atteint 550 m sur le Koro de Manang. Un sommet de 630 m se trouve près de Begamber. Les Koro sont disposés suivant des arcs concentriques dont la concavité est orientée vers le centre de la cuvette tchadienne. Ils sont entaillés de vallées sèches bien marquées, et séparées par les grandes vallées alluviales, Tandjillé, Logone, Pende, Mandoul, etc. Citons les Koro de Kélo, de Bénoyé, de Guidari, de Koumra, etc. Ils sont constitués essentiellement de sols rouges sableux à sablo-argileux que l'on a pu rattacher au groupe des sols « faiblement ferrallitiques » ou « Terres de Barre ». Les sommets de certains d'entre eux sont recouverts d'une cuirasse ancienne, mais cette cuirasse a été souvent démantelée et les sables rouges en sont partiellement des résidus. Le long des pentes il y a eu redistribution et épandage des sables rouges, et mélange avec des sables blancs ou beiges, et ces matériaux ont formé à la base des Koro de grands glacis où la pédogenèse ultérieure a donné naissance à des *sols ferrugineux tropicaux* plus ou moins profondément lessivés. Des cuirasses de bas de pente formées de gravillons ferrugineux et de débris de matériaux rouges soudés entre eux s'observent çà et là.

Principaux types de sol : Un grand nombre d'études ont été réalisées sur les sols issus du Continental Terminal : suivant la position topographique, le degré d'érosion, la présence d'une nappe à plus ou moins grande profondeur, la présence d'une cuirasse, on peut distinguer un très grand nombre de types de sols différents. En réalité on peut rattacher tous ces sols à quelques types principaux qui sont les suivants (classification d'après BOCQUIER) :

- Sol faiblement ferrallitique, ou sol rouge profond ou Terre de Barre ;
- Sol ferrugineux tropical lessivé, à accumulation progressive d'argile, à taches et sans concrétions ;
- Sol ferrugineux tropical lessivé, à horizon lessivé très profond, avec accumulation « en raies » et concrétions d'hydromorphie profonde ;
- Sol ferrugineux tropical lessivé à pseudogley proche de la surface ;
- Sol ferrugineux tropical lessivé sur cuirasse.

Des descriptions détaillées de tous ces profils ont été données dans les études de BOCQUIER, AUDRY, VIZIER, BOUTEYRE ; nous nous contenterons de signaler ici les seules caractéristiques essentielles du profil ayant un rôle dans la fertilité.

Sol faiblement ferrallitique (sol rouge)

Ces sols s'étendent vers le centre des Koro, et sont couverts d'une savane arborée dense de type soudano-guinéen avec certains arbres de grande taille comme *Isobertinia doka*.

En surface sur 0- 10 cm : le sol est gris brun rouge sableux à structure fondue peu compacte ;
 de 10- 35 cm : le sol est de couleur brun rouge clair, toujours sableux et avec une structure finement polyédrique.
 de 35- 45 cm : la couleur passe à l'ocre rouge de plus en plus franc, la texture sableuse devient progressivement un peu plus argileuse, la structure est de mieux en mieux développée ;
 de 45-150 cm : la couleur passe au rouge assez franc, la texture est argilo-sableuse, la structure est à pseudosable, de compacité moyenne ;
 en profondeur on observe jusqu'à 3 m une masse terreuse rouge assez homogène, argilo-sableuse avec des grains de quartz non colorés ; c'est la « Terre de Barre ».

Analyse simplifiée

Profondeur cm	0-10	15-25	30-40	100-110	160-180
Argile %	6	11	16	33	35
Mat. organique %	1,18	0,54			
N % ₀₀	0,42	0,21	0,19		
C/N	16,1	14,7	9,2		
P ₂ O ₅ % ₀₀	0,2				
pH	6,2	5,9	5,4	4,4	4,7
Bases échangeables mé pour 100 g					
Ca ⁺⁺	1,3	0,72	0,56	0,4	0,44
Mg ⁺⁺	0,17	0,2	0,19	0,17	0,11
K ⁺	0,1	0,1	0,15	0,1	0,11

Perméabilité 0,6 cm heure (surface).

Propriétés générales des sols faiblement ferrallitiques

Ces sols sont caractérisés par leur grande profondeur de terre meuble, qui contient argile et sable et pratiquement pas de limon ; le rapport sable grossier/sable fin augmente avec la profondeur en même temps que la teneur en argile : de 1 en surface il peut dépasser 2 au-dessous de 1 m. Ces sols sont donc relativement riches en sable fin en surface, et très riches en sables grossiers en profondeur. Cette répartition des sables est due aux remaniements qui ont suivi la première phase de pédogenèse.

Dans les sols faiblement ferrallitiques la répartition du fer et de l'argile en profondeur se fait d'une façon à peu près régulière, le fer semble très lié à l'argile et peu mobile. Il n'y a ni taches ni concrétions. Le sol vierge a une teneur moyenne en matière organique en surface ; la structure est instable en surface, et ces sols sont très sensibles à l'érosion.

Le pH est peu acide en surface et devient de plus en plus acide en profondeur ce qui est caractéristique des sols ferrallitiques en outre de la teneur en bases très faible, l'argile de type kaolinique, la capacité d'échange très faible.

Utilisation

En raison de leur profondeur ces sols pourraient être utilisés pour des cultures diverses, coton, manioc, etc. mais l'absence d'eau en profondeur empêche l'installation des villages ; ils sont donc utilisés seulement en bordure, au contact des sols ferrugineux lessivés, les problèmes de leur utilisation sont alors sensiblement les mêmes que pour ces derniers.

Sols ferrugineux tropicaux lessivés

Ces sols, déjà définis, proviennent de matériaux issus des sols précédents, mais leur drainage externe et interne est plus mauvais et les *phénomènes de réduction et d'engorgement temporaire ainsi que le lessivage*, vertical ou oblique, amène une *redistribution de l'argile et surtout du fer* dans le profil, provoquant la formation d'un horizon lessivé A₂ sableux, plus ou moins épais et d'horizons d'accumulation B, enrichis en argile, et en oxyde de fer, soit sous forme diffuse, soit sous forme de taches et concrétions plus ou moins durcies souvent liées à des phénomènes d'engorgement interne ou de nappe. Ces niveaux peu perméables peuvent remonter près de la surface et donner des sols ferrugineux à pseudogley.

Suivant la profondeur et la nature de l'horizon d'accumulation on peut avoir :

Sol ferrugineux lessivé à taches et à accumulation progressive (sols ocre)

sur 0- 15 cm : horizon A₁ gris foncé ; sableux à sable fin ; assez fondu mais poreux avec enracinement abondant ;
de 15- 60 cm : horizon A₂ brun clair, peu humifère, lessivé, sableux ;
60- 90 cm : horizon B₁, couleur brun rouge, début d'accumulation d'argile ; assez meuble, quelques grosses racines ;
90-145 cm : horizon B₂, accumulation d'argile et d'oxydes, structure polyédrique, diminution de l'enracinement ;
145-195 cm : horizon B_{3g} d'accumulation d'argile et d'hydroxydes avec des taches d'engorgement temporaire ;
au-dessous : horizon C matériau argilo-sableux, très taché, compact, non structuré.

Analyse simplifiée

Profondeur cm	0-7	10-20	30-40	50-60	70-80	110-120
Argile %	3	4	6	8	13	25
Mat. organique %	0,76	0,62	0,33	0,24	0,35	0,15
N ‰	0,26	0,23	0,18	0,13		
pH	6,3	5,9	5,5	5,2	5,1	5
P ₂ O ₅ ‰	0,1					
Ca ⁺⁺	1,8	1	0,5	0,36	0,44	1
Na ⁺⁺	0,06	0,18	0,58	0,14	0,13	0,19
K ⁺	0,1	0,1				

Perméabilité : 0,6 cm heure (Surface).

Propriétés générales

La teneur en argile, très faible en surface, augmente progressivement en profondeur ; elle ne devient sensible que vers 0,70 m et atteint 25 % à 1 m.

Le taux de matière organique est faible et décroît rapidement en profondeur, le taux d'azote est très bas, le rapport C/N est élevé. Le pH, faiblement acide en surface, décroît mais plus lentement que dans le sol ferrallitique.

Les taux de phosphore et de bases sont très bas, il y a très peu de sodium et potassium, la perméabilité est faible en surface en raison de la richesse relative en sable fin.

Sol ferrugineux lessivé à horizon lessivé épais « à raies » et à taches et concrétions en profondeur (sols beiges)

Dans ce sol situé plus bas que le précédent l'engorgement de nappe peut remonter vers 1,50 m de profondeur (Horizon B_g).

A ce niveau (horizon B_g) on note un enrichissement assez net en argile qui peut atteindre 30 % et un enrichissement important en oxydes sous forme de taches et de concrétions ; la teneur en bases peut atteindre parfois 2 à 3 mé. à ce niveau profond avec un pH de 5,4.

Au-dessus l'horizon lessivé sableux (A₂) dont la teneur en argile est inférieure à 9 % est très épais, 120 à 150 cm, sa couleur est claire, brun gris, ou brun jaune pâle. On y observe des petites raies d'accumulation superposées, épaisses de 1 à 2 cm, et distantes d'environ 30 cm ; ces raies, de couleur brun à brun jaune sont un peu plus argileuses que les horizons lessivés entre les raies dont la texture est de plus en plus grossière vers la base. Le pH est de 4,9. En fin l'horizon de surface A₁ est gris foncé sableux et peu épais

et présente les mêmes caractéristiques analytiques que le sol précédent : 0,7 % de matière organique avec C/N de 12 à 15 ; pH = 6,3 ; teneur en argile # 5 %.

Ces sols peuvent parfois être tronqués.

Sol ferrugineux lessivé à pseudo-gley

L'horizon d'engorgement remonte vers 80 cm de profondeur et provoque l'apparition d'un pseudogley, riche en argile et en taches et concrétions d'oxydes.

L'horizon de surface A_1 devient plus profond, et nettement plus riche en matière organique. L'horizon lessivé A_2 est de plus faible épaisseur : 0,50 m.

Propriétés analytiques

L'horizon de surface est moins sableux : environ 10 % d'argile, mais les sables grossiers dominent ; le taux de matière organique atteint 1,8 % en surface et est encore de 0,96 % à 0,50 m ; le rapport C/N est de 17 ; le pH est de 6,3 en surface et ne diminue que faiblement en profondeur.

La teneur en argile augmente progressivement dans les horizons lessivés et s'accroît rapidement dans l'horizon de pseudogley (47 % d'argile). La teneur en base est plus élevée dans tout le profil et peut atteindre 6 mé dans l'horizon de surface.

2° UTILISATION DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVÉS SUR CONTINENTAL TERMINAL (problèmes de culture du coton)

Les deux grandes cultures actuelles sur ces sols sont celles du coton et du sorgho de pluie ; les possibilités d'utilisation des sols sont liées à la présence de l'horizon humifère superficiel, à la profondeur des horizons lessivés sableux et de l'horizon d'engorgement. Enfin, les teneurs en éléments fertilisants généralement faibles peuvent être variables suivant les sols.

Le coton a été développé d'une façon très importante dans toute la région des Koro où des plantations ont été effectuées partout depuis la base des reliefs jusqu'à la limite des sols hydromorphes et même sur ces derniers ; les résultats très divers obtenus dans des types de sols différents ont permis d'aboutir à quelques conclusions concernant les aptitudes culturelles des sols.

Facteurs généraux de production

Climat

Du point de vue climatique la pluviométrie est suffisante : il tombe 85 à 90 mm en mai à Bébédjia, la pluie est bien établie en juin (150 mm), augmente en juillet (250 mm), passe par un maximum en août (300 mm) et peut être encore de 80 mm fin octobre.

Dates de semis

Les semis se font généralement dans la première décade de juin. La floraison a lieu depuis la 2^e moitié d'août jusqu'au début d'octobre, où commence l'ouverture des capsules qui se termine début décembre. Il y a trois récoltes : début novembre, fin novembre, mi-décembre. Tout retard à la date de semis amène une baisse de rendement : en effet si la floraison n'est pas terminée début octobre, la sécheresse peut provoquer une chute importante des capsules ou « shedding ».

Un autre facteur est l'intense lessivage des nitrates du sol en début de saison des pluies, provoquant une carence en azote. Les résultats publiés par l'IRCT ont été les suivants :

Dates de semis	Rendement graine kg/ha	% du témoin
5 juin	1886	100
15 juin	1596	85
1 ^{er} juillet	1524	82
16 juillet	1018	54

La variété la plus cultivée était l'Allen A 151 ; d'autres variétés sont actuellement à l'étude à la station IRCT de Bébédjia.

Parasitisme

Le parasitisme, très important, est particulièrement dû à « *Diparopsis* » qui est la chenille d'une Noctuelle.

En station, il est pratiqué jusqu'à 13 traitements par saison (Endrine) ; en grande culture on ne dépasse pas 6 traitements :

- avec la protection plafond on atteint 2 600 kg/ha ;
- avec la protection standard on atteint 1 964 kg/ha ;
- sans traitement on atteint 1 524 kg/ha.

Il s'agit là de résultats obtenus dans de bonnes conditions culturales.

Assolements et engrais

Station de Bébédjia

Divers assolement sont essayés sur une rotation totale de 6 ans :

	Rendements en 1963 kg/ha	Fumé	Non fumé
1 coton sur coton six ans	—	1575	1107
2 coton une année sorgho une année six ans	—	1608	1219
3 coton-sorgho 4 ans + jachère deux ans	—	1477	1249
4 coton-sorgho 2 ans + jachère quatre ans	—	1280	903

Certains assolements sont sans engrais, d'autres reçoivent 200 kg /ha de sulfate d'ammoniaque.

En début d'essai on peut seulement constater l'influence de l'engrais minéral qui est efficace.

Les éléments minéraux *azote et soufre* apportés à raison de 10 000 équivalents grammes à l'hectare sont les plus efficaces ; à Bébédjia, l'engrais phosphaté marque peu.

Ces sols bien entretenus sont des sols riches.

Analyse des sols de Bébédjia

en 1965	coton sorgho témoin	coton-sorgho + engrais NPS + 5 t de fumier
Matière organique %	1,4	2,3
Azote organique %	0,574	0,814
pH	6,6	6,8
Phosphore total P_2O_5 ‰	0,66	0,98
Phosphore assimilable P_2O_5 ‰	0,186	0,296
Méthode (Olsen modifiée)		

Les taux d'azote sont relativement très élevés pour la région.

Les taux de phosphore total et assimilables sont très élevés également pour les sols ferrugineux tropicaux.

Autres stations

Dans des stations expérimentales où le sol est moins riche, les rendements des témoins sont beaucoup plus bas ; la fumure minérale N et S agit mais la fumure organique est indispensable pour obtenir des rendements élevés.

Stations	Déli	Békao	Moussafoyo
	rendement kg/ha de coton grain		
Témoin	450	823	318
100 kg de sulfate d'ammoniaque	521	816	390
100 kg de sulfate d'ammoniaque + 10 tonnes de fumier	1 196	1 035	812
100 kg de sulfate d'ammoniaque + 20 tonnes de fumier	1 563	960	846

A la station de Déli en particulier l'addition de fumier de ferme accroît considérablement les rendements.

On pourrait penser qu'il s'agit simplement d'un apport d'azote venant du fumier s'ajoutant à celui de l'engrais minéral, mais les observations effectuées par AUDRY ont montré que dans l'essai « sulfate d'ammoniaque » seul, il existe dans le sol *une semelle de labour* qui provoque une courbure du pivot des cotonniers à 10 cm de profondeur, alors que dans l'essai « fumier » la semelle de labour disparaît, les racines s'enfonçant jusqu'à 40 cm où elles rencontrent un horizon argileux naturel.

En cultivant coton sur coton après jachère pendant 7 ans, il a été possible de maintenir le rendement avec 100 kg de sulfate d'ammoniaque et 10 t ha de fumier.

Dans le témoin sans engrais il y a une chute brutale de rendement dès la 2^e année de culture. Dans l'essai « sulfate d'ammoniaque » seul, la chute de rendement se produit au bout de la 3^e année de culture. Cette chute de rendement est de 30 à 40 %.

A Déli comme à Bébédjia, il n'y a pas de carence en phosphore.

*Evolution des sols**Station de Déli*

AUDRY étudie systématiquement l'évolution des sols à Déli, dans des parcelles de culture et dans des casiers de mesure de l'érosion. Il est difficile de donner actuellement des chiffres qui doivent faire l'objet d'études statistiques sur plusieurs années.

Parcelles témoins	C %	N ‰	C/N
Sol vierge	0,87	0,530	16,4
Sol cultivé en coton sans fumier	0,45	0,315	14,3
Sol cultivé en coton avec fumier	0,52	0,365	14,2

La perte de matière organique est très forte après mise en culture, la teneur se relève lentement avec l'apport de fumier.

A la station de Karnal

AUDRY et VIZIER comparent les effets de 20 t de fumier ha, et d'un engrais équilibré NPS à 10 000 équivalents ha. Ils ont noté que dans une culture effectuée en billons ceux-ci se conservent dans la parcelle « fumier » et disparaissent dans les autres parcelles.

Le fumier agit sur la stabilité structurale et la perméabilité.

	Perméabilité K m sec.	Instabilité structurale IS
Témoin	0,83	1,5
Fumier	1,32	0,9
Témoin	0,84	1,5
Engrais NPS	1,24	1,6

Seul le traitement « fumier » abaisse l'indice d'instabilité IS de HENIN au-dessous de 1 (limite de la mauvaise structure) ; l'engrais NPS n'a pas d'action sur la structure du sol.

Taux de matière organique	{ Fumier 1,4 % Autres parcelles 1 %
pH {	Fumier 7,4 Témoin 6,8 engrais NPS 6,7

Le fumier accroît la teneur de matière organique et le pH, de même que le taux de potassium et de phosphore.

Le fumier semble donc dans ces sols être un excellent fertilisant ; l'accroissement de l'élevage sédentaire dans la région des Koro, avec apparition de la traction animale, doit certainement devenir une source de progrès pour l'agriculture. En l'absence de fumier, une régénération peut se faire avec la jachère naturelle à *Andropogon gayanus*.

Comportement des cotonniers en fonction des types de sol

VIZIER a comparé des cultures de coton en milieu traditionnel dans divers types de sol issus du continental terminal. Les cultures sont contrôlées par la CFDT.

Observations culturelles

A Gaya Gambi : sol ocre, profondément lessivé sans hydromorphie (GG 1), le coton a eu un faible développement et donné un faible rendement.

La cause est la très grande pauvreté chimique du sol, aussi bien en azote qu'en phosphore. Ce sol n'a reçu ni engrais ni insecticide.

A Bérem Gébelsou : sol beige à hydromorphie profonde, à horizon lessivé à raies (GB 11), le semis a été un peu tardif et le coton a souffert d'une période sèche à la fin juin. Le démarrage a été lent, mais avec 160 kg/ha d'une fumure-NPS, les champs ont donné un rendement de 800 à 900 kg/ha.

A Djouman Barrissou : sol beige tronqué à hydromorphie proche de la surface (GD 12), la surface du champ est irrégulière et on observe des stagnations d'eau. La préparation insuffisante du terrain et l'absence d'insecticides ont amené un développement faible des cotonniers et un rendement faible.

Profils culturaux

VIZIER a observé la pénétration du pivot des cotonniers dans ces différents sols. Dans le sol *ocre profondément lessivé sans hydromorphie* (GG 11), le profil très sableux sur plus de 1 m, le taux d'argile n'est encore que de 13,3 % à 110-120 cm ; il n'y a pas de traces d'hydromorphie à cette profondeur, le pivot du cotonnier pénètre verticalement jusqu'à plus de 60 cm ; une densité importante de racines secondaires s'observe sur 0,10 m puis diminue progressivement.

Dans les sols à hydromorphie profonde (GB 11) (Bérem Gébelsou), un passage assez brutal s'observe vers 0,95 m entre des horizons très sableux et très meubles et un horizon durci marqué par l'hydromorphie (18,3 % d'argile). Le pivot du cotonnier pénètre verticalement sur 0,15 cm à 0,20 cm puis oblique légèrement et atteint 50 à 60 cm. La densité des racines secondaires latérales dans les vingt premiers centimètres semble plus importante que dans le premier cas.

Dans le sol à hydromorphie proche de la surface (Djouman Barrissou) (GD 12) le pivot se développe verticalement jusqu'à 10 cm de la surface puis se courbe brutalement à angle droit. Dans ce sol le taux d'argile augmente brusquement vers 0,35 m (plus de 20 % d'argile), des taches d'hydromorphie s'observent à proximité de la surface.

Profil hydrique

D'une manière générale, dans les sols sableux l'eau pénètre d'une façon régulière en profondeur dans le sol ; il n'y a pas d'excès d'eau sauf dans les horizons d'hydromorphie.

Propriétés chimiques

Analyse du sol Ferrugineux Tropical lessivé sans hydromorphie.

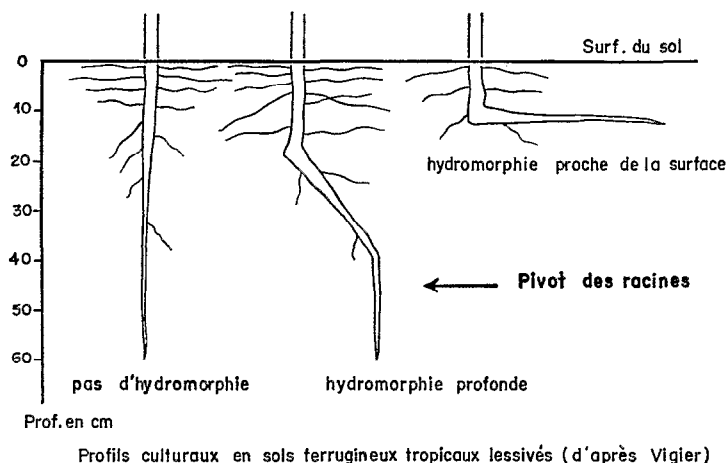


FIG. 23. — Zone des koro — Culture du coton

L'analyse complète du sol (GG 11) Gaya Gambi est donnée ici :

Profondeur cm	0-20	30-40	60-70	80-90	110-120	140-180
Argile %	4,8	6,3	6,8	9,3	13,3	16,3
Limon fin %	2	1,5	2	2,3	1,8	2,3
Limon grossier %	5,1	4,1	4,9	4,6	5,5	4,3
Sable fin %	39,6	38,3	39,6	39	34	24,3
Sable grossier %	46,6	48	46	45	44	52,3
Matière organique totale %	0,7	0,4	0,2	0,2		
Carbone ‰	4,3	2,2	1,1	0,9		
Azote ‰	0,21	0,12	0,07	0,08		
C/N	20,8	18,3	16,7	11,3		
P ₂ O ₅ total ‰	0,17	0,14	0,13			
P ₂ O ₅ assimilable	40	20	26			
ppm						
Bases échangeables mé pour 100 g						
Calcium	2,55	1,53	0,94	1,02	1,1	0,99
Magnésium	1,07	0,48	0,50	0,70	0,48	1,05
Potassium	0,1	0,09	0,07	0,1	0,09	0,13
Sodium	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
S	3,73	2,11	1,52	1,83	1,68	2,18
T	3,88	2,67	2,32	3,06	3,04	3,72
pH	7,1	6,4	6,1	6	5,4	5,4
Instabilité structurale IS	0,9	0,8	1,1			
Perméabilité K cm heure	0,7	0,75	0,6			

Le sol est très sableux en surface, très pauvre en limon et argile, mais avec une proportion convenable de sable fin.

En profondeur vers 140-150, la teneur en sable grossier augmente en même temps que la teneur en argile.

Le taux de matière organique est très bas : 0,7 % et le rapport C/N très élevé (20) ; le taux d'azote est en conséquence extrêmement faible (0,2 ‰), c'est la carence principale de ce sol.

Le taux de phosphore total est bas (0,17 ‰) mais sa carence relative est moins importante que celle de l'azote ; le phosphore assimilable est insuffisant (40 ppm) mais sa teneur est plus élevée dans le sol bien drainé que dans le sol mal drainé où elle descend à 20 ppm.

Le pH neutre en surface peut permettre un bon rendement si le taux d'azote est relevé autour de 0,4 ‰ à 0,5 ‰.

Dans ce sol les fumures organiques et les engrais azotés sont indispensables. Une réponse aux engrais phosphates pourra apparaître avec l'apport de fortes quantités d'azote.

Les teneurs en bases sont faibles mais le complexe absorbant (3,5 mé pour 100 g) est presque saturé en surface, le taux de potassium 0,1 mé est bas mais son rapport avec la somme des bases échangeables (K/S) (env. 3 %) n'est pas en-dessous du seuil de carence.

La carence en soufre décelée dans les essais d'engrais de l'IRCT n'apparaît pas dans l'analyse, mais elle peut être liée également à la pauvreté en matière organique.

Problème particulier du phosphore, l'action des engrais phosphatés n'apparaît pas toujours, c'est souvent la fumure NS azote et soufre qu'est plus efficace que NPS azote, phosphore, soufre, alors que dans les terres argileuses de la région de Tikem, par exemple, les engrais phosphatés sont généralement actifs en mélange avec l'azote et le soufre.

Des analyses ont montré que dans les Sols Ferrugineux tropicaux lessivés les taux de phosphore total et assimilables peuvent être très variables. Le phosphore total P_2O_5 ‰ peut varier de 0,15 ‰ à plus de 1 ‰ le phosphore assimilable P_2O_5 ‰ peut varier de 0,02 ‰ à 0,3 ‰. Les sols bien entretenus ont fréquemment plus de 0,1 ‰ soit plus de 100 ppm de phosphore assimilable (méthode Olsen modifiée – FNH_4 0,5N + CO_3 NaH 0,5 N pH 8,5) ce qui constitue une bonne teneur pour des sols tropicaux.

En outre, dans les sols bien drainés, le rapport $\frac{\text{phosphore assimilable}}{\text{phosphore total}}$ varie de 20 % à 50 % alors que dans les sols ferrugineux mal drainés ou dans les sols d'argile noire le rapport $\frac{\text{phosphore assimilable}}{\text{phosphore total}}$ varie de 2 % à 10 %.

Dans ces derniers sols le taux de phosphore assimilable est généralement inférieur à 0,02 ‰ ou 20 ppm pour des taux de phosphore total pouvant dépasser 0,4 ‰.

Il y a donc une nette retrogradation du phosphore assimilable dans les sols mal drainés, même pour des teneurs en phosphore total équivalentes.

Rapports azote et phosphore

D'une manière générale le taux de phosphore total augmente avec le taux d'azote total. Dans la région de Bangoul-Bediondo des prélèvements ont été effectués dans des champs de coton d'aspect très variable.

	N total ‰	pH	P_2O_5 total ‰	P_2O_5 assimilable ‰
Coton très mauvais	0,306	6,5	0,20	0,08
Coton bien développé	0,706	7,9	0,96	0,392

Dans le premier cas le sol paraît fortement érodé, dans le second, il semble avoir été enrichi par des apports provenant d'anciens emplacements de villages, ou brûlis d'arbres. L'enrichissement du sol se manifeste à la fois sur l'azote total, le phosphore total, le phosphore assimilable.

Lorsque les sols sont à la fois pauvres en azote total et phosphore total :

N ‰ est compris entre 0,2 et 0,4 ;

P₂O₅ ‰ est compris entre 0,15 et 0,3.

Le taux de phosphore assimilable peut varier de 10 ppm (0,01 ‰) à 100 ppm (0,1 ‰).

Le taux de phosphore assimilable décroît lorsque le taux d'azote total augmente.

Les taux de phosphore assimilable les plus bas s'observent dans les sols mal drainés relativement plus riches en azote mais pauvres en phosphore total.

Si l'augmentation du taux d'azote ne s'accompagne pas d'une augmentation importante du phosphore total, le taux de phosphore assimilable diminue. Si le taux d'azote total décroît, sans perte importante de phosphore total, le phosphore assimilable augmente :

N Total ‰	P ₂ O ₅ total ‰	P ₂ O ₅ assimilable ‰
0,4	0,25	0,01
0,15	0,25	0,1

L'hydromorphie favorise l'accumulation de l'azote et la fixation du phosphore par les oxydes de fer sous forme peu assimilable.

3° CONCLUSIONS CONCERNANT LA FERTILITÉ DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX DES KORO

Rappel des principaux facteurs limitants

Si les sols lessivés sableux de couleur ocre-rouge, de la région des Koro présentent certaines caractéristiques communes ; par contre, ils possèdent des propriétés très variables pour l'utilisation en raison de la profondeur plus ou moins grande des horizons argileux et hydromorphes et de la richesse très inégale des horizons de surface en matière organique et éléments minéraux.

Si la présence d'un horizon relativement humide au-dessous de 1 m représente un facteur physique plutôt favorable (diminuant les aléas du climat) et s'accompagne d'un plus faible lessivage des éléments minéraux, par contre il semble préférable que l'horizon argileux ne remonte pas plus près de la surface car il nuit à l'enracinement des cotonniers.

Il est donc nécessaire de protéger les sols sableux contre l'érosion qui diminue l'épaisseur de l'horizon meuble et rapproche de la surface les horizons hydromorphes ou parfois des couches durcies ou même des cuirasses. Elle appauvrit en outre, la couche supérieure du sol en matière organique et éléments minéraux.

Recommandations pour la mise en valeur

Plusieurs précautions sont à prendre pour la mise en culture de ces sols :

1. — Choix de terres profondes et bien drainées pour le coton. Les sols à hydromorphie plus proches de la surface peuvent convenir davantage au sorgho ou à d'autres cultures moins sensibles à l'excès d'eau.

2. — Protection contre l'érosion : cultures en bandes et billonnage transversal.
3. — Conservation et enrichissement de l'horizon superficiel en matière organique et éléments minéraux.
Les valeurs au-dessous desquelles il ne faudrait pas descendre sont : 0,4 à 0,5 ‰ de N total ; pH : 6,5 ; 100 ppm de P_2O_5 assimilables ou 0,4-0,5 ‰ de P_2O_5 total.
4. — Fertilisation
Le sulfate d'ammoniaque ou des engrais plus complets doivent être utilisés en fonction de l'état minéral du sol ; au point de vue organique le fumier de ferme ou bien des jachères bien entretenues (protection du feu) semblent actuellement les meilleurs fertilisants à conseiller ; la croissance de l'herbe est excellente dans cette région et les graminées naturelles constituent des plantes de jachères très efficaces.
5. — Les traitements anti-parasitaires sont également indispensables pour obtenir de bonnes récoltes de coton.

Différentes cultures pouvant être pratiquées dans la zone des Koro

Le coton reste la principale culture d'exportation ; un enrichissement progressif du sol et de meilleurs soins culturaux doivent permettre de mieux rentabiliser cette culture qu'il faut réserver aux sols suffisamment profonds ; le sorgho et l'arachide peuvent être pratiqués en assolement.

La culture du riz peut être développée dans les zones basses inondables comme il a été vu précédemment ; enfin dans tous les sols intermédiaires de nombreuses cultures vivrières peuvent être pratiquées, sorgho, manioc, banane, etc. La proximité de la nappe peut permettre des arrosages d'appoint en culture artisanale, et permettre de nombreuses cultures maraîchères et fruitières.

Un petit élevage sédentaire associé à la culture peut rendre de très grands services pour les transports, les labours, les sarclages et enfin la fabrication de fumier. Cette culture attelée en rendant les travaux plus rapides et moins pénibles permet de respecter le calendrier agricole.

La mise au point d'une agriculture suffisamment intensive dans cette région à démographie en accroissement rapide, est à la fois possible et nécessaire.

b. ENSEMBLES SABLEUX DU BA-ILLI - CHARI

Caractéristiques générales

Au nord de la zone des Koro dans la bande climatique correspondant aux isohyètes 700 et 900 mm, on observe de part et d'autre du Chari, entre Ba-Illi et Mogroum, de vastes ensembles sableux souvent morcelés par de petites dépressions.

Entre les sols sableux et les dépressions, les étendues de naga sont fréquentes.

Les sols sableux occupent les parties hautes et sont formés soit sur la série sableuse ancienne, soit sur la série sableuse récente.

Ces sols sableux peuvent être rattachés aux sols ferrugineux tropicaux lessivés.

La végétation est une savane arborée de type sahélo-soudanienne.

1° ÉTUDE D'UN SOL SABLEUX CARACTÉRISTIQUE

Sur la série sableuse récente on peut avoir le profil suivant :

- 0 à 15 cm : horizon beige sableux, structure fondue ;
- 15 à 200 cm : horizon beige ocre, sableux, structure fondue, quelques taches jaunâtres vers 150 cm ;
- 200 à 220 cm : horizon beige sableux, structure fondue.

La teneur en argile est de 4 % en surface et de 10 % à 1 m de profondeur.

Le rapport $\frac{\text{sable fin}}{\text{sable grossier}}$ est élevé et supérieur à 3 : 69 % S.F. - 20 % S.G.

Le taux de matière organique est faible : 0,6 % avec azote total : 0,33 ‰.

Le pH est de 6,6.

Les bases échangeables en surface sont en mé : $\text{Ca}^{++} = 1,05$; $\text{Mg}^{++} = 0,8$; $\text{K}^+ = 0,27$; $\text{Na}^+ = 0,13$.

Le phosphore total : $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ‰} = 0,2$

Utilisation

Ces sols portent les cultures vivrières traditionnelles : mil, petit mil, arachide, gombo, etc...

Des plantations de coton s'étendent dans la partie sud où la pluviométrie est de l'ordre de 900 mm.

Au contact de dépôts d'origines diverses influencés par les bourrelets des cours d'eau, en particulier dans la région du Ba-Illi, la culture du coton a été développée.

2° STATION DU BA-ILLI

A la station agricole de Ba-Illi, on observe des types de sol qui diffèrent en fonction de la topographie :

- les sols occupant une position haute sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés typiques ;
- en bas de pente on peut trouver des sols à horizon de pseudogley plus ou moins proche de la surface.

Une caractéristique particulière de ces sols est la présence de l'argile noire à nodule calcaire en profondeur ; en bas de pente, elle est à 1,50 m.

Cette argile correspond à l'extension de l'ancienne zone lacustre.

Etude d'un sol profond

Le profil d'un sol profond est le suivant

- 0- 25 cm : horizon gris beige sableux, homogène, structure fondue cohérente mais peu dure ;
- 25- 35 cm : horizon beige clair sableux ;
- 35- 55 cm : identique mais début de coloration ocre clair ;
- 55- 95 cm : horizon sablo-argileux, ocre jaune, assez compact ;
- 95-165 cm : sablo-argileux, ocre jaune.

Le taux d'argile est de 10 % entre 0 - 25 cm, le pH est respectivement de 6,8

15 %	à	35 cm	6,5
20 %	à	70 cm	6
30 %	à	1 mètre	5,5

La proportion de sable fin est élevée en surface, la sable grossier argileux augmente en profondeur.

Le sol est meuble à l'état humide, les racines s'enfoncent avec le front d'humidité, mais elles cessent de pénétrer dès que le sol se dessèche et durcit. La cohésion augmente avec la profondeur.

Analyse chimique d'un sol vierge

	C %	N ‰	C/N	pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
Surface	0,83	0,57	14,6	7,7	5,22	1,74	0,38	0,04
Profondeur	0,21	0,23		5,5	2,61	1,45	0,5	0,04

Phosphore total en surface P₂O₅ ‰ = 0,26

Phosphore assimilable en surface P₂O₅ ‰ = 0,045

Le taux de matière organique est moyen mais peut diminuer de 25 % par la mise en culture dès la première année.

Le pH est neutre et les réserves en bases sont assez bonnes.

Le taux de phosphore est faible, mais en rapport correct avec le taux d'azote.

Sol de bas de pente

Dans le sol de bas de pente, des taches de pseudogley s'observent à 0,45 m de profondeur ; c'est l'argile à nodules qui sert de niveau d'arrêt et qui provoque un engorgement à la partie supérieure.

Problèmes de culture du cotonnier

Le comportement des cotonniers dans ces différents sols est assez homogène ; il semble que l'apparition des taches d'hydromorphie soit moins néfaste que dans les sols de la région des Koro, cela est peut-être dû à la pluviométrie plus faible, en particulier au mois d'octobre, les réserves en eau du sol en profondeur étant utiles à la végétation.

Néanmoins la pénétration des racines n'est pas toujours excellente, les pivots des cotonniers sont courts et une semelle de labour a tendance à se former à 15 cm de profondeur.

L'assolement pratiqué est le suivant :

- jachère ;
- coton ;
- sorgho ou arachide ;
- mil pénicillaire ou sorgho fourragé ;
- 2 années de jachère.

Le bloc coton de première année reçoit 150 kg de sulfate d'ammoniaque et 20 t de fumier de ferme.

c. ENSEMBLE SABLEUX DE LA RÉGION DE BOKORO

Caractéristiques générales

Dans la bande climatique correspondant aux isohyètes 500 et 600 mm, il existe entre la limite nord-est de la fosse de Massénya et le sud-ouest du lac Fitri un vaste ensemble sableux, correspondant à un ancien delta, et formé par des dépôts de sable de Kélo remaniés (série ancienne).

Ces sables se prolongent à l'est jusque dans la région de Mongo. Cet ensemble sableux faiblement ondulé a été entaillé par des cours d'eau coulant S.N. qui ont déposé quelques éléments fins dans les talwegs.

La végétation est de type arboré ou arbustif clair au sud et tend à la pseudosteppe graminéenne au nord.

Les arbustes les plus répandus sont *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum* ; des arbres tels que *Anogeissus leiocarpus* s'observent en bordure des zones basses.

Certaines surfaces intermédiaires entre les parties hautes et les parties basses ont une tendance au naga avec *Lannea humilis* mais ces surfaces sont peu importantes et la texture sableuse des sols ne permet pas de les rattacher aux sols étudiés précédemment.

1° LES SOLS

Les sols des buttes sableuses peuvent être rattachés aux sols *ferrugineux tropicaux peu lessivés* ; ce terme est utilisé en raison de la faible accumulation d'argile et de fer observée dans l'horizon B, alors que dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés de la zone sud au Tchad, ces horizons B ont des teneurs en argile nettement plus élevées que les horizons A superficiels sableux.

Au nord de l'isohyète 600 mm on passe progressivement aux sols bruns subarides. La différence est marquée seulement par la profondeur de plus en plus grande de l'horizon humifère brun pâle de surface et par la distinction de moins en moins nette d'un horizon B de couleur ocre à moyenne profondeur.

Profil relevé dans la région de Bokoro

0- 60 cm : horizon brun sableux, structure fondue à faible compacité et cohésion ;
60-220 cm : horizon beige, légèrement ocre, sableux, un peu plus argileux que l'horizon supérieur, structure fondue à tendance polyédrique.

Profil relevé dans la région de Dilbini plus au sud

0- 35 cm : horizon gris brun sableux, structure fondue à tendance polyédrique, cohésion faible ;
35- 60 cm : horizon brun clair légèrement rougeâtre ;
60-110 cm : horizon beige un peu rouge, sablo-argileux, structure polyédrique moyenne.

L'évolution vers le type steppique est légèrement marquée à Bokoro et vers le type ferrugineux, plus nette à Dilbini.

En réalité, il semble que la position topographique plus ou moins haute ou basse et la présence de dépôts ocre anciennement évolués modifie les caractéristiques des profils.

Dans les parties basses proches des zones inondées, des horizons d'hydromorphie tachetés de rouille s'observent en profondeur.

ANALYSE

	BOKORO Sol vierge				DILBINI Sol vierge		Sol sous culture		Sol remanié par le vent
Profondeur cm	0-20	40-60	120-140	200-220	0-20	40-50	0-20	40-50	0-20
Sable grossier %	57	57	56	53	62	57			
Sable fin %	33	33	29	33	27	32			
Limon %	4	2	2	2	4	4			
Argile %	4	7	10	11	6	13			
Matière organique totale %	1,27	0,61			0,5	0,19	0,3		0,2
C %	0,74	0,36			0,29	0,11			
N ‰	0,54	0,30			0,26	0,17	0,128		0,104
C/N	13,7	12			11,2	6,4			
pH	7,8	7,5	7	6,9	6,4	4,8	6,4	5,1	5,3
Bases éch. mé pour 100 g									
Ca	1,05	4,1	3,8	3,9	1,8	1,3	0,96		0,8
Mg	0,2	0,4	0,7	1,6	0,4	0,4	0,76		0,4
K	0,25	0,2	0,2	0,25	0,27	0,2	0,34		0,15
Na	0,2	0,35	0,1	0,1	0,02	0,02	0,01		0,01
S	1,7	5,1	4,8	5,8	2,4	1,9			
Phosphore : P ₂ O ₅ total ‰							0,16		0,15
assimilable ppm							26		

Propriétés générales des sols

Tous ces sols sont très sableux : 90 % de sable total ; le sable grossier domine et le sable fin ne représente que la moitié du sable grossier SG/SF # 2.

Le taux d'argile est faible et n'augmente que peu en profondeur, un peu plus fortement à Dilbini qu'à Bokoro. Le limon est presque inexistant.

Le taux de matière organique est faible à Bokoro et très faible à Dilbini, la culture et l'action du vent le diminuent encore ainsi que l'azote total qui peut descendre jusqu'à 0,1 ‰. Le pH neutre à légèrement alcalin à Bokoro, diminue peu en profondeur, il est légèrement acide en surface à Dilbini et devient nettement acide en profondeur.

Cette différence de pH semble être due à des phénomènes d'engorgement anciens ou actuels, les sols placés en position haute sont plus acides, les sols qui se trouvent dans des régions avoisinant des zones d'inondation sont plus alcalins.

Si la somme des bases, calcium et magnésium est peu variable (2 à 3 mé), de petites différences peuvent être décelées pour le sodium, qui varie de 0,02 à 0,2 - 0,3 mé. Les teneurs de 0,2 - 0,3 mé de Na⁺ que l'on observe en surface à Bokoro, se retrouvent à Dilbini vers 1 à 2 m de profondeur, où le pH est voisin de 7.

Des remontées anciennes ou actuelles de très faibles quantités de sels solubles peuvent marquer fortement les pH, d'autant plus que ces sols sableux sont très peu tamponnés (capacité d'échange T = 2 à 4 mé pour 100 g), or la notion de pH a moins de valeur dans des sols peu tamponnés que dans des sols plus

argileux mieux tamponnés. Le taux de phosphore est normal pour des sols de ce type, la carence nette commence au-dessous de 0,15 ‰ de P_2O_5 total.

Le potassium échangeable peut être considéré comme correct lorsqu'il n'est pas inférieur à 0,2 mé pour 100 g.

2° MISE EN VALEUR DE LA RÉGION SABLEUSE DE BOKORO-DILBINI

Culture traditionnelle

Le climat est sensiblement le même que celui de la zone arachidière du Sénégal. Le début des pluies importantes se situe en juillet (100 à 150 mm), le maximum en août (250 à 300 mm) ; il tombe environ 150 mm en septembre et l'arrêt des pluies se produit fin septembre, début octobre.

L'agriculture est liée à la répartition des pluies et doit s'orienter vers des cultures résistantes à la sécheresse (petit mil) ou des plantes à cycle court (arachide).

L'agriculture traditionnelle est peu développée, la population est peu dense (moins de 5 habitants au km^2) et constituée d'ethnies différentes, surtout éleveuses et semi-sédentaires.

C'est surtout le petit mil qui est cultivé avec un rendement de 600 à 800 kg par ha à raison d'un ha par famille ; il y a peu de sorgho rouge, et un peu de sorgho berbéré dans de petites cuvettes.

Le petit mil peut être cultivé plusieurs années, 4 à 8 ans, avec parfois une seule année d'arachide après 4 ans de mil ; la jachère est de 10 ans.

Essais d'amélioration de la culture de l'arachide

Les conditions du climat et du sol favorisent la culture de l'arachide qui peut devenir, avec des améliorations, une culture d'exportation rentable.

Les semis d'arachide peuvent être pratiqués début juillet et la récolte mi-octobre, comme au Sénégal, dont les sols présentent des caractéristiques très voisines ; mais ici, ils sont plus pauvres en sable fin, ce qui nuit à la rétention d'eau et ils sont peut-être un peu plus argileux, d'où un durcissement accru après les pluies, facteur défavorable.

Les caractéristiques chimiques sont très voisines de celles des sols à arachide de la région de Bambey : la teneur en matière organique et phosphore n'est pas en moyenne plus basse, il faut néanmoins éviter que cette matière organique soit trop fortement appauvrie par la culture et en particulier par l'érosion éolienne.

Le taux d'azote total ne doit pas descendre au-dessous de 0,2 ‰ et le taux de P_2O_5 total au-dessous de 0,15 ‰.

Les pratiques de cultures protectrices, d'engrais vert, la présence de *Faidherbia albida* qui ont été reconnues utiles au Sénégal pourraient être appliquées au Tchad.

Dans un premier temps, l'amélioration de la culture, confiée au B.D.P.A. ⁽¹⁾, a nécessité surtout des mesures d'ordre général aussi bien sur le plan humain que sur le plan technique. Elles ont porté sur des regroupements de villageois, un encadrement technique, la création de coopératives, pour l'achat de matériel de culture, l'achat de produits alimentaires (sucre), la construction de magasins, l'organisation de la vente des récoltes, etc.

(1) Agence de Fort-Lamy : renseignements oraux.

C'est tout un ensemble de conditions de développement qu'il a fallu mettre en œuvre pour engager cette région dans la voie du progrès économique et social.

Sur le plan technique, les mesures essentielles ont porté :

- sur l'amélioration des semences : variété rose du Cameroun et Bambey 28 206 ; les variétés les plus précoces sont les plus intéressantes.
- sur le traitement des semences ;
- le décorticage ;
- sur l'extension de la culture attelée.

Enfin, un problème important est celui du creusement des puits, la profondeur de la nappe variant de 30 à 70 m.

Actuellement la culture porte sur environ 10 000 ha au nord, où le rendement moyen est de 1 000 kg à l'ha, mais on observe des points de rendement de 2 000 kg dans la région de Dilbini.

La production du fumier de ferme est possible, mais on n'emploie pas d'engrais minéraux.

L'assolement est le suivant :

- mil après défrichement,
- 2 ans d'arachide,
- mil,
- 5 ans de jachère.

Actuellement 1 500 ha sont traités en culture attelée, le rendement en mil est de 1 200 à 1 500 kg ha.

La consommation locale d'arachide est très forte, l'exportation ne porte que sur 2 000 t.

Le programme d'extension actuel de la culture pourrait être nettement accru.

D — RÉGIONS NORD SITUÉES ENTRE LES 13^e ET 14^e PARALLÈLES

Caractéristiques générales

La zone sahélienne qui s'étend jusqu'au 14^e parallèle est une zone d'élevage par excellence.

Les grandes surfaces qui s'étendent au nord de la Batha ou dans la région du lac Tchad dans la province du Kanem, sont recouvertes de sols subarides sableux qui passent vers le nord à des sols subdésertiques.

Ils présentent un assez bon potentiel de fertilité comparable à celui des sols de la région de Bokoro.

Malgré le potentiel des sols subarides, la faible pluviométrie en limite l'utilisation à l'exploitation de la gomme ou du pâturage saisonnier ; sur la bordure méridionale les cultures de petit mil sont elles-mêmes aléatoires.

Climat

La pluviométrie n'est en moyenne que de 300 mm répartie fin juillet, août, septembre, caractérisée par des pluies torrentielles et de fortes variations annuelles.

Végétation

La végétation spontanée est composée essentiellement de graminées telles que *Brachiaria deflexa*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Schoenefeldia gracilis* convenant parfaitement au bétail.

L'ÉLEVAGE

Dès le début des pluies, de belles prairies se développent sur les sols sableux ; lorsqu'elles cessent les herbes jaunissent et se transforment en un maigre paillason dont le bétail doit se contenter pendant la saison sèche.

Les étendues à *Aristida mutabilis* restent dressées en saison sèche et gardent une partie de leur valeur alimentaire : ce sont les pâturages de sols sableux qui sont supérieurs à ceux des sols limoneux ou argileux.

Les propriétés filtrantes du sable permettent d'absorber intégralement l'eau des pluies, il y a peu de pertes par ruissellement ou évaporation. La masse de sable sert donc de réservoir pour l'eau qui peut profiter aux plantes longtemps après la fin de la saison des pluies. En saison sèche, on observe parfois au nord de la Batha un niveau relativement humide vers 75 cm de profondeur. Les légères remontées de sel de saison sèche, la présence des oligo-éléments donnent à l'herbe une bonne valeur alimentaire.

Néanmoins, à part des feuillages d'arbres qui restent verts, pendant sept à huit mois de l'année les étendues de paille sèche doivent servir d'aliment au bétail, séculairement adapté au cycle saisonnier d'un engraissement rapide en saison des pluies suivi d'un régime de disette en saison sèche.

Ce bétail sahélien (le meilleur de tout l'élevage tchadien) a acquis des capacités exceptionnelles d'engraissement et de résistance à l'amaigrissement ; dès l'abondance revenue, il efface en quelques semaines les méfaits de la carence alimentaire des mois secs ; il se contente d'un régime de paille en saison sèche à condition d'être abreuvé tous les jours.

Ranch de l'ouadi Rimé

C'est sur ce principe qu'a été installé, dans la préfecture de la Batha, à 80 km au nord d'Ati, un ranch de 74 500 ha où l'on a foré de nombreux puits. Son but est d'obtenir des animaux convenables à partir de bêtes de 2 ans et demi à 3 ans, en nombre inférieur à la charge maximum des pâturages.

Les puits, de 65 m au sud, peuvent dépasser 100 m au nord et leur débit varie de 2 à 6 litres secondes ; la ration d'eau est de 40 litres par jour et par bovin.

Huit forages sont répartis de telle façon que les animaux sont au plus à 6 km d'un point d'eau, deux heures de fonctionnement d'un point d'eau peut permettre d'alimenter 1 000 bovins.

Il faut en moyenne entre 6 et 7 ha de pâturages pour entretenir un bovin ; le ranch peut recevoir actuellement, d'après H. GILLET, environ 7 500 têtes de bétail.

Au moment de la commercialisation, les bêtes devant parcourir 500 km à pied jusqu'à Fort-Lamy, un ranch relais de 50 000 ha est prévu à proximité de Fort-Lamy pour mettre les animaux à l'embouche avant l'abattoir.

**E — RÉGIONS DÉSERTIQUES AVEC MOINS DE 200 MM DE PLUIE
SITUÉES ENTRE LES 18° ET 19° DEGRÉS DE LATITUDE NORD
PALMERAIES DE LARGEAU**

Caractéristiques générales

Entre Largeau et Aïn Galaka, la dépression dite de Borkou est exploitée en palmeraies, avec possibilité d'extension de cultures associées (blé, mil, cultures maraîchères, ignames).

Cette dépression qui s'étire d'ouest en est sur une centaine de kilomètres, est divisée en deux parties par des bancs rocheux et des barkhanes ; la saison sèche dure 10 mois ; Largeau a une pluviométrie moyenne de 27 mm par an, avec maximum en août (15 mm).

Les palmeraies sont celles de Largeau et de l'ouest.

1° LES SOLS ET LA NAPPE PHRÉATIQUE

La surface des terres se présente sous forme d'une croûte blanchâtre, légère, appelée localement « banco », de nature limono-argileuse en surface, et très argileuse en profondeur avec d'importants taux de limon. Le carbonate de chaux CO_3Ca est assez abondant, mais en quantité rarement supérieure à 15 %. Ce banco est recouvert parfois de sable superficiel ou de dunes se déplaçant avec le vent.

ANALYSE DU BANCO

Profondeur cm	0-20	40-60	120-140	160-180
pH	8,7	8,1	7,5	7
Granulométrie				
Sable grossier %	7	2	2	1
Sable fin %	22	3	1	1
Limon %	37	46	31	20
Argile %	30	45	60	70
CO_3Ca	1,5			
Matière organique				
Totale %	0,31	0,29		
C %	0,18	0,17		
N % ₀₀	0,29	0,20		
C/N	6,2	8,5		
P_2O_5 % ₀₀	0,2			
Bases échangeables mé pour 100 g				
Ca	Excédentaire	9,75	6,85	7,8
Mg	4,45	12	10	12,5
K	15	10,55	6,10	7,45
Na	14,8	4,35	3,1	3,35
Sels solubles cond. m/mhos	1	1		

Les sols sont généralement salés dans leur partie supérieure ; la salinité est moyenne, 10 à 30 mé pour 100 g et elle décroît avec la profondeur ; la teneur en sodium échangeable est assez élevée, la structure est mauvaise et la perméabilité est faible.

Les taux de matière organique, azote et phosphore sont faibles.

Calcium et magnésium présentent des teneurs élevées, le potassium est toujours très élevé.

La nappe phréatique située à 1 ou 2 m de profondeur, est très peu minéralisée ; elle fournit, ainsi que plusieurs sources, une eau d'irrigation excellente pour les cultures associées.

La découverte d'une nappe artésienne profonde, peu minéralisée également, a permis la réalisation d'un forage pour l'irrigation par gravité.

2° AGRONOMIE

Cultures des palmiers et cultures associées

Les plantations de palmier se font au mois d'août par rejet, sur des emplacements dégagés par les dunes au cours de l'année ; les espacements traditionnels sont de 3 ou 4 m, mais une distance de 7 m serait préférable ; les palmiers sont peu entretenus.

Cultures associées : dans les palmeraies jardins où la population est plus dense, les arbres sont mieux entretenus et l'irrigation appliquée aux cultures associées (blé, légumes, etc.) profite au palmier dont la croissance est plus rapide et la production multipliée par 2 ou par 3. Un pied fournit de 50 à 180 kg de dattes suivant les années. Une palmeraie légèrement ensablée est florissante, même non irriguée, car la couverture sableuse permet un exhaussement de la nappe phréatique dans le banco poreux.

Les cultures associées sous la palmeraie se font sur le sable recouvrant le banco, ou sur le banco qui a été mélangé artificiellement avec du sable sur une épaisseur de 40 cm.

Lorsque le banco forme croûte, on enlève la partie durcie et on mélange l'horizon humide riche en diatomite avec du sable et du fumier, ce qui donne une terre assez légère. Le fumier utilisé est du fumier de chèvre.

Les paysans utilisent également un produit appelé « tilli » : c'est une efflorescence de surface, très riche en sodium, mais qui contient aussi des quantités importantes de calcium, magnésium et potassium ; les anions sont surtout des carbonates et des sulfates.

L'importance du tilli comme engrais, est due à la présence d'importantes quantités de nitrates : il en existe différents types plus ou moins fertilisants.

Amélioration des cultures

Un problème très important est celui de l'entretien des quelques 300 000 palmiers-dattiers qui occupent une surface de 3 000 ha. Il faut en effet défricher le sous-bois, lutter contre l'envahissement de la végétation naturelle, entretenir les arbres, les tailler, leur donner un écartement suffisant en éliminant les rejets qui se développent d'une façon anarchique.

La profondeur de l'horizon de gley qui surmonte la nappe phréatique à 1 - 1,50 m de profondeur a une grande importance car il arrête le développement des racines ; il ne faut pas que l'irrigation fasse remonter cette nappe près de la surface.

Le développement des cultures de blé, de mil, des cultures maraîchères avec irrigation traditionnelle ou grâce aux forages, devrait permettre une sédentarisation plus importante de la population nomade et l'extension de la palmeraie.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

L'essai de synthèse qui s'achève présente un aperçu d'ensemble de la cuvette tchadienne et des zones de bordure sur les territoires des républiques du Tchad et du Cameroun ; il peut paraître trop détaillé pour les uns, trop concis pour les autres. En raison de l'immensité du pays étudié il comporte en fait de nombreuses lacunes.

En se limitant aux études pédologiques, il aurait été possible de regrouper et schématiser les différents types de sol ; ceci a d'ailleurs été fait partiellement dans la première partie à laquelle le lecteur pressé pourra éventuellement se reporter ainsi qu'aux conclusions et aux tableaux récapitulatifs de la fin.

L'obligation d'insister sur les facteurs d'utilisation conduit nécessairement à les présenter dans leur cadre régional où ils se trouvent soumis à certaines conditions de climat, d'altitude, d'inondation ; elle implique aussi l'étude détaillée des chaînes de sol avec toutes les variantes granulométriques dont dépend étroitement l'aptitude culturale. Vouloir trop généraliser dans ce domaine ôte aux études pédologiques leurs possibilités d'utilisation dans les problèmes pratiques de mise en valeur.

Cet exposé se réfère aux études très détaillées qui ont conduit à l'établissement de la carte au 1/200 000, il est destiné à en faciliter la lecture, mais ne saurait les remplacer.

La classification des sols utilisée dans ce rapport est donc celle de la carte au 1/200 000 et ne correspond donc pas toujours à la légende de la carte au 1/1 000 000 beaucoup moins détaillée, où de nombreux sols sont regroupés.

Les notations conventionnelles de la carte au 1/1 000 000 figurent cependant dans le tableau récapitulatif et permettent de situer approximativement les différents types de sol.

Faisant suite à l'exposé des données générales, la 3^e partie traite des grandes régions naturelles considérées l'une après l'autre, avec les principaux problèmes agronomiques qui s'y rattachent ; ces chapitres peuvent donc être lus indépendamment du reste.

Nous nous sommes efforcés de maintenir une certaine homogénéité de présentation à travers les différents chapitres ; les mêmes termes purement techniques, peu nombreux, sont utilisés et explicités tout au long du rapport ; il en est fait ici un bref rappel.

1° LES CLIMATS

Les climats sont de type intertropical et passent progressivement du type saharien très sec au nord, au type soudano-guinéen plus humide au sud (1 200 mm de pluie répartie sur 5 à 6 mois) avec les intermédiaires sahélo-soudanien et soudanosahélien ; la pluviométrie varie de 400 à 1 000 mm en fonction de la durée de la saison humide, toujours centrée sur le mois d'août et du nombre corrélatif de mois secs.

2° LES ROCHES MÈRES

Sur le pourtour de la cuvette, les roches mères sont :

- Les arènes graveleuses des piémonts des massifs cristallins (Ouaddaï, Guéra, monts Mandara, etc.)
- Les dépôts sablo-argileux du continental terminal.

Dans la cuvette elle-même :

- Les dépôts argileux lacustres : le soubassement de la cuvette est constitué par les grandes étendues d'argile lacustre ancienne (ou argile à nodules calcaires), représentant le fond d'un ancien lac Tchad qui pénétrait jusqu'à l'intérieur des massifs de bordure.

Des avancées plus récentes du lac ont déposé des argiles jusqu'à une limite matérialisée par un long cordon sableux, discontinu, dont les nombreux affleurements sont concentriques au lac.

Une ligne de dune presque continue existe au Nord-Cameroun entre Yagoua et Limani ; au Tchad cette dune affleure en certains points entre Bongor et l'est du lac Fitri.

- Les dépôts sableux : sur les sédiments argileux se sont déposés des alluvions sableuses, soit par épandage des sables tertiaires anciens au nord de la zone des Koro, soit par formation des bourrelets alluviaux riverains des réseaux hydrographiques anciens ou actuels.

Les systèmes hydrographiques anciens ont généralement constitué des buttes sableuses orientées ou même de vastes épandages sableux plus ou moins remaniés, surtout constitués d'éléments quartzeux grossiers.

Le réseau hydrographique actuel (Logone, Chari, Salamat) ainsi que les nombreux mayo qui descendent des montagnes, ont déposé des bourrelets alluviaux constitués d'éléments plus fins, parfois limoneux, et contenant par endroits des minéraux non altérés (micas, feldspaths).

Sur ces dépôts : sableux, limoneux, argileux, se sont formés des sols dont les propriétés varient principalement en fonction du climat, de la cote au-dessus du niveau d'inondation, de la durée de celle-ci et des propriétés des matériaux originels.

3° LES PRINCIPAUX TYPES DE SOL

Quelques noms techniques sont à retenir :

- Sols peu évolués
- Sols subarides
- Sols ferrugineux tropicaux
- Sols à alcalis ou halomorphes
- Vertisols
- Sols hydromorphes.

Il faut y ajouter les sols minéraux bruts, les sols sur cuirasses et les sols ferrallitiques, qui sont d'une importance moindre quant à leur utilisation.

RÉPARTITION SCHÉMATIQUE ET PROPRIÉTÉS PRINCIPALES DES SOLS

Sur les points les plus hauts : *Sols exondés*

- Sols minéraux bruts des massifs
- Sols sur arène (sols graveleux)
- Sols sur cuirasse ancienne (généralement sols sableux sur cuirasse)
- Sols faiblement ferrallitiques (sols rouges sablo-argileux des Koro).

A un niveau moins élevé, mais totalement exondé :

Dans les régions arides (moins de 600 mm de pluie)

- *Sols bruns arides* (sols très sableux)

Dans les régions intermédiaires sèches :

- *Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés* (sol très sableux)

Dans les régions relativement humides (plus de 800 mm de pluie) :

- *Sols ferrugineux tropicaux lessivés* (sols rouges ou beiges, sableux à sablo-argileux)

Sur les bourrelets exondés des cours d'eau :

- *Sols peu évolués* (sols sableux à limoneux à texture assez fine).

Ces sols peu évolués présentent parfois des tendances évolutives vers les sols ferrugineux ou vers les sols à alcalis.

Niveau intermédiaire en bordure des zones d'inondation

Les dépôts sablo-argileux ou limoneux, en bordure des zones d'inondation sont souvent enrichis en éléments alcalins (sodium) on les nomme : *sols à alcalis* (*solonetz*).

Ils sont souvent lessivés en surface (*solonetz solodisés*) et présentent un horizon sableux sur un horizon très compact ; souvent érodés et stériles, ils portent les noms vernaculaires de naga au Tchad et hardé au Cameroun.

Sols inondés proprement dits

Sols peu inondés

Sols inondés sableux

Sur le pourtour des zones d'inondation, certains épandages sableux peuvent être plus ou moins inondés, ce sont :

- *Les sols ferrugineux à pseudogley* (engorgement de nappe à faible profondeur) ; pseudogley signifie horizon tacheté de jaune et de rouille, provoqué par la réduction de l'oxydation du fer par une nappe à faible profondeur.
- *Les sols hydromorphes minéraux*, à pseudogley, sableux. Ces sols présentent des pseudogley qui sont des taches de réduction des oxydes plus ou moins développés, en fonction de la durée de l'inondation et de la profondeur des nappes.

Les sols hydromorphes sableux ou sablo-limoneux sont généralement recouverts d'une faible hauteur d'eau.

Sols inondés argileux

Parmi les sols peu inondés argileux, il faut signaler certains

- *Vertisols* : généralement formés sur argile lacustre ancienne ou récente ; ils sont riches en calcium et parfois légèrement salés dans les régions nord. Leur pH est neutre ou légèrement alcalin, ils sont pauvres en humus.

Sols fortement inondés

Dans les zones fortement inondées, il existe également des

- *Vertisols* : le plus souvent formés sur argile lacustre ancienne ; ils contiennent des nodules calcaires et présentent un fort microrelief et des fentes de retrait en saison sèche.

Ces sols sont également riches en calcium et généralement à pH neutre et pauvres en humus.

Dans les zones à inondation prolongée, ils peuvent être légèrement acides en surface et un peu plus humifères ; ils sont parfois recouverts de limon récent.

Sols hydromorphes à gley argileux

Ce qui distingue les sols hydromorphes à gley argileux des vertisols c'est qu'ils sont plus humifères et plus acides et qu'ils présentent des taches distinctes de pseudogley et gley.

Sols hydromorphes organiques

Ce sont des dépôts argileux qui, soumis à une inondation presque continue, sont très enrichis en matière organique ; on en trouve dans certaines mares semi-permanentes des grandes plaines d'inondation, ou dans les interdunes à proximité du lac Tchad, où des avancées du lac ont déposé des argiles à diatomées.

Ces dépôts argileux et organiques des interdunes sont parfois transformés en « *polders* » légèrement salés ; mais lorsque l'assèchement est plus prononcé, ils peuvent être recouverts d'une croûte saline de *natron*, ou présenter des accumulations *calcaires* à faible profondeur.

4° UTILISATION DES SOLS

L'utilisation des sols dépend : du climat, du régime d'inondation, ou de la profondeur des nappes phréatiques, des propriétés du sol lui-même (surtout propriétés physiques), enfin de la densité de population et des coutumes des groupes humains.

Les sols exondés

Ce sont les sols exondés qui d'une manière générale sont les plus utilisés actuellement :

Dans les régions relativement humides

(plus de 800 mm de pluie) ils portent des cultures nombreuses et variées :

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés, les sols jeunes sur arènes suffisamment profonds et les sols peu évolués sur alluvions actuelles

- coton, mil de saison des pluies, petit mil, arachide,
- cultures de cases (maïs, haricot, gombo, tomate, calebasse, tabac, etc.).

L'amélioration de ces sols peut être obtenue suivant les cas par des jachères protectrices et améliorantes, des soins culturaux, une fumure organique et minérale, le développement de la culture attelée, etc. C'est donc essentiellement un problème de techniques agricoles sans aménagement particulier du terrain.

Dans les régions plus sèches

(500 à 800 mm de pluie)

Les sols ferrugineux tropicaux sableux, ou les sols subarides

sont cultivés en arachide, mil de pluie ou petit mil suivant la pluviométrie.

Dans les régions plus sèches, les sols subarides servent de pâturage de saison des pluies.

Comme pour les sols précédents, l'amélioration est surtout un problème de technicité et d'encadrement, mais il existe dans certaines zones un problème de creusement de puits profonds.

Les sols peu évolués des bourrelets

portent des cultures variées suivant leur texture : coton, mil de pluie, arachide, sorgho de saison sèche, cultures maraîchères.

Les cultures de saison sèche peuvent être irriguées, par pompage dans le lit des mayo.

Les sols intermédiaires

Les sols sablo-argileux ou limoneux alcalisés, appelés naga ou hardé (solonetz, solonetz solodisés) sont le plus souvent érodés et incultes ; on les utilise parfois, surtout lorsqu'ils sont formés sur alluvions récentes et qu'ils ne sont pas trop évolués.

Les cultures principales sont :

- le sorgho de décrue qui nécessite l'établissement de diguettes pour la retenue l'eau.
- le coton et le mil sous pluie, moyennant des travaux de sous-solage et des façons superficielles,
- pour lutter contre l'érosion.

Les sols inondés

On distingue principalement :

- les Vertisols,
- les Sols Hydromorphes à pseudogley sablo-limoneux, (parfois à gley de surface).
- les Sols Hydromorphes à gley argileux,
- les Sols Hydromorphes organiques.

Dans les régions relativement humides

Les vertisols et les sols hydromorphes argileux sont relativement peu utilisés actuellement en raison de l'importance et de la durée de l'inondation qui gênerait les cultures du riz (trop grande hauteur d'eau), ainsi que les cultures de décrue (retard du retrait des eaux).

Vertisols

Parmi les vertisols, il faut distinguer les « vertisols vrais » à pH neutre, riches en calcium et peu inondés, pouvant convenir à la culture du coton et du sorgho et les vertisols fortement marqués par l'hydromorphie, à pH superficiel acide, à inondation prolongée et où la culture du riz serait possible avec les engrais minéraux (N-P) et grâce à l'aménagement de casiers.

Sols hydromorphes argileux

Les sols hydromorphes argileux ont une vocation essentiellement rizicole (ils sont impropres au coton), mais la régularisation du plan d'eau par digues et diguettes est indispensable.

Un exemple d'aménagement existe dans les casiers de Bongor au Tchad et de Yagoua au Cameroun.

Sols hydromorphes sablo-limoneux

Les sols hydromorphes sablo-limoneux qui se trouvent dans les zones à inondation moyenne à faible, sont actuellement les plus utilisés pour la riziculture, car le régime de l'eau y est relativement constant (avec cependant des aléas).

Leurs principaux défauts sont

- de faibles réserves organiques et minérales,
- un appauvrissement rapide,
- une décrue parfois trop précoce,
- à ces défauts s'ajoute l'absence totale d'aménagement.

Des projets existent actuellement pour aménager certaines zones (Laï, Déressia, Mandoul) mettant en jeu des systèmes de prise d'eau sur les fleuves, des digues ou diguettes suivant les cas, pour favoriser l'inondation et retenir l'eau à la décrue.

L'amélioration peut se faire également par la pratique du repiquage, le remplacement partiel de l'écobuage par des labours d'enfouissement et l'apport d'engrais minéraux.

La riziculture est actuellement l'une des activités agricoles qui mérite le plus d'expansion et d'amélioration.

*Dans les régions moins pluvieuses**Vertisols*

Les vertisols des zones de bas-fonds sont parfois inondés moins longtemps, car les apports des eaux de pluie sont plus faibles.

Dans ces cas, c'est surtout la culture de décrue (sorgho de saison sèche ou berbéré) qui a pris une très large extension en particulier au Nord-Cameroun.

Le retard de la crue en début de saison des pluies permet également de cultiver des céréales de soudure comme les mils rouges précoces qui mûrissent en août et peuvent être récoltés dans l'eau.

Néanmoins il faut que la saison des pluies commence suffisamment tôt pour que les semis puissent être effectués en mai.

La répartition des sorghos de saison sèche et des mils rouges dépend également de facteurs humains : alors que les Foulbé du Cameroun cultivent principalement le sorgho de saison sèche, les Massa, par exemple, cultivent de préférence les sorghos rouges hâtifs.

Dans les régions sèches, à la hauteur de Fort-Lamy, outre les cultures de décrue, les vertisols pourraient donner lieu à des cultures irriguées, comme le coton, avec protection contre l'inondation, irrigation de complément et drainage.

La remontée possible de sels solubles est un inconvénient dont il faut tenir compte.

Sols hydromorphes argileux

Ces sols sont également peu utilisés dans les parties basses fortement inondées : en bordure des zones d'inondation, des cultures de riz ou de sorgho de décrue sont possibles. Des surfaces importantes pourraient être récupérées pour des cultures variées : maïs, cultures maraîchères, etc., mais au moyen d'aménagements coûteux.

Sols hydromorphes organiques

Ces sols qui occupent le fond des ouadi en bordure du lac Tchad, sont chimiquement riches et portent jusqu'à trois cultures par an (blé et maïs) : les polders de Bol en sont un exemple. Ces sols sont irrigués à partir de la nappe. Le danger principal qui le menace est la salure, qui varie suivant les emplacements. Dans toutes les régions nord, proches du lac Tchad, les phénomènes de salure existent mais ne présentent pas d'obstacles insurmontables à la mise en valeur ; les eaux d'irrigation sont des eaux douces et c'est la possibilité de drainage qui constitue le facteur essentiel d'amélioration.

La plupart des échecs cultureux sont dus principalement à certaines propriétés physiques défavorables des sols argileux : compacité et imperméabilité.

5° CULTURES PRINCIPALES

Les problèmes agronomiques des principales cultures ont été traités dans les différents chapitres consacrés aux régions où ces cultures sont dominantes.

— **Le coton** qui se cultive de juin à novembre s'étend surtout dans la zone des sols ferrugineux tropicaux lessivés, ou sur les sols d'alluvions peu évolués, parfois sur vertisols bien drainés.

— **Le riz** est répandu sur les sols hydromorphes sablo-limoneux ou sablo-argileux en bordure des zones d'inondation, il peut s'étendre dans les sols argileux avec aménagement.

— **Le sorgho de décrue** ou « **herbéré** » ou « **muskuari** » est répandu sur tous les sols à forte réserve d'humidité et à décrue précoce (vertisols, sols argilo-sableux ou limoneux) ; il est semé en pépinière sur sol fumé, repiqué en octobre, récolté en mars. Il est diversement apprécié suivant les populations.

— **Le mil blanc de saison des pluies** ne supporte pas l'inondation, il est semé sur terre moyenne à forte, son cycle est de 200 jours, de mai-juin jusqu'à novembre-janvier.

— **Le petit mil ou mil chandelle** est réservé aux terres sableuses et peut s'étendre jusque dans des régions très sèches.

— **L'arachide** est cultivée un peu partout sur terre sableuse, elle tend à se répandre actuellement.

— **L'éleusine**, petite céréale de soudure qui pousse également en bordure des zones d'inondation, est semée en mai et récoltée en août-septembre.

— **Cultures secondaires précoces**, des cultures secondaires à cycle court, telles que concombres, courges, gombos, sont associées au mil, de mai à juillet.

— **Le manioc** est une culture à long cycle qui tend à se répandre dans la zone des sols ferrugineux tropicaux lessivés.

— **Le maïs** est surtout une culture de terres fumées autour des cases, mais il peut être cultivé en avant saison, de mai à juillet, dans des terres humifères suffisamment riches.

De nombreuses autres cultures sont effectuées dans les terres fumées autour des cases : calebasses, tomates, tabac, tarots.

Les doliques et les patates sont cultivées en décrue.

On fait de nombreuses cultures maraîchères en bordure des mayo, avec irrigation en saison sèche : oignons, aubergines, piments, etc.

Quelques cultures fruitières se remarquent dans les régions relativement humides ou a nappe proche de la surface (bananes, mangues, goyaves, agrumes).

L'élevage est essentiellement un élevage itinérant pratiqué surtout dans les régions sèches du nord, par des nomades et transhumants (Bororo, Foulbé, Arabes).

Dans les régions sud, il existe en certains points de petits élevages sédentaires et la culture attelée tend à se répandre, mais l'on trouve encore de nombreux troupeaux transhumants dont les passages à travers les cultures posent quelques problèmes.

L'élevage est juxtaposé, mais non intégré à l'agriculture ; traditionnellement mal exploité, le bétail joue d'abord un rôle social de prestige quasi religieux (Bororo) ; c'est surtout par son lait qu'il intervient dans l'alimentation de l'homme.

La pêche est une activité traditionnelle fructueuse en bordure des fleuves ; on ne peut ignorer ses incidences dans l'aménagement agricole de certaines zones.

6° ÉVOLUTION DE L'AGRICULTURE DANS LA CUVETTE TCHADIENNE

Le tableau d'ensemble des aptitudes culturales des sols, qui vient d'être dressé, a pour but de faire l'inventaire des « *potentialités* » agricoles de cette immense région tchadienne encore faiblement exploitée en de nombreux endroits ; leur liste est certainement incomplète.

Par contre, il serait utopique de penser que l'exploitation de ces potentialités peut se faire rapidement et partout à la fois ; dans la pratique le progrès agricole est très lent, et la mise en œuvre de nouvelles techniques se heurte à d'énormes difficultés.

ZONES DE CULTURES SÈCHES

L'attitude sage consiste à tenter d'abord d'améliorer les cultures et les techniques existantes, là où facteurs humains et conditions naturelles sont favorables, c'est-à-dire dans certaines régions de cultures sèches traditionnelles (zone des Koro, Mayo-Kabbi, région de Bokoro, plaines alluviales du Nord-Cameroun, etc.).

Dans ces régions, c'est essentiellement par l'enseignement et l'encadrement agricole, que l'on permettra aux populations d'élever leur niveau technique et de progresser.

Il faut accorder une attention particulière :

- au choix des emplacements favorables,
- aux soins apportés aux cultures, à la fumure et aux engrais,
- à l'amélioration génétique, l'emploi rationnel des insecticides,
- à l'établissement de jachères artificielles de régénération,
- au travail du sol,
- au développement de la culture attelée, surtout pour les labours et le sarclage, et pour certains transports ; cette énergie complémentaire, en attendant celle de la machine, permet de gagner du temps, de mieux respecter le calendrier agricole, de diversifier les cultures, d'étendre les cultures d'arrière saison et les cultures de décrue qui nécessitent beaucoup de main-d'œuvre.

Ce problème de l'énergie est capital : le simple travail à la houe à main ne permettra pas d'enfouir dans le sol des tiges ou racines de graminées pour remplacer les longues jachères naturelles. Les façons superficielles et les travaux de billonnage à la main prennent trop de temps pour permettre à l'agriculteur de traiter des surfaces importantes et de se libérer pour d'autres tâches.

Sans préconiser une mécanisation coûteuse, quelques tracteurs coopératifs pourraient réaliser certains travaux sur des surfaces regroupées, en laissant le soin à la culture attelée d'effectuer le travail complémentaire ; il y a entre eux, un équilibre rentable à trouver ; mais vouloir demander aux hommes d'accroître leurs efforts et leur fatigue au-delà d'une certaine limite est quasiment impossible dans ces régions au climat éprouvant.

ZONES INONDÉES

Si une mécanisation partielle peut faciliter la mise en valeur des zones de culture sèche, elle devient indispensable pour l'aménagement et la mise en culture des régions inondées.

La culture du riz est une possibilité réelle qu'il faut développer largement, ce peut être à la fois une culture vivrière locale, et une culture d'exportation ; actuellement seuls les sols sablo-limoneux de bordure, les moins riches, sont cultivés en riz.

La culture traditionnelle peut être améliorée et c'est par là qu'il faut commencer ; des aménagements simples de diguettes pourront parfois suffire et être exécutés à la main ; mais dans d'autres cas des digues plus importantes devront être élevées et même des canaux creusés, l'aide de l'animal ou de la machine deviennent indispensables.

Des projets existent actuellement pour améliorer l'utilisation des crues naturelles des fleuves : aménagement des seuils de Satégui et de Marou et endiguement des rizières de Déréssia, écrêtement des crues du Mandoul, etc.

Il est évident que si l'on fait un aménagement coûteux du terrain, les techniques à appliquer sur les terres aménagées ne doivent pas être les pratiques traditionnelles extensives mais des techniques nouvelles améliorées et l'encadrement technique rapproché est là aussi indispensable.

La mise au point de ces nouvelles techniques et leur adoption par l'agriculteur local, demandent souvent plusieurs années d'effort et d'expérience et il ne faut pas crier trop vite à l'échec si la culture qui suit immédiatement l'aménagement n'est pas une réussite totale. Il existe à présent dans d'autres régions africaines (au Mali ou ailleurs) des expériences vieilles de vingt ans et plus qui montrent que l'on peut réussir dans ce domaine avec de la persévérance.

L'extension progressive de la culture du riz, vers les sols argileux hydromorphes, nécessitera davantage l'emploi de la machine, ne serait-ce que pour le travail d'un sol très dur, indépendamment des aménagements à réaliser.

Actuellement ces travaux semblent hors de proportion avec la rentabilité immédiate à en attendre, d'autant plus que l'implantation de villages de culture est difficile, nous pensons cependant que la colonisation progressive de ces zones est possible à partir de régions favorables, où des casiers isolés peuvent être créés en s'appuyant sur les buttes sableuses existantes, sans qu'il soit nécessaire de corriger l'ensemble des voies d'eau et défluent.

Certains essais d'aménagement et de culture irriguée ont été faits au Tchad (le casier de Bongor par exemple) ; ils ont été lancés tardivement dans des zones faiblement peuplées de groupes humains, parfois très attachés à leurs traditions, ce qui explique la lenteur des progrès réalisés ; il n'existe cependant pas de conditions naturelles très défavorables pouvant justifier un échec total ou un abandon.

Dans les Sols hydromorphes argileux (argiles récentes) la réussite de la riziculture est certaine en améliorant les conditions d'irrigation par des canaux et des diguettes ; dans les Vertisols le problème est plus difficile à résoudre car dans la majorité des cas les rendements en riz sont faibles les premières années : nous l'avons dit plus haut. Dans le cadre d'un aménagement, on peut diversifier les cultures, par exemple coton, sorgho, dolique, peut-être riz pluvial ; en effectuant le planage et en aménageant un bon système de drainage, la culture du riz est possible dans les sols dont le pH n'est pas trop élevé (pH inférieur à 7), mais il faut améliorer la partie supérieure du sol par le labour, et apporter des engrais azotés acidifiants (sulfate d'ammoniaque) enfouis à 15 cm, ainsi que des engrais phosphatés ; l'action conjuguée des racines de riz et des irrigations peut améliorer progressivement le sol.

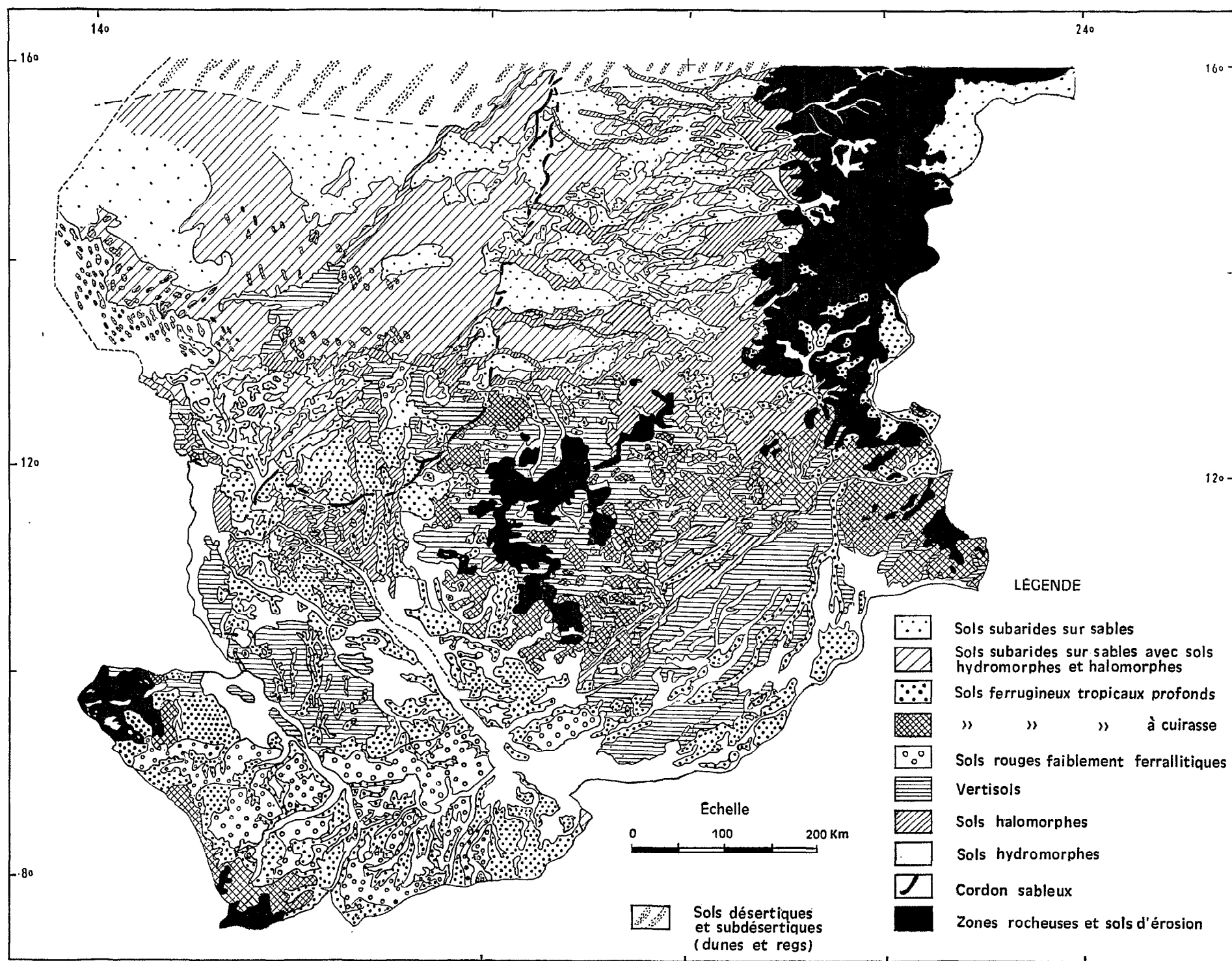
L'emploi de moyens mécaniques et l'apport d'engrais minéraux en culture rizicole africaine est toujours à la limite de la rentabilité, mais on peut accroître la surface cultivée par habitant.

A notre avis, l'intéressante expérience entreprise à Bongor doit être poursuivie et intensifiée, en étudiant de nouvelles techniques de mise en valeur.

Cela pose évidemment un problème d'aide financière, mais la récupération de terres vierges devient maintenant d'un intérêt capital ; pour faire démarrer les régions incultes il faut un investissement au départ, non seulement pour les ouvrages et la préparation du sol, mais aussi pour la « création de fertilité ».

Le sol n'est pas une source gratuite de richesse, mais le transformateur d'une triple énergie :

- physique : l'action mécanique et le travail du sol,
- chimique : l'emploi des engrais,
- biologique : les jachères artificielles de régénération, l'enfouissement de végétaux.



d'après la Carte au 1/1 000 000 dressée par J. Pias en 1964

FIG. 24

BIBLIOGRAPHIE

I. — Tchad

- AUDRY P. et VIZIER J.F., 1966. — Note sur quelques effets de la fumure sur les sols des parcelles d'essai de l'IRCT dans le Mayo Kebbi. ORSTOM, centre de Fort-Lamy, Tchad, multigr. 11 pages, 6 fiches analytiques.
- AUDRY P., 1964. — Carte de reconnaissance au 1/200 000 de la République du Tchad. Feuille Am-Timan, 95 pages, ORSTOM, centre de la Recherche Tchadienne, tableaux analytiques, cartes.
- BOCQUIER G. et GAVAUD M., 1964. — Etude pédologique du Niger oriental, rapport général, tome 1, ORSTOM, centre de Recherches Pédologiques de Hann-Dakar, 80 pages.
- BOCQUIER G., AUDRY P., BARBERY J., 1964. — Carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000 de la République du Tchad. Feuille Am-Dam, ORSTOM, centre de Recherches Tchadiennes, 88 pages, tableaux analytiques, cartes.
- BOCQUIER G., BARBERY J., 1965. — Carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000 de la République du Tchad. Feuille de Singako, ORSTOM, centre de Recherches Tchadiennes, 124 pages, tableaux analytiques, cartes.
- BOUTEYRE G., 1959. — Trois années d'études de l'évolution des sols sur argiles récentes et sur argiles à nodules calcaires du Logone, 83 pages, ORSTOM, centre de Fort-Lamy.
- BOUTEYRE G., 1961-1963. — Etude pédologique au 1/200 000 de la région du Logone et du Moyen Chari, entre Logone et Bahr-Sara. ORSTOM, centre de Recherches Tchadiennes, cartes au 1/200 000.
- BEZOT P., 1966. — Les Recherches Rizicoles au Tchad. *Agron. Trop.*, n° 1, janvier, pp. 70-92.
- CHEVERRY C., 1965. — Caractérisation pédologique des sols des polders de Bol (lac Tchad). Fort-Lamy, centre ORSTOM, 120 pages, multigr.
- CABOT J., 1965. — Le bassin du Moyen Logone. ORSTOM, 325 pages.
- Génie Rural, B.D.P.A. — Etude effectuée pour le compte du Ministère de l'Agriculture du Tchad 1965. 57 p. cartes-plans. Etude des possibilités d'aménagement au seuil de Satégui afin d'améliorer les conditions de la riziculture dans la zone de défluence compte tenu des conclusions des études du Génie rural de 1962.
- GILLET H., 1963. — Agriculture, Végétation et Sol du Centre et du Sud du Tchad. Feuilles de Miltou, Dagéla, Koumra, Moussafoyo. ORSTOM, centre de Fort-Lamy, *Journ. d'Agric. Tropicale et de Botanique appliquée*, n°s 1-4, janvier-avril, 107 pages.
- GILLET H., 1960. — Etudes des pâturages du ranch de l'Ouadi Rimé. ORSTOM, centre de Fort-Lamy, *Journ. d'Agric. Trop. et de Botanique appliquée*, 157 pages, n° 11.
- GILLET H., 1962. — Agriculture, Végétation et Sol du Centre Tchad. Feuilles de Mongo, Melfi, Bokoro, Guera, ORSTOM, centre de Fort-Lamy, *Journ. d'Agric. et de Botanique appliquée*, 51 pages, n°s 11-12, novembre-décembre.
- GUICHARD E. et BARBERY J., 1959. — Etude pédologique de la zone Eré Loka. ORSTOM, centre de Recherches Tchadiennes, 172 pages+67 tableaux analytiques, carte au 1/50 000.
- GUICHARD E. et POISOT P., 1961. — Etude pédologique de la zone Satégui-Deressia. ORSTOM, centre de Recherches Tchadiennes, 99 pages, carte au 1/50 000.
- GUICHARD E. et POISOT P., 1964. — Notice explicative cartes de reconnaissance au 1/200 000. Feuille de Melfi. ORSTOM, centre de Fort-Lamy, 85 pages, carte.
- GUILLAUME M., 1955. — Rapport de mission sur la mise en valeur du bassin du Logone moyen-inférieur et du Bas Chari. Tomes 1 et 2, 190 pages, multigr.

- MARIUS C., 1962. — Etude pédologique de la Feuille au 1/200 000 Fort-Archambault, ORSTOM, centre de Fort-Lamy, 61 pages, carte.
- MARIUS C. — Notice explicative, 1964. — Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille de Dagela. ORSTOM, centre de Fort-Lamy, 47 pages+ cartes.
- MARIUS C. et BARBERY J., 1964. — Notice explicative. Carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000. Feuille de Moussafoyo, ORSTOM, centre de Fort-Lamy, 49 pages+ cartes.
- MEGIE C., 1962. — Action de la fumure minérale sur certaines caractéristiques du cotonnier à Tikem. Coton et Fibres Trop. vol. XVII, fasc. 3 pages.
- MEGIE C., 1963. — Pluviométrie et dates de semis dans la région de Tikem Tchad. Coton et Fibres Trop. août 1963, vol. XVIII, fasc. 2 pages.
- Rapport annuel 1963-1964. Coton et Fibres Trop. 1965, vol. XX, fasc. 1.
- PIAS J., 1962. — Les sols du Moyen et Bas Logone, du Bas Chari. Des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr el Ghazal. ORSTOM, Commission Scientifique du Logone et du Tchad, 423 pages, cartes.
- PIAS J., 1964. — Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuilles de Fort-Lamy, Massénia. Notice explicative. ORSTOM, centre de Fort-Lamy, 99 pages+cartes.
- PIAS J., 1964. — Notice explicative. Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000, Abéché, Oum Hadjer, ORSTOM, centre de Fort-Lamy, 104 pages, cartes.
- PIAS J. et POISOT P., 1964. — Notice explicative. Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuilles de Bokoro, Guéra, Mongo, ORSTOM, centre de Fort-Lamy, 144 pages+cartes.
- TCHAD 1962. — La République du Tchad. Chambre de Commerce d'Agriculture et d'industrie du Tchad. Livre blanc, Société des Editions Paul BORY, Monaco, 193 pages.
- VIZIER J.F. — Etude Agropédologique d'emplacements cotonniers au Mayo Kebbi (République du Tchad), ORSTOM, CFDT, centre de Fort-Lamy, Tchad, 63 pages.
- VIZIER J.F., 1967. — Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000 de la République du Tchad. Feuilles de Fianga et Lai. Multigr. ORSTOM. 103 pages.

II. — Cameroun

- FRECHOU H., 1963. — L'élevage et le commerce du bétail dans le Nord du Cameroun, ORSTOM, IRCAM, 170 pages.
- HUMBEL F.X., 1965. — Etude des sols hardés de la région de Maroua (Nord-Cameroun). Leur transformation par sous-solage et culture du cotonnier. Centre ORSTOM Yaoundé, 63 pages, multigr.
- MARTIN D., 1961. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille de Mora. ORSTOM, Yaoundé, 113 pages, multigr. 3 cartes.
- SEGALEN P., 1962. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille Maroua, Yaoundé IRCAM, 1962, 67 pages 67 pages multigr. 3 cartes.
- SEGALEN P. et VALLERIE, 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille de Mokolo, Yaoundé, IRCAM, 72 pages multigr. 4 cartes.
- SIEFFERMAN et VALLERIE, 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun au 1/100 000. Feuille de Yagoua, Yaoundé, IRCAM, 79 pages multigr. 2 cartes.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	3
--------------------	---

Première Partie

LES CONDITIONS NATURELLES

A. Limite géographiques	7
B. Climatologie	7
a. Caractères généraux.	
b. Les grandes zones climatiques.	
c. Caractéristiques climatiques et utilisation des sols.	
C. Aperçu géologique	14
D. Hydrographie actuelle	16
a. Bassin du Lac Tchad	
b. Bassin du Lac Fitri	
E. Les nappes phréatiques de la Cuvette tchadienne	21
F. Salinité des nappes et des eaux d'irrigation	23
G. Peuplement	26

Deuxième Partie

LES SOLS DE LA CUVETTE TCHADIENNE ET LEUR UTILISATION

A. Introduction	29
Les facteurs d'évolution du sol ; méthodes d'études des sols et caractères morphologiques ; classification des sols et utilisation.	
B. Aperçu d'ensemble sur les sols de la cuvette tchadienne, leur nature et leur répartition	30
C. Les sols exondés	31
D. Les sols inondés	34
E. Sols intermédiaires entre les zones inondées et les zones exondées	38

Troisième Partie

LES GRANDES ZONES D'UTILISATION DE LA CUVETTE TCHADIENNE

A. Zones inondables pouvant faire l'objet d'aménagements hydro-agricoles	43
I. Les bordures du lac Tchad : bordure sud, la bordure est, les polders de Bol, le sillon du Bahr el Ghazal.	43
II. Le grand ensemble alluvial du Logone et du Chari, la région du Bas-Chari, les grandes zones d'inondation du moyen Logone, les zones d'inondation du Logone inférieur, les plaines inondables de la région sud dans la zone des Koro.	52
III. Les grandes plaines alluviales du S.E. tchadien, partie S.O. de la dépression du Salamat, région N.O. du Salamat (Am-Timan)	96
IV. Les plaines alluviales du centre et de l'est tchadien	110
B. Régions intermédiaires présentant une alternance de terres exondées et de dépressions	112
C. Régions où dominant les sols exondés	149
a. zone des Koro, problèmes de mise en valeur.	
b. ensemble sableux du Ba-Illi - Chari.	
c. ensemble sableux de la région de Bokoro.	
D. Régions Nord situées entre les 13 ^e et 14 ^e parallèles	167
E. Régions désertiques avec moins de 200 mm de pluie situées entre les 18 ^e et 19 ^e degrés de latitude nord - palmeraies de Largeau	169
Résumé et Conclusions	171
Bibliographie	183
Table des illustrations	187
Tableaux récapitulatifs. Classification des sols et utilisation	189

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIG. 1. — Cuvette tchadienne	8
FIG. 2. — Précipitations annuelles moyennes en mm	10
FIG. 3. — Répartition mensuelle des pluies et humidité relative dans différentes stations.....	12
FIG. 4. — Nombre de mois secs	13
FIG. 5. — Ensemble alluvial Logone-Chari-Tchad	17
FIG. 6. — Nappes phréatiques	22
FIG. 7. — Densité démographique	25
FIG. 8. — Principales régions naturelles du Sud	42
FIG. 9. — Dépôts alluviaux et sols au sud du Lac Tchad (d'après J. PIAS)	44
FIG. 10. — Coupe est-ouest d'un polder. Région de Bol (d'après CHEVERRY)	44
FIG. 11. — Coupe schématique de la région au nord de Fort-Lamy (d'après J. PIAS)	52
FIG. 12. — Schéma simplifié de la zone Eré - Loka (d'après GUICHARD).....	65
FIG. 13. — Coupe schématique entre Logone - Chari - zone de Laï (d'après GUICHARD)	74
FIG. 14. — Coupe de la plaine de Bongor	76
FIG. 15. — Coupe en travers de la plaine de Mandoul (d'après BOUTEYRE)	95
FIG. 16. — Coupe nord-sud de la plaine de Salamat de Singako (d'après BOCQUIER)	98
FIG. 17. — Répartition schématique des sols dans la région d'Am Timan - Salamat (d'après AUDRY)	105
FIG. 18. — Coupe simplifiée des glaciés du Guera	114
FIG. 19. — Répartition des sols au nord de Mongo, vers le lac Fitri	121
FIG. 20. — Coupe schématique du Piémont du Ouaddaï, région d'Am-Dam (d'après BOCQUIER) .	124
FIG. 21. — Coupe schématique des sols de la région d'Abéché - Biltine	130
FIG. 22. — Coupe schématique des plaines alluviales du Nord-Cameroun entre le massif du Mandara et le Logone	135
FIG. 23. — Zone des Koro. Culture du Coton	158
FIG. 24. — Carte pédologique au 1/5 000 000 de la République du Tchad (d'après la carte dressée par J. PIAS en 1964)	181

TABLEAUX RÉCAPITULATIFS

CLASSIFICATION DES SOLS ET UTILISATION

Type de sol Matériau original et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
POLDERS DE BOL						
Partie moyenne du polder. Sols très humifères sur argile grise à diatomées	Sols hydromorphes organiques à an-mor calcique X1	Très bonne à exceptionnelle	— Blé et maïs 2 à 3 cultures par an	— Nappe entre 0,30 m et 1 m. — Pompage pour l'irrigation en saison sèche	— Très riche chimiquement, azote, phosphore bases — Sols peu salés.	— Contrôle de la salinité — Irrigation avec eau douce si possible.
Partie basse du polder	Sol identique	Identique	— Maïs de février à mai	— Engorgement total pendant 4 mois	— Identique — Sol peu salé	— Contrôle du niveau de nappe
Partie est du polder et zone de collature	Sols hydromorphes et halomorphes IX1	Médiocre	— Mise en culture possible au début des pluies, juillet	— Structure non dégradée	— Sols chimiquement riches, mais très salés SO_4Na_2 — Cond. 10 m.mho	— Difficiles à récupérer — Inondations périodiques — Pompage des eaux salées
Sols recevant des eaux alcalines CO_3Na_2	Sols halomorphes salés et à alcalis carbonatés IX2	Très médiocre	— Blé de novembre à février	— Structure un peu dégradée — Couche carbonatée à 0,50 m	— Teneur en sodium élevée, nappe salée — Riches en CO_3NaH pH sup. à 9	— Très difficiles à récupérer — Irrigation avec l'eau du lac — apport de calcium soluble
BAHR EL GHASAL						
Sols des terrasses (limono-sableux à limono-argileux)	Sols à alcalis lessivés, solonetz solodisés (Naga) IX3 ou IX4	Médiocre	— Peu cultivés — Mil de saison de pluies (mil rouge) maïs	— Structure dégradée à faible profondeur	— Chimiquement pauvres en surface — Alcalins en profondeur	— Technique identique aux autres « Naga »
Sols d'argile noire des parties basses	— Vertisols moyennement humifères III2	Bonne	— Mil tardif repiqué dans certaines régions — Parfois irrigation avec blé	— Bonne structure en surface — Nappe à profondeur variable — Souvent profonde	— Chimiquement riches en surface — Parfois salés et alcalisés en profondeur	— Irrigation lorsque c'est possible
SOLS DE LA RÉGION DU BAS CHARI (Sud et nord de Fort Lamy)						
Sols sableux exondés	Sols bruns arides au-dessous de 600 mm de pluie VI Sols ferrugineux tropicaux au-dessus de 600 mm de pluie VIII1	Moyenne à médiocre	Mil chandelle et arachide			— Problèmes identiques aux sols de la région de Bokoro
Sols sablo-limoneux exondés sur bourrelets d'anciens défluents ou buttes	Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés VIII1 ou sols hydromorphes minéraux à pseudogley de profondeur V2	Assez bonne à bonne	— Sols très utilisés — Cultures variées de saison des pluies — Mil rouge, mil blanc, maïs, manioc, tabac, gombo, calebasse — Coton avec billons	— Structure fondue en surface — Peu perméable danger de stagnation d'eau	— Assez pauvre en matière organique — pH faiblement acide — Bien pourvu en bases - phosphore médiocre - — Légère alcalinité en profondeur	— Travail du sol avec billons — Amendements organiques — Engrais azotés et phosphatés
Sols sablo-limoneux à sablo-argileux de la base des bourrelets ou buttes (Naga)	Sols à alcalis lessivés solonetz solodisés IX3 taches de IX4	Médiocre	— Sols très peu utilisés — Végétation clairsemée	— Horizon superficiel peu épais, parfois érodé — Très compact à faible profondeur surfaces morcelées	— Pauvre en matière organique — Faiblement acide en surface — Alcalisé et légèrement salé en profondeur — Réserves minérales	— Sous solage — Protection anti-érosive — Culture en billons cloisonnés — Amendement organique — Sulfate de calcium — Engrais azotés et phosphatés — Cultures fourragères sorgho de pluie

Type de sol Matériau original et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
SOLS DE LA RÉGION DU BAS CHARI (Sud et Nord de Fort Lamy) suite						
Sols sableux inondés (sols beiges inondés)	Sols hydromorphes minéraux à pseudo- dogley d'ensemble X2 ou V2	Médiocre à moyen- ne	— Peu utilisés le long du Chari — Utilisés avec la décrue en bordure du lac — Haricot, maïs, mil rouge, mil blanc — Riz possible dans le sud	— Structure parti- culaire, fine en sur- face — Plus compacte en profondeur — Parfois concrè- tions ferrugineuses en surface et alios en profondeur — Inondation va- riable	— Matière organi- que moyenne — pH acide — Bien pourvus en bases — Parfois légè- rement salés et alcalins en profondeur — Réserves miné- rales	— Contrôle de l'inon- dation — Diguettes pour le riz lorsque l'inonda- tion ne dépasse pas 0,60 m. — Pratique du repi- quage — Billons pour les cultures sèches
Sols argilo-sableux bruns ou noirs à no- dules calcaires repo- sant sur sable à 1 m	Sols argileux à hy- dromorphie pro- fonde ou vertisols X6 et III2	Bonne	— Utilisés essen- tiellement en sor- gho de décrue « Berberé » — Possibilité de culture sèche (co- ton) avec aména- gement et irriga- tion — Riz déconseillé	— Alternance en- gorgement interne et dessication — Fentes de retrait — Forte compacité et imperméabilité — Inondation faible	— Pauvres en M.O. et P_2O_5 — Légèrement al- calins en surface, fortement alcalins en profondeur — Salinité moyen- ne en profondeur — Forte remontée de sels en saison sèche	— Protection contre l'inondation — Irrigation par pompage ou gravité — Evacuation des eaux superficielles — Canaux de draina- ge — Travail du sol - planage — Engrais azotés et phosphatés
Sols sur argile ré- cente des dépres- sions	Sols hydromorphes argileux X7 Gley de surface et de profondeur	Pouvant être bon- ne	— Non utilisés ac- tuellement — Possibilité de riz — Maïs, cultures maraîchères avec aménagement	— Inondation pro- longée, plusieurs mois de l'année — Structure bon- ne en surface — Compacité en profondeur	— Riche en matiè- re organique et phosphore — Riche en bases — pH fortement acide — ni salés ni alca- lins	— Protection contre l'inondation — Travail du sol — Culture en billons ou en planches — Canaux de draina- ge
SOLS DE LA ZONE ERE LOKA						
Sols beiges sableux exondés	Ferrugineux tropi- caux à pseudogley de profondeur VIII5	Bonne	Cultures de pluies, mil, arachide	Parfois pseudogley trop proche de la surface	— Pauvre en ma- tière organique et azote — Riche en phos- phore — pH neutre	Amendements orga- niques et engrais minéraux
Sols beiges sableux faiblement inondés	Sols hydromorphes minéraux à pseudo- dogley d'ensemble sableux X2. Gley de surface	Très médiocre	— Peu de cultures — Mil rouge pré- coce possible	— Remontée de nappe proche de la surface	Chimiquement pauvre	Difficiles à améliorer engrais ?
Sols beiges sableux inondés	Sols hydromorphes minéraux à pseudo- dogley d'ensemble sa- bleux X2	Bonne	— Cultures de riz Pratique de l'éco- buage	— Inondation assez constante	— Moyennement acide — Teneur conve- nable en azote et phosphore	Diguettes submersi- bles
Sols argilo-sableux sur argiles à nodules	Sols hydromorphes argileux X3 Gley de surface	Bonne à très bonne	Riz	— Lane d'eau trop profonde — Eloignement des villages	— Riche en matiè- re organique — Fortement acide — Riche en phos- phore	Création de casiers
Sols argileux à no- dules calcaires dues calcaires	Vertisols III1	Bonne en culture sèche Mauvaise en cultu- re inondée	— Sorgho de dé- crue — Cultures de pluies avec aména- gement	— Inondation pro- longée — Faible drainage	— Pauvre en ma- tière organique et phosphore — Riche en bases, pH neutre	— Création de casiers — Travail du sol — Engrais
Sols sur argiles ré- centes de dépression	Sols hydromorphes argileux X3 X7 Gley de surface et de profondeur	Bonne	— Riz — Cultures de dé- crues — Cultures de pluies (vivrières) avec aménagement	— Inondation pro- longée — Mauvais draina- ge — Très forte com- pacité en profon- deur	— Riche en matiè- re organique, azote et phosphore — fortement acide	— Création de ca- siers — Drainage

Type de sol Matériau originel et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
SOLS DE LA ZONE ERE LOKA (suite)						
Sols sur limons récents des bourrelets	Sols hydromorphes minéraux limoneux X3 IX3 Pseudogley	Bonne	Riz	— Inondation variable — Structure battante	— Riche en azote et phosphore — Fortement acide	— Diguettes submersibles — Repiquage
Sols sur limons sableux de dépression	Sols hydromorphes minéraux limono-sableux X3. Gley de surface et de profondeur	Bonne	Riz	— Inondation forte	— Riche en matière organique, azote et phosphore — Acide	— Diguettes submersibles et repiquage — Nécessité d'écobuage
Sols à alcalis ou « Naga »	Solonet solodisés IX4	Mauvaise	— Cultures de pluies ou cultures fourragères	— Très forte compacité à faible profondeur — Erosion	— Pauvre en matière organique — pH acide en surface — Alcalin en profondeur	— Labour profond — Diguettes — Graminées fourragères — Engrais minéraux
SOLS DE LA RÉGION DE LAI, CLASSIFICATION IDENTIQUE A LA ZONE DE CAPTURE SOLS DE LA DÉPRESSION DE BONGOR						
Bourrelet limoneux du Logone	Sol peu évolué, limoneux Hydromorphie profonde II3 X3	Moyenne	— Culture de caisses, maïs, mil rouge — Impropre au coton	Structure très battante	Moyenne	— Amendements organiques — Engrais minéraux
Couverture limoneuse des bas fonds sur argile à nodules	Sol hydromorphe limoneux X3. Gley de surface	Bonne	— Culture du riz — Impropre au coton	Forte inondation	Bonne	— Aménagement hydroagricole
Sol sur argiles récentes du Logone	Sol hydromorphe argileux X7 Gley de surface et de profondeur	Bonne à très bonne	— Culture du riz — Cultures de décrue — Cultures sèches avec aménagement, sorgho, maïs — Peu favorable au coton	— Inondation moyenne — Structure très compacte — Très imperméable	Sol riche en azote et phosphore, mais fortement acide	— Aménagement — Travail du sol — Drainage superficiel
Sol sur argiles à nodules calcaires anciennes	Vertisol III1	Bonne en culture sèche Mauvaise en culture inondée	— Cultures de décrue — Cultures diverses avec aménagement, sorgho, coton — Riz déconseillé	— Très grande compacité du sol — Forte inondation	Sol riche en bases Pauvre en azote et phosphore	— Aménagement, travail du sol — Drainage superficiel — Engrais azotés et phosphatés
SOLS DE LA DÉPRESSION DE YAGOUA						
Sols sur argiles récentes	Sols hydromorphes minéraux argileux propriétés voisines des vertisols X7	Très bonne	— Culture de décrue — Culture de riz — Possibilités diverses	— Assez bonne structure en surface — Compacte en profondeur — Inondation moyenne, se retirant précocement	— Sols riches en bases — Teneur en azote moyenne — pH moyennement à faiblement acide — Pauvre en phosphore	— Aménagement — Parfois nécessité de pompage — Travail du sol — Besoin variable en engrais
VALLÉES DU LOGONE ET DE LA PENDE CUVETTE DE DOBA						
Sols gris sableux de bas fonds (épandage du continental terminal)	Sols hydromorphes minéraux à pseudogley peu profond sableux X4	Médiocre	— Utilisation faible — Sols non inondés, maïs trop humides — Cultures en gros billons sorgho — Coton à déconseiller — Riz aléatoire	— Sols très sableux — Nappe remontant très près de la surface	— Pauvre en matière organique et bases — Moyennement acide	— Gros billons — Apports d'engrais minéraux et de matière organique

Type de sol Matériau originel et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
VALLÉES DU LOGONE ET DE LA PENDE CUVETTE DE DOBA						
Sols beiges sableux inondés Epanage sableux reposant sur argiles à nodules calcaires	Sols hydromorphes minéraux à pseudogley d'ensemble sableux X2	Médiocre mais convenant à la riziculture	Riz	— Sols très sableux mais imperméables — Inondation aléatoire — décrue précoce	— Chimiquement assez pauvre — Moyennement acide — Parfois début d'alcalisation profonde	— Diguettes submersibles — Cultures en repiquage — Engrais minéraux azotés et phosphatés
Sols à couverture limoneuse Sur argile à nodules calcaires	Sols hydromorphes minéraux limoneux X3 Gley de surface	Bonne pour le riz	Riz	— Inondation pouvant être trop importante	— Chimiquement assez riche — pH acide	— Dignes et diguettes — Culture en repiquage — Engrais minéraux variables
Sols sur argile noire à nodules calcaires	Vertisols III1		Peu utilisés dans la région			Voir les autres régions du Logone
VALLÉE DU MANDOUL						
Sols sableux peu inondés épanage du continental terminal	Sols hydromorphes minéraux à pseudogley peu profonds sableux X2	Médiocre	— Cultures diverses sorgho — Cultures de cases, maïs, bananiers, igname, patate — Peut-être canne à sucre — Coton déconseillé	— Sols très sableux — Nappe peu profonde — Possibilité d'arrosage	— Pauvre chimiquement et acide	— Drainage lorsque c'est possible — Gros billons — Matières organiques enfouies — Fumier — Engrais minéraux
Sols à couverture limoneuse reposant sur argile grise ou argile à nodules	Sols hydromorphes limoneux X3 Gley de surface	Assez bonne	Riz avec écobuage	— Inondation parfois trop importante	— Chimiquement bon — Humifère, mais acide	— Diguettes ou digues suivant la hauteur d'inondation — Cultures en repiquage
PLAINE ALLUVIALE DU SALAMAT PARTIE SUD-OUEST (SINGAKO)						
Alluvions argileuses anciennes avec parfois recouvrements plus récents - (paillettes de mica) - proches des bourrelets	Vertisols à structure large, moyennement marqués par l'hydromorphie, pas de nodules III2	Assez bonne	— Culture de décrue ou culture de riz avec aménagement	— Très mauvaise structure — Perméabilité nulle — Microrelief plat, décrue assez précoce — Faibles superficies	— Moyennement humifères — Faiblement acides — Phosphore faible — Assez riches en bases	— Aménagements possibles pour le riz — Culture de décrue
— Alluvions argileuses anciennes des zones basses du Salamat	— Vertisols à début de structure fine — Fortement marqués par l'hydromorphie — Pas de nodules ou nodules en profondeur III2 III1	Moyenne	— Faible utilisation actuelle — Culture inondée avec aménagement — Riz possible	— Microrelief accentué — Structure moyenne en surface — Compacte en profondeur — Inondation prolongée gênant la culture de décrue — Grandes superficies	— Sols assez riches en humus — Acides en surface alcalins en profondeur — Pauvres en phosphore — Assez riches en bases	— Protection contre l'excès d'inondation — Amélioration du microrelief — Riz possible
— Dépôts alluviaux issus du continental terminal — Bahr Aouk et Keita — Sable-argileux à argilo-sableux	— Sols hydromorphes à pseudogley et gley X2 — Bahr Kaita — Sols hydromorphes à gley d'ensemble — Bahr Aouk X3	Moyenne à médiocre Assez médiocre	— Utilisation actuelle à peu près nulle — Riz possible avec aménagement — Utilisation actuelle nulle — Pâturages de saison sèche	— Inondation temporaire de surface — Engorgement profond de longue durée, Structure moyenne — Inondation prolongée — Structure très compacte	— Moyennement humifères — Acides — Pauvres en bases — Pauvres en phosphore — Moyennement humifères — Acides, pauvres en bases et phosphore	— Protection contre l'inondation — Riz possible — Engrais azotés et phosphatés — Sols trop éloignés des régions habitées — Absence de bourrelets sableux

Type de sol Matériau originel et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
RÉGION NORD-EST DE LA PLAINE DU SALAMAT (Am-Timan)						
— Alluvions actuelles — Texture limoneuse à limono-argileuse (Bahr Azoum)	Sols peu évolués sur alluvions stratifiées II3 et IX3	Bonne à très bonne	— Cultures en fonction de la granulométrie — Arachide — Coton — Sorgho, maïs — Riz	— Structure bonne — Bonne pénétration des racines	— Moyennement humifères — Bien pourvus en bases et potassium — pH neutre — phosphore moyen	— Sols intéressants pour la culture — Densité de villages assez forte
— Alluvions argileuses de la base des glaciés ou dérivées	— Vertisols à début de structure fine III4 — Très peu marqués par l'hydromorphie — Nodules calcaires nombreux	Moyenne à bonne	— Utilisation faible — Possibilités de cultures variées — Sorgho de décrue — Cultures de pluies	— Fort microrelief — Bonne structure en surface mais compacte en profondeur — Inondation assez faible	— Très pauvres en humus — Très riches en bases, pH légèrement alcalins — Pauvres en phosphore	— Très faible population — Nécessité de planage Engrais azotés et phosphatés
— Alluvions argileuses anciennes ou récentes des dépressions inondées	— Vertisols à structure large moyennement marqués par l'hydromorphie — Pas de nodules III2	Moyenne à bonne	— Utilisation en sorgho de décrue — Aménagement possible pour le riz	— Microrelief faible, structure compacte — Inondation moyenne — Proximité de bourrelets — Alternance avec des sols à alcalis	— Teneur moyenne en humus — pH légèrement acide en surface, alcalin en profondeur — Assez riche en bases — Moyen en phosphore	— Population plus importante — Proximité de bourrelets — Culture de décrue — Aménagements possibles
PLAINES INONDABLES AU NORD DES « KORO » entre Chari et Ba-Illi (Niellim)						
Argile noire ancienne de dépression Alluvions limoneuses	Vertisols III2 III4 X3	Moyenne à médiocre	— Sorgho de décrue à la limite — Maïs ou coton de décrue avec aménagement et irrigation	— Inondation tardive — Faibles surfaces — Forte compacité — Microrelief faible	— Pauvres en matière organique et phosphore — Légèrement acides en surface — Non alcalisés	— Protection contre l'inondation — Irrigation de complément — Travail du sol — Engrais azotés et phosphatés
Epanchages sablo-argileux du continental terminal, exondés	Sols ferrugineux tropicaux à pseudogley de profondeur VIII3 VIII5	Médiocre	— Sorgho de pluie — Cotonnier lorsque le pseudogley est inférieur à 0,60 m	— Remontée de nappe parfois proche de la surface	— Sols chimiquement assez pauvres	Choix des cultures en fonction de la profondeur du « pseudogley » — Billons — Amendements organiques — Engrais minéraux
— Epanchages sablo-argileux et argilo-sableux — Plus ou moins inondés	— Sols hydromorphes minéraux à pseudogley et gley (gley de surface) X2	Médiocre	— Faible utilisation — Vocation rizicole mais aménagement difficile	— Submersion prolongée	— Sols chimiquement assez pauvres	— Secteurs aménageables peu nombreux — Sorgho et maïs de décrue dans certaines parties hautes aménagées — Engrais minéraux
FOSSÉ EST DE MASSENIA						
Sols noirs sur sédiments argileux récents	Vertisols III1	Moyenne	— Mil tardif repiqué	— Petites surfaces — Forte compacité en profondeur	— Pauvres en matière organique — Acides en surface — Nettement alcalisés en profondeur	— Travail du sol et fertilisants
Sols sablo-limoneux à limono-sableux de bourrelets série actuelle	— Sols à alcalis lessivés solonetz solodisés IX3 IX4	— Très médiocre à mauvais	— Très peu utilisés — Végétation très claire — Parfois mil rouge pluvial	— Très forte compacité dès la surface	— Pauvreté chimique en surface — Forte proportion de sodium dès la surface	— Labour — Protection anti-érosive — Cultures des graminées fourragères

Type de sol Matériau originel et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
FOSSÉ EST DE MASSENA (suite)						
Sols sableux exondés de la série récente	— Sols peu évolués, tendance au sol ferrugineux tropi- cal VIII1	Moyenne	— Très utilisés par les nomades et les sédentaires — Arachide, mil, pois de terre, Gombo, etc.	— Parfois nappe profonde — Utilisation meil- leure à proximité des Bahrs ou des mares. Assez bon- nes propriétés phy- siques	— Pauvres en ma- tière organique mais richesse chi- mique moyenne	— Amendements or- ganiques — Engrais minéraux — Arrosage si pos- sible
LE PIEDMONT DU GUERA (partie Nord-Mongo)						
Sols sur pédiments granitiques, sols peu épais sur granite.	Sols minéraux peu évolus Tendance ferrugi- neuse I7 I12	Mauvais	Sols incultes	Pente forte, ébou- lis, érosion, ravins		
Sols sur cuirasse	Sols ferrugineux tropicaux à cuirasse VIII4 I9	Très médiocre	Mil rouge, arachide	Très peu profonds, imperméables, sen- sibles à l'érosion		
Sols jeunes d'arène granitique	Sols peu évolués, tendance au ferru- gineux tropical I12	Moyenne	Sols très cultivés autour des villages, mil rouge, arachi- de, pois de terre	Graveleux, pente légère, bon draina- ge, eau en profon- deur	Richesse chimique moyenne, réserves minérales	— Fumure par les déchets des villages — Protection contre l'érosion
Sols sur série ancien- ne sableuse Cuirasse en profon- deur	Sols ferrugineux tropicaux peu les- sivés VIII4	Moyenne à médio- cre	Utilisation identi- que			Identique
Sols sur alluvions en bordure des cours d'eau — Limono-sableux à limono-argileux	Sols peu évolués des bourrelets sab- lo-limoneux Tendance au solon- etz solodisé I13 IX3 IX4	Assez bonne s'ils ne sont pas érodés	Cultures marai- chères, tomates, oignons, tabac, mil rouge, mil blanc, arachide (suivant texture)	Structure bonne en surface, parfois compacte en pro- fondeur, possibilité d'arrosage	— Richesse chimi- que moyenne — Neutres en sur- face, — parfois alcalins en profondeur — Réserves élevées	— Culture avec irri- gation d'appoint, pro- tection anti-érosive — Amendements et engrais divers or- ganiques
	Sols hydromorphes argilo-limoneux des dépressions Propriétés verti- siques X3	Bonne	— Sorgho de dé- cruce — Cultures diver- ses	— Structure moyenne — Nappe peu pro- fonde permettant l'arrosage	— Assez riches en humus et légère- ment acides — Richesse chimi- que bonne	— Diversification des cultures — Contrôle de l'eau — Travail du sol — Engrais minéraux
Sols sur alluvions récentes, très argi- leux pauvres en no- dules	Vertisols sur dé- pôts récents I112	Bonne	— Sorgho de dé- cruce	— Faible micro- relief	— Pauvres en hu- mus — Peu alcalisés — Légère acidité	Voisin du précédent
Sols sur argile an- cienne, centre des dépressions	Vertisols à structure large, pauvre en nodules I111	Bonne	— Sorgho de dé- cruce	— Grandes fentes de retrait — Fort microrelief — Décruce précoce	— Pauvres en hu- mus — Alcalisés en profondeur — Faible alcalinité en surface	— Amélioration du microrelief par la culture — Engrais minéraux — Travail du sol
Bordure des dépres- sions	Vertisols à structure fine riche en no- dules I111	Bonne	— Sorgho de dé- cruce	— Très fort micro- relief — Décruce précoce	— Pauvres en hu- mus — Alcalisation à faible profondeur et en surface	— Engrais minéraux — Jachère après plu- sieurs années de cul- ture — Protection anti- érosive
Sols de la base des glacis, argilo-sableux exondés	Solonetz solodisés IX4	Très mauvaise	— Très rarement utilisé — Sorgho de dé- cruce	— Forte érosion — Très compact en surface — Imperméable	— Pauvres en hu- mus — Fortement alca- lisés	— Peu de possibilités d'amélioration — Protection anti- érosive — Cultures de gra- minées fourragères

Type de sol Matériau originel et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
SOLS DE LA RÉGION DU LAC FITRI						
Sols argileux inondés	Sols hydromorphes à gley argileux X7 Gley de surface et de profondeur	Moyenne à bonne	Très faible Riz possible	— Sols compacts en profondeur — Inondation tar- dive	— Moyennement humifères et acides en surface — Neutres en pro- fondeur	Petits aménagements avec diguettes dans certains cas
PIEDMONT DU OUADDAI (Région d'Am-dam)						
Complexe alluvial ré- cent et actuel — Dépôts variables	Sols peu évolués à début d'hydromor- phie III3 X3	Médiocre	— Parfois cultures de décrue — Cultures marai- chères	Alternance de lits différents sableux et argileux Inondation tem- poraire	Pauvres chimique- ment	Apports de fumure organique et miné- rale
Sols des bourrelets sableux	— Peu évolué — Tendance ferru- gineuse Tropical avec hy- dromorphie de profondeur VIII1	Moyenne	— Mil pénicillaire et arachide — Cultures marai- chères avec irriga- tion	— Structure assez instable — Lits différents	— Pauvres en ma- tière organique — Peu acide	— Apports de fumure organique et minérale — Irrigation (pom- page dans le lit des Bahr.
Sols argileux de dé- pression (argile ré- cente)	Sol hydromorphe minéral à pseudo- gley voisin des ver- tisol X3 III2	Moyenne	Peu utilisés (mil de décrue) Riz possible	— Structure très compacte — Faibles surfaces	— Pauvre en ma- tière organique, lé- gèrement acide — Bien pourvus en bases	Petits aménagements
Sols argileux de dé- pression sur argile ancienne	Vertisols Sols à structure fine de la base du glacis III1	Moyenne à médio- cre	— Peu utilisés — Mil de décrue possible — Coton	— Faible inonda- tion — Forte compacité en profondeur — Nombreux no- dules — Fort microrelief « Gilgai » — Fentes de retrait	— Peu de matière organique — Début d'alcali- sation en profon- deur, passage aux sols à alcalis	— Amélioration du régime hydrique. — Mêmes façons que les autres vertisols
Sols argileux des dé- pressions sur argile ancienne	Vertisols Sols à structure large des bas-fonds III2	Moyenne à assez bonne	— Très utilisés en sorgho de décrue	— Structure très compacte en sur- face — Début d'hydro- morphie — Forte inonda- tion	— Peu de matière organique — pH légèrement acide en surface — Non alcalisé	— Aménagement — Travail du sol — Irrigation d'ap- point — Engrais minéraux
Sols sablo-argileux de glacis de dénuda- tion	Sols de glacis à horizon, lessivé, marqué ; solonetz solodisés IX4	Très médiocre	Peu ou pas utilisés	— Sableux en sur- face, parfois gra- veleux — Très compact et imperméable à fai- ble profondeur	— Pauvre en ma- tière organique — Acide en surface — Alcalin et car- bonaté en profon- deur	— Protection anti- érosive — Protection de l'herbe — Passage de trou- peaux réglementé
	Sol de la base de glacis, pas d'hor- izon « lessivé » so- lonetz IX3	Mauvais	Non utilisés	— Argilo-sableux — Très compact à faible profondeur — Erodé	— Pauvre en ma- tière organique — Alcalisé dès la surface	Protection anti-éro- sive
Sols sableux rema- niés par le vent Goz	Sols ferrugineux tropicux, peu les- sivés, et sols bruns subarides VI VIII1	Moyenne	— Très utilisés, arachide, mil pré- cocc, cultures de cases	— Sols sableux meubles et pro- fonds — Sensibles à l'éro- sion éolienne et hydrique	— Chimiquement assez pauvres — Faiblement acide	— Protection contre l'érosion — Amendements or- ganiques, Faidherbia- albida — Engrais minéraux — Jachères de régé- nération
Sols sableux de pied- mont « Goz Rouge »	Sols ferrugineux lessivés à taches, profonds et sols bruns rouges sub- arides V3 VIII3	Moyenne à médio- cre	Peu utilisés, possi- bilité de mil	— Sols sableux — Pente assez forte — Erosion — Manque d'eau	— Chimiquement assez pauvres — Faiblement éro- dé en surface — Acide en pro- fondeur	— Protection contre l'érosion Faidherbia - albida — Amendements et engrais divers

Type de sol Matériau originel et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
PIEDMONT DU OUADDAI (Région d'Am-dam) (suite)						
Sols sableux sur cuirasse de piedmont « Hamout »	— Sols ferrugineux, lessivés, peu profonds sur cuirasse VIII4	Très médiocre	— Très peu utilisés — Parfois mil de décrue — Pâturages	— Texture parfois un peu argileuse — Engorgement	— Chimiquement assez pauvre — Faiblement acide	— Protection contre l'érosion — Protection de l'herbe — Passage d'animaux — Sorgho de décrue
RÉGION ABECHÉ Les sols Halomorphes et les regs caillouteux ne sont pas utilisés						
Sols d'argile noire de dépression	Vertisols (voisins de ceux d'Am-dam) III1			— Structure polyédrique en surface — Compacte en profondeur	— Pauvres en matière organique — Neutres dès la surface	Voisins des sols d'Am-dam
Alluvions fluviales récentes et actuelles	— Sols peu évolués, sablo-limoneux — Parfois alcalisés en profondeur III IX3	Moyenne	— Cultures variées — Coton dans le sud — Mil pluvial — Mil tardif — Cultures maraichères — Incultes au-delà de Biltine	— Structure assez fondue — Parfois inondés	— Pauvres en matière organique — Faiblement acides — Réserves minérales élevées	— Amendements organiques — Engrais minéraux — Irrigation d'appoint — Eau à faible profondeur dans le lit des cours d'eau
Sols des séries sableuses anciennes remaniées et récentes	— Sols bruns arides sableux — et bruns rouges VI V3	Moyenne	— Pluie supérieure à 500 mm : arachide, mil, petit mil — supérieure à 400 mm : petit mil et mil pluvial — 300 mm : petit mil seul	— Sols très sableux profonds	— Chimiquement pauvres — pH neutre	— Amélioration des sols sableux — Pâturages de saison des pluies dans les zones nord
PLAINES ALLUVIALES DU NORD CAMEROUN						
Sol du cordon du-naire très sableux	Carte au 1/1 000 000 du Cameroun Tendance au sol ferrugineux tropical non lessivé	Assez bonne	— Mil de pluie, arachide — Coton dans les parties basses	Sols sableux profonds	— Chimiquement moyens pour des sols sableux — pH neutre — Déficience en potassium — Réserves minérales bonnes	— Amélioration des sols sableux — Jachère de régénération, Faidherbia-albida — Engrais
Sols évolués Sols sur buttes de sable rouge	Sols ferrugineux tropicaux légèrement lessivés VIII3	Moyenne	Mil et arachide	Assez riches en sable fin	— Matière organique faible — Neutre en surface	— Fertilisation autour des villages — Cultures de cases — Amélioration par Faidherbia-albida
Sols gris sableux sur alluvions	Sols à début d'évolution Halomorphe IX2	Médiocre	Cultures de pluie avec labour profond	— Sableux en surface — Argilo-sableux très compacts à faible profondeur	— Peu de matière organique — pH neutre en surface et profondeur — Alcalisation faible en profondeur	— Labours profonds — Protection anti-érosive — Drainage et billons
Sol « Hardé » sur alluvions	Sols à alcalis lessivés sur alluvions récentes IX2	Très médiocre	— Cultures de pluies difficiles (mil, coton) — Cultures de décrues	— Sableux en surface, parfois érodé — Très compact à faible profondeur	— Peu de matière organique — pH légèrement acide en surface — Alcalin en profondeur, alcalisation nette — Bonnes réserves minérales	— A proximité des Mayo diguettes pour le mil de saison sèche — Sous-solages et billonnage pour mil et coton de saison des pluies — Engrais minéraux, amendements organiques, jachères graminéennes, sulfatage
Sol « Hardé » sur affleurement de gneiss	Sols à alcalis lessivés sur gneiss IX1	Mauvais	— Peu ou pas de culture — Végétation rare (pâturages)	— Sablo-argileux à sable fin souvent érodés — Très compacts à faible profondeur	— Matière organique moyenne — pH neutre en surface — Très alcalins à faible profondeur riches en sodium	— Peu ou pas utilisés — Protection anti-érosive — Cultures fourragères

Type de sol Matériau originel et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Cameroun	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
PLAINES ALLUVIALES DU NORD CAMEROUN (suite)						
« Karal »	Vertisol sur gneiss III2	Moyen à bon	Mil de saison sèche muskouri très répandu	— Très argileux mal drainés compacts — Engorgés de juillet à octobre	— Matière organique faible — Pauvres en phosphore — Neutres en surface — Peu alcalisés	— Jachères de régénération plus fréquentes — Travail du sol — Engrais azotés acidifiants (sulfate d'ammoniaque)
Sols noirs argilo-sableux sur alluvions lacustres anciennes	Vertisols sur alluvions anciennes III1 parfois marquées par l'hydromorphie	Moyen	Mil de saison sèche en bordure de la zone d'inondation	— Très argileux et compacts — Parfois fortement inondés (1 m)	— Matière organique faible — pH neutre en surface — Légèrement alcalisés en profondeur	— Améliorations si possible du régime hydrique — Travail du sol — Engrais azotés
Alluvions inondées des Mayo	Sols hydromorphes sableux fins ou argilo-sableux X3	Bonne	— Cultures d'arrière saison avec irrigation, patates en billons, cultures maraîchères, bananeraies — Pâturages de saison sèche	— Sols à bonne structure — riches en limon	— Riches en humus — Acides en surface — Réserves en bases élevées	— Diversification des cultures — Soins culturaux — Irrigation
Sols argileux inondés des Yaéré	Sols hydromorphes argileux et sols halomorphes X5 parfois sols salins	Médiocre	— Peu cultivés — Pâturages de saison sèche — Réserve de faune — Mil de décrue en bordure	— Très argileux — Très compacts — Mal drainés — Inondation forte et prolongée	— Moyennement à fortement humifères — Acides en surface — Alcalisés en profondeur — Réserves élevées — Parfois salés	— Amélioration difficile du régime hydrique — Travail du sol — Riz possible — Maïs ou culture maraîchères avec aménagements, dans les sols humifères
Sols sur pédiments à la base des Massifs	Sols peu évolués sur arène Parfois ferrugineux II5	Assez bonne	Mil de saison des pluies	— Sols très graveleux, parfois peu profonds — Manque d'eau — Sensibilité à l'érosion	— Pauvres en matière organique — Faiblement acides — Bonnes réserves minérales	— Protection anti-érosive — Jachères de régénération
Sols alluviaux Alluvions grossières	Sols peu évolués sur alluvions sableuses grossières II4	Médiocre	Mil de saison des pluies	Riches en sables grossiers Lits alternés	— Pauvres en matière organique — Neutres — Bonnes réserves minérales	Reboisement souhaitable
Sols d'alluvions sableuses fines	Sols peu évolués sur alluvions sableuses fines II4	Bonne	— Coton et mil de saison des pluies — Arachide	Sols bien pourvus en sable fin, profonds, rétention faible	— Matière organique faible — pH neutre — Bonnes réserves minérales	— Amendements organiques — Jachères de régénération — Engrais minéraux
Sols sablo-argileux et argilo-sableux en bordure des Mayo	Sols peu évolués sur alluvions sablo-argileuses ou argilo-sableuses II4	Très bonne	— Mil de saison des pluies, mil de saison sèche, coton, arachide — Cultures maraîchères avec irrigation — Doliques	— Sols profonds riches en sable fin et limon, meubles — Nappe peu profonde	Chimiquement riches Matière organique, bases, phosphore, réserves minérales	— Diversification des cultures — Soins culturaux — Irrigation de saison sèche
Sols sur alluvions sableuses anciennes	Sols peu évolués sur alluvions sableuses fines			Voir plus haut		

Type de sol Matériau original et texture	Type génétique Légende de la carte au 1/1 000 000 du Tchad	Qualité des sols	Utilisation actuelle — Cultures possibles — ou à éviter	Propriétés physiques Facteurs limitants physiques et divers	Richesse chimique Facteurs limitants chimiques	Améliorations possibles Aménagements Fertilisants
SOLS DE LA RÉGION DES « KORO »						
Dépôts sablo-argileux du continental terminal <i>Sols rouges profonds, terres de Barre</i>	Sols faiblement ferrallitiques VIII6	Moyenne à bonne	— Très rarement utilisés, sauf en bordure des Koro — Coton, manioc, mil, arachide	— Sols profonds et à bonne structure — Manque d'eau	— Chimiquement assez pauvres — Peu acides en surface — Acides en profondeur	— Installation de campements temporaires en période de pluie — Protection anti-érosive — Fumiers, jachères à graminées — Engrais minéraux, azote, soufre, phosphore
Sols rouges à cuirasse	Sols ferrugineux sur cuirasse VIII4	Médiocre à mauvaise	— Cultures sèches diverses — Dégénération rapide	— Peu profonds — Sensibles à l'érosion		— Reboisement — Protection anti-érosive
Sols sur dépôts remaniés de la base des Koro <i>Sols ocres sableux à accumulation progressive d'argile</i>	Sol ferrugineux tropicaux lessivés à taches VIII3 VIII6 VIII2	Moyenne à bonne suivant les cas	— Fortement utilisés, coton, sorgho de pluie, arachide, manioc	— Sols moyennement profonds — Sensibles à l'érosion	— Pauvres en azote, soufre, phosphore, bases — Faiblement acides	— Enrichissement de l'horizon superficiel par matière organique et engrais complet, azote, phosphore, soufre — Jachères à graminées, fumier — Protection anti-érosive — Soins culturaux culture attelée, traitements insecticides
<i>Sols beiges sableux sur dépôts remaniés du continental terminal</i>	Sols ferrugineux VIII3, tropicaux lessivés à horizon sableux profond (à raies) et concrétions	Bonne	— Très utilisés, coton, sorgho de pluie, arachide, manioc — Cultures diverses	— Sols assez profonds, bonne pénétration des racines — sensibilité à la sécheresse	— Pauvres en azote, phosphore, soufre, bases — Faiblement acides	Identique au précédent
<i>Sols gris-beige sableux ; peu argileux sur dépôts remaniés du continental terminal</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudogley VIII5	Moyenne parfois médiocre	— Utilisés pour le sorgho et cultures diverses — Coton à déconceller — Cultures de cases	— Sols à horizon argileux et humide, peu profonds — Pénétration difficile des racines de cotonnier	— Matière organique moyenne — Légèrement acide — Teneur en bases assez bonne	— Choix des cultures résistantes à l'humidité — Assainissement si possible — Cultures en billons — Irrigation d'arrière-saison
SOLS DE LA RÉGION DU BA-ILLI						
Sols beiges sableux exondés sur série alluviale récente ou ancienne reposant parfois sur argile à nodules	Sols ferrugineux tropicaux lessivés, parfois à pseudogley VIII3 VIII5	Moyenne à bonne	— Coton, sorgho, arachide, manioc — Cultures de cases	— Généralement sableux, mais horizon argileux compact, plus ou moins profond suivant la position topographique	— Matière organique moyenne — Sols neutres bien pourvus en bases — Phosphore moyen	— Maintien d'une bonne structure par jachère et fumier — Éviter la semelle de labour — Engrais minéraux
SOLS DE LA RÉGION DE BOKORO-DILBINI						
Sols beiges sableux des zones sahéliennes Sols « Diors »	Sols ferrugineux non lessivés ou sols bruns arides p < 600 mm VIII1 V1 e > 600 mm VIII1	Moyenne	Très utilisés, arachide et petit mil	— Sols profonds — Propriétés variables suivant richesse en éléments fins — Sensibles à l'érosion éolienne et hydrique	— Pauvre en matière organique et éléments minéraux	— Jachère améliorante, <i>Faidherbia albida</i> — Culture attelée — Fumure organique et minérale — Semis précoces — Traitement des semences — Protection anti-érosive

7. ADJANOHOOUN (E.). — 1964 — <i>Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire centrale.</i> 250 p.	90 F
8. CABOT (J.). — 1965 — <i>Le bassin du Moyen Logone.</i> 327 p.	100 F
9. MOURARET (M.). — 1965 — <i>Contribution à l'étude de l'activité des enzymes du sol: L'asparaginase.</i> 112 p.	50 F
10. AUBRAT (J.). — 1966 — <i>Ondes T dans la mer des Antilles.</i> 192 p.	60 F
11. GUILCHER (A.), BERTHOIS (L.), LE CALVEZ (Y.), BATTISTINI (R.), CROSNIER (A.). — 1965 — <i>Les récifs coralliens et le lagon de l'île Mayotte (Archipel des Comores, Océan Indien).</i> 211 p.	100 F
12. VEYRET (Y.). — 1965 — <i>Embryogénie comparée et blastogénie chez les Orchidaceae-Monandreae.</i> 106 p.	60 F
13. DELVIGNE (J.). — 1965 — <i>Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique.</i> 178 p. (1)	55 F
14. DOUCET (J.). — 1965 — <i>Contribution à l'étude anatomique, histologique et histochimique des Pentastomes (Pentastomida).</i> 150 p.	60 F
15. STAUCH (A.). — 1966 — <i>Le bassin camerounais de la Bénoué et sa pêche.</i> VIII-152 p.	56 F
16. QUANTIN (P.). — 1965 — <i>Les sols de la République Centrafricaine.</i> 114 p.	30 F
17. LE BERRE (R.). — 1966 — <i>Contribution à l'étude biologique et écologique de Simulium damnosum Théobald, 1903 (diptera, simuliidae).</i> 206 p.	50 F
18. DEBRAY (M. M.). — 1966 — <i>Contribution à l'étude du genre Epinetrum (Ménispermacees) de Côte d'Ivoire.</i> 76 p.	25 F
19. MARTIN (O.). — 1966 — <i>Études pédologiques dans le Centre Cameroun, Nanga-Eboko à Bertoua.</i> XLVI-92 p. + carte pédologique 1/50 000, 1/20 000 et 1/5 000, 11 coupures (couleur) + 2 cartes 1/400 000 + carte pédologique 1/200 000 (couleur) (2).	60 F
20. GUILLAUMET (J. L.). — 1967 — <i>Recherches sur la végétation et la flore de la région du Bas-Cavally, Côte d'Ivoire.</i> 266 p.	80 F
21. ROBINEAU (C.). — 1967 — <i>Société et économie d'Anjouan (Océan Indien).</i> 274 p.	80 F
22. HALLÉ (F.). — 1967 — <i>Étude biologique et morphologique de la tribu des Gardéniales (Rubiacees).</i> 160 p.	60 F
23. COUTY (Ph.), DURAN (P.). — 1968 — <i>Le commerce du poisson au Tchad.</i> 252 p.	70 F
24. HERVIEU (J.). — 1968 — <i>Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical.</i> 466 p.	110 F
25. ROSSIGNOL (M.). — 1968 — <i>Le thon à nageoires jaunes de l'Atlantique.</i> 118 p.	36 F
26. VENNETIER (P.). — 1968 — <i>Pointe-Noire et la façade maritime du Congo-Brazzaville.</i> 458 p.	120 F
27. BERTHOIS (L.), HOORELBECK (J.). — 1968 — <i>Étude dynamique de la sédimentation dans trois cours d'eau de la Guyane française: la rivière Mahury, la rivière de Cayenne et le fleuve Maroni.</i> 128 p.	40 F
28. DUBREUIL (P.), GIRARD (G.), HERBAUD (J.). — 1968 — <i>Monographie hydrologique du bassin du Jaguaribe.</i> 384 p.	140 F
29. MOREL (G.). — 1968 — <i>Contribution à la synécologie des oiseaux du Sahel sénégalais.</i> 179 p.	56 F
30. BACHELIER (G.). — 1968 — <i>Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone des sols.</i> 145 p.	44 F
31. SOURNIA (A.). — 1968 — <i>Diatomées planctoniques du Canal de Mozambique et de l'île Maurice.</i> 124 p.	44 F
ROCHETEAU (G.). — <i>Le nord de la Nouvelle-Calédonie. Région économique.</i>	s. presse
VÉRIN (P.). — <i>L'ancienne civilisation de Rurutu (îles australes — Polynésie française). La période classique.</i>	s. presse
AUGÉ (M.). — <i>Le rivage alluvial (organisation et évolution des villages alluviaux de Basse Côte d'Ivoire).</i>	s. presse
BOUQUET (A.). — <i>Féticheurs et médecines traditionnelles du Congo-Brazzaville.</i>	s. presse
BOSSER (J.). — <i>Flore des graminées des pâturages de Madagascar.</i>	s. presse

V. INITIATIONS/DOCUMENTATIONS TECHNIQUES

(format rogné : 21 × 27, couverture verte)

H. S. HOUEAU (J. L.), LHOSTE (J.). — 1961 — <i>Inventaire des appareils français pour l'épandage des pesticides.</i> 530 p. multigr. Les cinq volumes	40 F
1. BASCOULERGUE (P.). — 1962 — <i>Notions d'hygiène alimentaire adaptées au Sud-Cameroun.</i> 31 p.	6 F
2. BASCOULERGUE (P.). — 1963 — <i>Notions d'hygiène alimentaire adaptées au Nord-Cameroun.</i> 44 p.	6 F
3. BACHELIER (G.). — 1963 — <i>La vie animale dans les sols.</i> 18 × 26, 280 p.	16 F
4. SÉGALEN (P.). — 1964 — <i>Le fer dans les sols.</i> 150 p. (3).	21 F
5. RUELLAN (A.), DELETANG (J.). — 1967 — <i>Les phénomènes d'échange de cations et d'anions dans les sols.</i> 124 p.	30 F
6. ROTH (M.). — 1968 — <i>Initiation à la systématique et à la biologie des Insectes.</i> 189 p.	20 F
7. CROSNIER (A.), BONDY (E. de). — 1968 — <i>Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique intertropicale.</i> 70 p.	25 F
8. DIDIER DE SAINT-AMAND (J.), DEJARDIN (J.). — 1968 — <i>Méthodes de fractionnement des constituants phosphorés végétaux et de correction des résultats de dosage.</i> 43 p.	13 F
9. DIDIER DE SAINT-AMAND (J.), CAS (G.), LEFRANC (M. F.). — <i>Méthodes de dosages effectuées par autoanalyse au Laboratoire de Diagnostic Foliaire de l'ORSTOM.</i>	s. presse
RUAL (P.), VOITURIEZ (B.). — <i>Modification et automatisation de la méthode de Winkler pour le dosage en mer de l'oxygène dissous.</i>	s. presse
MAIGNIEN (R.). — <i>Manuel de prospection pédologique.</i>	s. presse

VI. TRAVAUX ET DOCUMENTS

(format rogné : 21 × 27)

1. CANTRELLE (P.). — <i>Étude démographique dans la région du Sine-Saloum (Sénégal). État civil et observation démographique.</i>	s. presse
2. DABIN (B.). — <i>Étude générale des conditions d'utilisation des sols de la cuvette tchadienne.</i>	s. presse

VII. L'HOMME D'OUTRE-MER

(volume broché : 13 × 22) (4)

1. DESCHAMPS (H.). — 1959 — <i>Les migrations intérieures à Madagascar.</i> 284 p.	19,50 F
2. BOUTILLIER (J. L.). — 1960 — <i>Bongouanou, Côte d'Ivoire.</i> 224 p.	épuisé
3. CONDOMINAS (G.). — 1960 — <i>Fokon'olona et collectivités rurales en Imerina.</i> 236 p.	épuisé
4. TARDITS (C.). — 1960 — <i>Les Bamiléké de l'Ouest-Cameroun.</i> 136 p.	épuisé
5. LE ROUVREUR (J.). — 1962 — <i>Sahariens et Sahéliens du Tchad.</i> 468 p.	60 F
6. DESCHAMPS (H.). — 1962 — <i>Traditions orales et archives au Gabon.</i> 176 p.	épuisé
7. OTTINO (P.). — 1963 — <i>Les économies paysannes malgaches du Bas-Mangoky.</i> 376 p.	65 F
8. KOUASSIGAN (G. A.). — 1966 — <i>L'homme et la terre. Droits fonciers coutumiers et droit de propriété en Afrique occidentale.</i> 284 p.	30 F
9. FROELICH (J. C.). — 1968 — <i>Les montagnards paléontogritiques.</i> 267 p.	38 F

VIII. OUVRAGES HORS COLLECTION OU EN DÉPOT

— ROCHE (M.). — 1963 — <i>Hydrologie de surface.</i> 18 × 27, 432 p. (3)	75 F
--	------

IX. CARTES THÉMATIQUES

Cartes imprimées en couleurs ou en noir, avec ou sans notice, à petites, moyennes et grandes échelles, concernant :

— l'Afrique du Nord, l'Afrique de l'ouest, l'Afrique centrale et équatoriale, Madagascar, la Nouvelle-Calédonie, Saint-Pierre-et-Miquelon, la Guyane française...

dans l'une ou plusieurs des matières suivantes :

— Géophysique. — Géologie. — Hydrologie. — Pédologie et utilisation des terres. — Botanique. — Entomologie médicale. — Sciences humaines.

(1) En vente chez Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris VI^e.

(2) Ce volume ne peut être obtenu que par des organismes scientifiques ou des chercheurs contre paiement des frais d'expédition.

(3) En vente chez Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VI^e.

(4) En vente chez Berger-Levrault, 5, rue Auguste-Comte, Paris VI^e.

O.R.S.T.O.M.

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay - 93-BONDY

IMP. M. BON - VESOUL
O. R. S. T. O. M. Éditeur
D.L. éditeur: 3^e trim. 1969
D.L. imp. 1476-III-69