

RÉPUBLIQUE DU TCHAD
PRÉSIDENTE DU GOUVERNEMENT
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ÉLEVAGE

P. AUDRY

NOTICE EXPLICATIVE

**CARTE PÉDOLOGIQUE
DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000**

FEUILLE AM TIMAN



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE FORT-LAMY

PARIS - 1968



RÉPUBLIQUE DU TCHAD
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ÉLEVAGE

NOTICE EXPLICATIVE

**CARTE PÉDOLOGIQUE
DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000**

FEUILLE DE AM TIMAN

P. AUDRY

Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy
Section de Pédologie

FORT-LAMY

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION _____	V
PREMIÈRE PARTIE _____	1
- SITUATION GÉOGRAPHIQUE _____	5
- LE CLIMAT _____	7
- LES ROCHES MÈRES, LE MODELÉ ET L'HYDROGRAPHIE, ET LES MATÉRIAUX ORIGINELS _____	15
- LA VÉGÉTATION ET L'ACTION DE L'HOMME _____	25
DEUXIÈME PARTIE _____	29
- CLASSIFICATION DES SOLS _____	31
- ÉTUDE MONOGRAPHIQUE DES SOLS _____	35
I - Sols minéraux bruts _____	35
II - Sols peu évolués _____	36
1 - Morphologie des sols peu évolués, modaux non hydromorphes _____	37
2 - Morphologie des sols peu évolués hydromorphes _____	38
3 - Diverses tendances évolutives _____	39
4 - Caractérisation analytique des sols peu évolués _____	39
5 - Extension cartographique _____	40
6 - Utilisation. Conclusion _____	41
III - Vertisols _____	41
1 - Les vertisols hydromorphes à début de structure fine en surface _____	44
2 - Les vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur alluvions (anciennes à récentes) _____	47

	Pages
3 - Les vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis _____	49
4 - Conclusions sur les vertisols _____	50
IV - Sols ferrugineux tropicaux _____	52
1 - Sols ferrugineux tropicaux. Famille sur matériaux sableux à sablo-argileux accumulés en piedmont de reliefs résiduels _____	54
2 - Sols ferrugineux tropicaux. Familles sur matériaux plus ou moins grossier avec, à faible profondeur, une ancienne accumulation d'hydroxydes sous forme de concrétions ou de cuirasse _____	57
3 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond. Famille sur bourrelets alluviaux anciens, sableux à sablo-argileux _____	60
V - Sols halomorphes _____	64
1 - Famille sur matériau argilo-sableux dérivé de granites _____	65
2 - Famille sur alluvions anciennes, sablo-argileuses à argileuses _____	66
VI - Sols hydromorphes _____	71
1 - Diversité et répartition des sols hydromorphes _____	72
2 - Les sols à gley sur alluvions argileuses _____	73
3 - Conclusions sur l'utilisation des sols hydromorphes _____	75
TROISIÈME PARTIE _____	77
- PÉDOGÉNÈSE ET RÉPARTITION DES SOLS _____	79
I - Les processus pédogénétiques et leur répartition _____	79
1 - Individualisation de sesquioxydes _____	79
2 - Lessivage _____	80
3 - Néosynthèse argileuse _____	80
4 - Carbonatation et salinisation _____	81
5 - Alcalisation et solodisation _____	81
6 - Conclusion sur les processus de pédogénèse _____	82

	Pages
II - Les facteurs déterminants de la répartition des sols _____	82
1 - Le climat régional et le régime hydrologique _____	82
2 - L'histoire _____	83
- UTILISATION DES SOLS _____	85
I - Le climat et le régime hydrologique _____	85
II - Les unités de sols cartographiées. Leur importance relative et leurs vocations culturelles _____	85
1 - Des unités de sols inutilisables _____	85
2 - Des unités à vocation pastorale et forestière _____	86
3 - Des unités à vocation culturelle plus ou moins marquée _____	86
III - Conditions d'utilisation des unités cultivables _____	87
1 - Les sols ferrugineux tropicaux _____	87
2 - Les vertisols et les sols à gley sur alluvions argileuses _____	88
3 - Les sols du complexe alluvial _____	90
Bibliographie _____	91

TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Localisation de la feuille Am Timan _____	3
Figure 2 - Pluviométrie : moyennes mensuelles Température : maxima et minima moyens mensuels _____	8
Figure 3 - Isohyètes. Zones climatiques extrapolées _____	9
Figure 4 - Comparaison de l'évapotranspiration potentielle et de la pluviométrie (moyennes mensuelles) _____	12
Figure 5 - Répartition des principales unités géomorphologiques et des matériaux originels correspondants _____	17
Figure 6 - Texture des matériaux originels _____	23
Figure 7 - Sols minéraux bruts et sols peu évolués _____	35
Figure 8 - Sols peu évolués _____	37
Figure 9 - Vertisols hydromorphes _____	42
Figure 10 - _____	44
Figure 11 - Sols ferrugineux tropicaux _____	53
Figure 12 - _____	61
Figure 13 - Sols halomorphes _____	64
Figure 14 - Sols hydromorphes _____	71

INTRODUCTION

La cartographie pédologique de la feuille Am Timan a été réalisée dans le cadre de la Convention - 1199 - FAC 61/62 - établie entre la Direction du Service de l'Agriculture et l'ORSTOM. Cette étude fait partie des travaux de cartographie pédologique de reconnaissance au 1/200 000 qui sont effectués systématiquement depuis 10 ans au Tchad en vue de réaliser la couverture complète de la partie méridionale agricole du pays. L'état d'avancement de ces travaux de cartographie pédologique en octobre 1964, est donné dans la planche 1.

Les travaux de terrain ont été exécutés de février à mai 1963 par P. AUDRY ; au total, 107 points ont fait l'objet d'observations pédologiques détaillées. Parmi les profils complets décrits en détail, 51 ont été retenus pour analyses, soit 173 échantillons.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de physique et chimie des sols du Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy, sous la direction de J. CHANUT.

Outre la carte IGN au 1/200 000 et le fond de carte également au 1/200 000 fourni par l'annexe IGN de Brazzaville, et utilisé dans la phase ultime d'établissement de la minute définitive avec report à l'échelle, la couverture photographique aérienne IGN au 1/50 000 (mission NC-34-XXI) a constitué le véritable document de base pour l'établissement de la carte. Sur le terrain, l'utilisation des photographies aériennes permet de choisir au mieux les itinéraires de reconnaissance, d'étude et ensuite de complément ; de localiser avec précision chaque observation (sol, végétation, modelé) et de tracer les limites pédologiques recoupées. En bureau, une photo-interprétation systématique basée sur les observations de terrain permet d'aboutir au tracé des limites pédologiques.

A l'exception de la feuille Abouksoum, à l'est d'Am Timan, la cartographie pédologique au 1/200 000 a été effectuée sur les trois autres coupures adjacentes, au cours de la même campagne. Sur la carte d'Am Timan elle-même, B. LEPOUTRE avait effectué une reconnaissance au 1/200 000 en 1952, limitée à la seule vallée du Bahr Azoum.

Première Partie

ÉTUDE DU MILIEU NATUREL
ET
DES FACTEURS DE PÉDOGENÈSE

LOCALISATION DE LA FEUILLE AM TIMAN

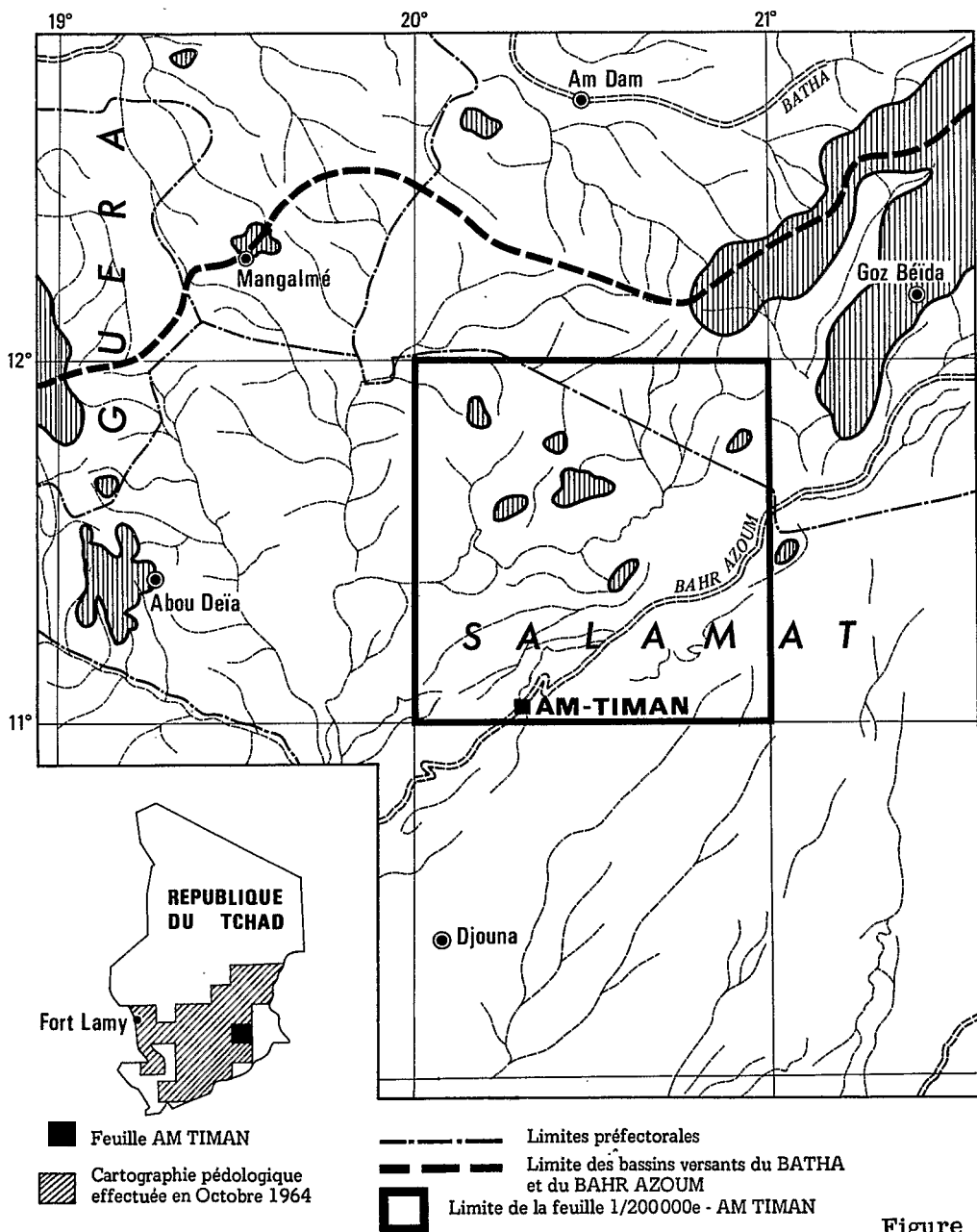


Figure 1

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La feuille Am Timan est comprise entre 11 et 12° de latitude nord et 20 et 21° de longitude est. Du point de vue administratif, la plus grande partie correspond à la préfecture du SALAMAT ; seul le coin N.E. se rattache à la préfecture du OUADDAI ; c'est d'ailleurs une partie extrêmement peu peuplée.

Du point de vue naturel et physique, toute la feuille correspond au bassin versant du Bahr Azoum, se rattachant lui-même au grand bassin du Salamat. Toutefois on distingue nettement deux ensembles : le nord est la bordure méridionale fragmentée du massif du Ouaddaï ; c'est un piedmont avec encore quelques pointements rocheux ; le sud correspond franchement à la partie nord de la cuvette du Salamat que draine le Bahr Azoum.

LE CLIMAT

1 - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Am Timan, situé sur la bordure sud de la feuille, est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle de 920 mm et une température moyenne annuelle de 26,7°C.

Pour estimer les données climatiques de la carte entière, on dispose des stations d'Am Dam (pluviométrie) et d'Abéché (pluviométrie, température et données complémentaires).

L'ensemble de ces données est présenté dans les tableaux suivants :

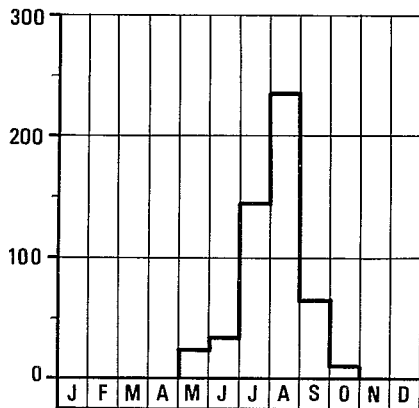
PLUVIOMÉTRIE MOYENNE

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Am Timan (11 ans)	0	3,7	8,3	21,5	71,3	123,8	201,0	304,9	148,9	37,2	0	0	920,6
Am Dam (10 ans)	0	0	3,7	0,1	24,7	53,9	199,2	269,7	124,9	8,3	0	0	684,5
Abéché (14 ans)	0	0	Tr.	0,9	24,2	32,2	144,1	231,5	67,5	8,8	0	0	509,2

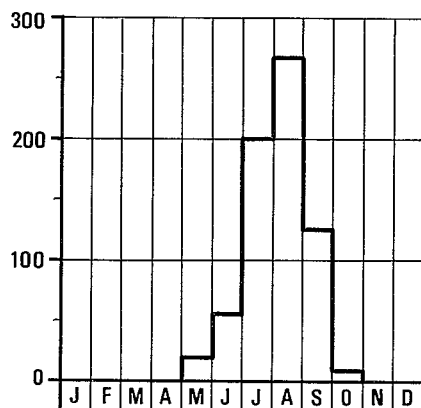
TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Am Timan	max	35,7	37,7	39,0	38,6	37,3	33,5	30,5	29,6	31,2	33,5	35,9	35,7	34,9
	mini	12,8	14,9	20,0	21,1	22,3	21,4	20,7	20,6	20,4	19,3	15,4	12,7	18,5
	moy.	24,2	26,3	29,5	29,9	29,8	27,4	25,6	25,1	25,8	26,4	25,7	24,2	26,7
Abéché	max	35,0	36,7	39,3	40,9	40,1	38,1	34,4	31,0	34,3	37,4	37,5	35,2	36,7
	min	15,4	18,4	22,5	24,0	24,8	24,2	23,3	21,3	20,8	20,7	20,6	16,9	21,1
	moy.	25,2	27,5	30,9	32,5	32,5	31,1	28,8	26,2	27,5	29,0	23,0	26,1	28,9

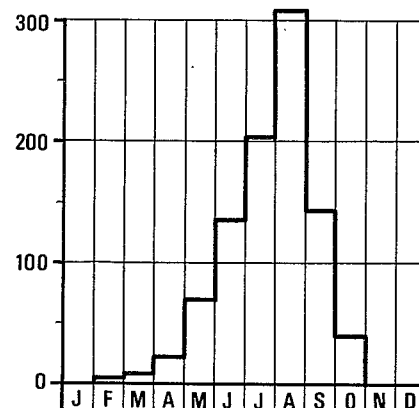
PLUVIOMÉTRIE : Moyennes mensuelles



ABÉCHÉ (14 ans)

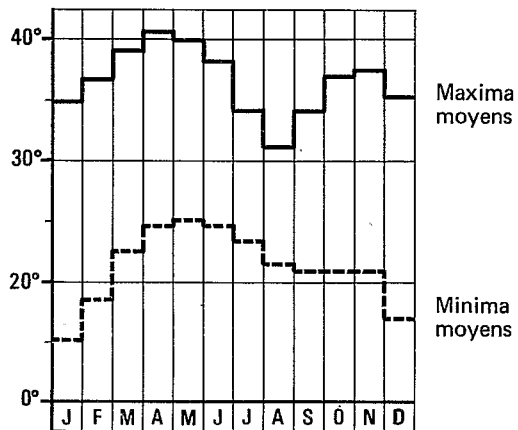


AM DAM (10 ans)

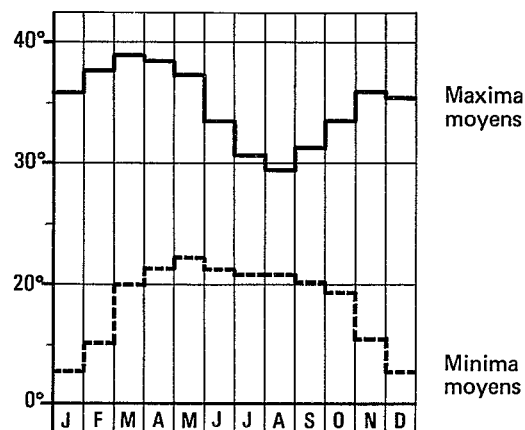


AM TIMAN (11 ans)

TEMPÉRATURE : (Maxima et minima moyens mensuels)



ABÉCHÉ (9 ans)



AM TIMAN (8 ans)

Figure 2

ISOHYETES - ZONES CLIMATIQUES EXTRAPOLÉES
(Pluviométrie et Température moyennes annuelles)

(C'est d'après ce schéma que sont estimées les données climatologiques pour chaque profil du dossier de caractérisation pédologique)

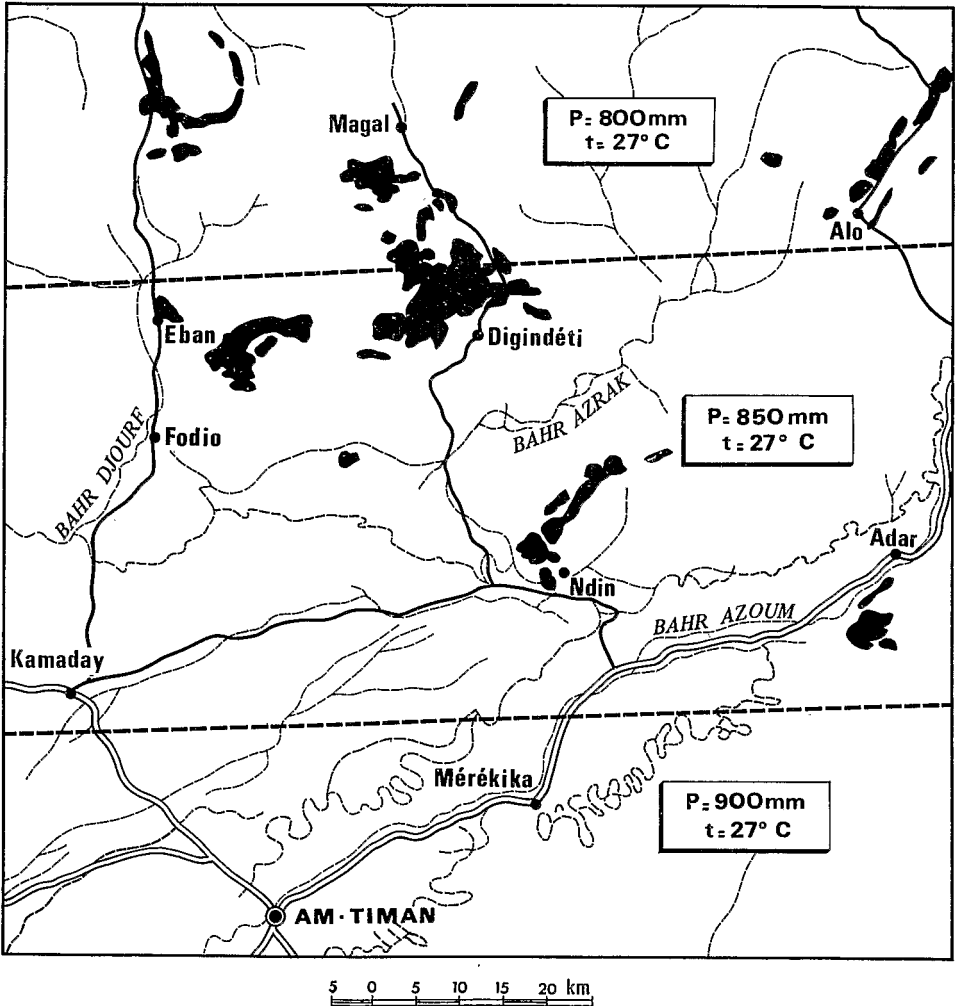


Figure 3

En se référant à ces données également représentées graphiquement sur la figure 2 et à la carte de isohyètes du Tchad, et en extrapolant, on peut tracer schématiquement trois zones sur la carte Am Timan correspondant respectivement à des pluviométries moyennes annuelles de 900, 850 et 800 mm, la température moyenne annuelle étant partout de l'ordre de 27°C (planche 3).

D'après la terminologie d'AUBREVILLE (1950), le climat de cette région est de type SAHELO SOUDANAIS qui présente une saison des pluies concentrée sur 3 à 4 mois (juin à septembre) alternant avec une saison sèche de 7 à 8 mois (octobre - novembre à avril - mai), avec de courtes transitions entre les saisons. Une des caractéristiques de ce type de climat est le très fort contraste entre les saisons et la très grande rigueur de la saison sèche avec des déficits de saturation excessifs et des températures élevées, le maxima absolu dépassant 40°. La variation annuelle des moyennes mensuelles de l'humidité relative à Am Timan est la suivante (moyenne sur 12 ans) :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne Annuelle
35,6	29,0	32,0	40,4	52,3	72,1	79,1	84,8	82,6	75,3	56,0	43,3	45,0

On doit également signaler la forte variation interannuelle de la pluviométrie (minimum 798 mm et maximum 1187 mm à Am Timan) et souligner le double régime thermique annuel caractérisé par deux minima, l'un relatif en saison des pluies (août), l'autre absolu en hiver (décembre - janvier), séparés par deux maxima, l'un relatif en octobre, l'autre absolu, au cœur de la saison sèche en avril - mai.

2 - LE CLIMAT FACTEUR DE PÉDOGÉNÈSE

2.1 - En première remarque, on doit rappeler ce phénomène général à tous les régimes tropicaux secs, de la coïncidence de températures élevées - entre 25 et 26° en moyennes mensuelles - pendant les quatre mois de saison de pluies. Il s'en suit que pendant la courte saison des pluies, l'énergie pédoclimatique est forte et les phénomènes d'altération et d'hydrolyse très intenses.

Cette notion très générale doit toutefois être précisée en essayant de caractériser le climat de façon plus synthétique et de préciser le régime pluviothermique et le pédoclimat.

2.2- Les indices classiques

Pour Am Timan, l'indice d'aridité de Martonne est de 25, tandis qu'il est de l'ordre de 18 à Am Dam.

Le drainage calculé (HENIN - AUBERT) donne les valeurs suivantes :

Am Timan : $\alpha = 2$ (sables) - D = 280 mm ; $\alpha = 0,5$ (argile - D = 92 mm

Am Dam $\alpha =$ " - D = 130 mm ; $\alpha =$ " - D = 37 mm

Abéché $\alpha =$ " - D = 55 mm ; $\alpha =$ " - D = 15 mm

Nord carte Am Timan (extrapolé entre Am Timan et Am Dam)

$\alpha = 2$ - D \neq 200 mm ; $\alpha = 0,5$ - D \neq 65 mm

2.3- Climat du sol

Nous avons calculé l'évapotranspiration potentielle mensuelle (ETP) d'après la formule de TURC (1961) pour les stations d'Am Timan et d'Abéché et reporté graphiquement les résultats avec ceux des pluies normales mensuelles P (Figure 4).

Cette comparaison permet de voir que :

- à Am Timan, la pluviométrie n'est supérieure à l'évapotranspiration potentielle que pendant 3 mois et pour un total de 290 mm
- à Abéché, pendant un mois seulement et pour un total de 104,5 mm.

Ces données permettent de préciser les pédoclimats ; en effet, au début de la saison des pluies, au démarrage de la période d'activité de la végétation, la totalité de la pluie reçue est évapotranspirée tant que P n'est pas supérieure à ETP ; mais pendant cette période le sol est humide sur une certaine profondeur et c'est donc déjà une saison active du point de vue pédogénétique, au moins sur une partie du profil.

Lorsque P devient supérieure à ETP, l'excédent amène d'abord le profil à sa capacité de rétention, c'est la constitution des réserves, et une fois atteint ce stade le nouvel excédent draine à l'extérieur du profil. Lorsqu'ensuite la pluie devient inférieure à l'ETP, l'eau mise en réserve est utilisée par la végétation, c'est l'épuisement des réserves, précédant le flétrissement des plantes.

Si on se rapporte à un sol hypothétique sableux de 2 mètres de profondeur nécessitant 100 mm d'eau pour amener l'épaisseur de son profil à rétention, ce sol drainerait 190 mm à Am Timan, le drainage commençant courant août et se poursuivant faiblement en septembre ; pour le même sol, le drainage serait à peu près nul à Abéché.

COMPARAISON DE L'EVAPOTRANSPIRATION
POTENTIELLE ET DE LA PLUVIOMETRIE
(moyennes mensuelles)

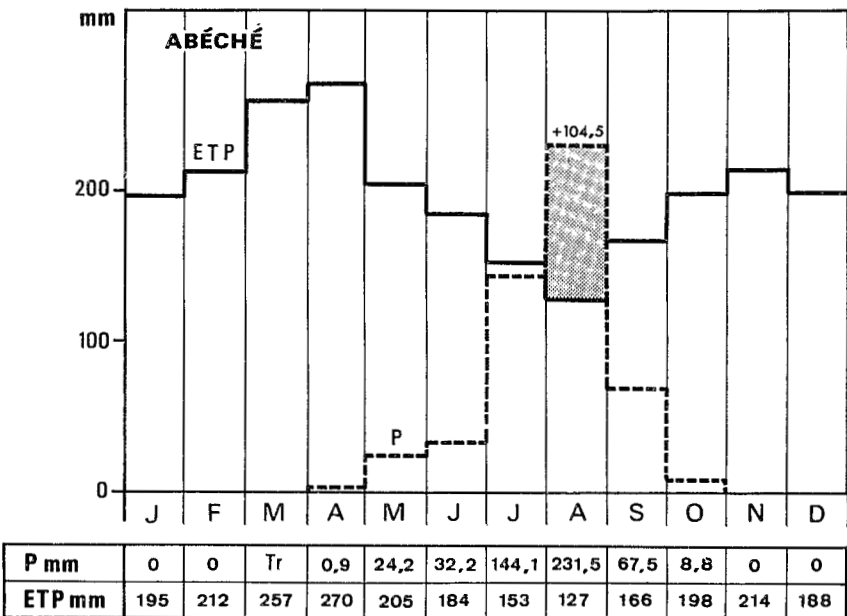
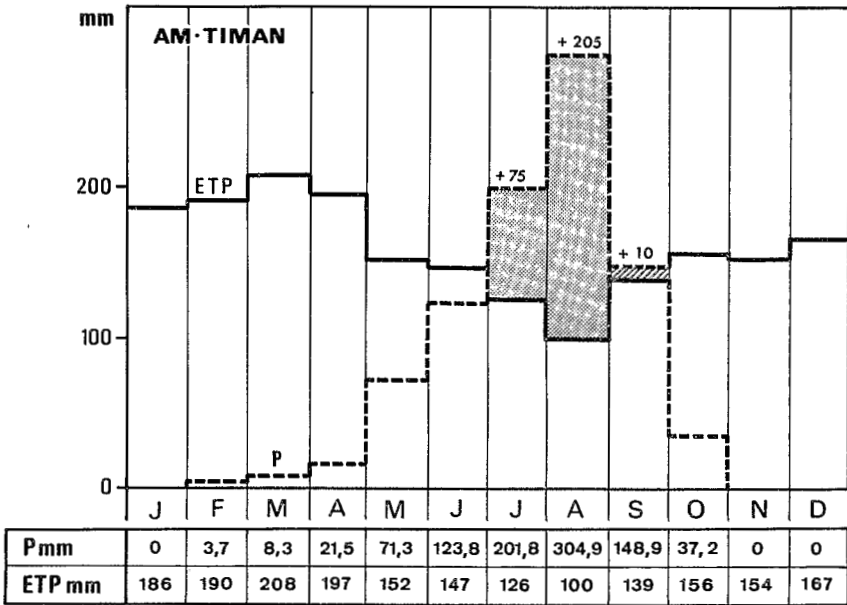


Figure 4

Si on admet que le lessivage est le résultat du drainage à travers les seuls horizons lessivés, beaucoup moins épais, la période de lessivage s'étendrait à Am Timan sur plus de deux mois en moyenne et pourrait mettre en jeu des quantités d'eau de l'ordre de 250 mm de pluie.

Ce schéma appliqué à un sol sableux a l'avantage de préciser le pédoclimat dans un cas théorique repère et de permettre de conclure pour cette zone à une forte énergie pédogénétique du climat.

2.4- Érosion

Les pluies tombent en fortes tornades, ce qui est très favorable à la manifestation de l'érosion.

L'indice p^2/P de Fournier traduisant l'agressivité du climat à une valeur notable à Am Timan ($\neq 100$) et le danger d'érosion se situe dans la zone des 1500 à 2000 tonnes/km²/an (Fournier 1962) correspondant à une ablation uniformément répartie de l'ordre de 0,7 mm/an.

Les manifestations observées de l'érosion sont essentiellement :

- des croûtes correspondant au triage granulométrique à la suite du délitage des agrégats sous l'action directe des gouttes de pluie. Ces croûtes favorisent l'apparition des phénomènes de ruissellement en limitant le coefficient d'infiltration
- les formes d'érosion par ruissellement en nappe et nappe ravinante sont fréquentes, et l'action protectrice de la végétation est nette ; ces phénomènes apparaissent de façon pratiquement constante sur les surfaces dénudées de "naga" (solonetz solodisés).
- les ravinements vrais n'apparaissent que localement dans la moitié nord de la feuille, dans la zone de piedmont.

3 - L'EMPREINTE DE CLIMATS ANCIENS

Cette empreinte s'observe nettement, tant dans la morphologie des sols que dans le modelé. Nous citerons seulement ici l'immense glacis cuirassé occupant la plus grande partie de la moitié nord de la feuille et qui correspond à un climat plus humide et le modelé éolien qu'on trouve rarement sur les accumulations sableuses de piedmont comme au sud du Massif de Mongaré, témoin d'une phase climatique plus sèche.

LES ROCHES MÈRES, LE MODELÉ ET L'HYDROGRAPHIE, ET LES MATÉRIAUX ORIGINELS

1 - FORMATIONS GÉOLOGIQUES

Le socle affleure dans la moitié nord de la feuille Am Timan essentiellement sous forme de roches métamorphiques d'âge précambrien, représentées surtout par des quartzites de différents types et très souvent micacés. Ces pointements du socle entourés de vastes glacis, sont ennoyés par des formations sédimentaires plus récentes et on ne retrouve dans la partie sud de la carte, dominant ce vaste ensemble sédimentaire, que quelques pointements peu importants de roches diverses. A Am Timan, au cours d'un sondage effectué en 1963, le socle a été trouvé à 196 mètres de profondeur sous forme d'un granite à amphibole altéré (MERMILLOD communication verbale).

2 - MODELÉ ET HYDROGRAPHIE. LES MATÉRIAUX CORRESPONDANT AUX UNITÉS GÉOMORPHOLOGIQUES

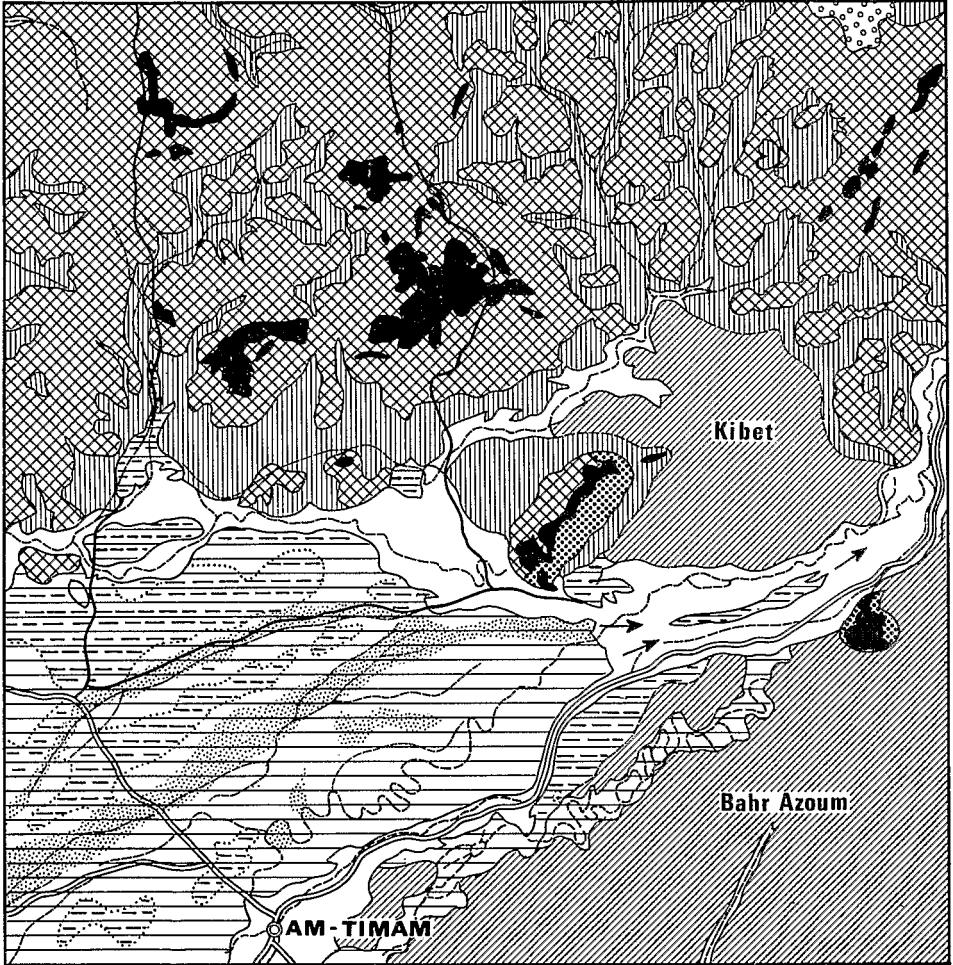
La feuille d'Am Timan correspond donc pour sa moitié nord à la partie extrême sud du piedmont du Massif du Ouaddaï et pour sa moitié sud à un ensemble de systèmes alluviaux multiples installés dans la cuvette du Salamat drainée par le Bahr Azoum. Nous étudierons séparément ces deux grandes unités.

2.1- Le piedmont sud du massif du Ouaddaï






Il est limité à la partie nord de la carte en une grande unité homogène ; en plus, quelques fragments dispersés forment témoins dans les systèmes alluviaux du sud (essentiellement Hadjer Ndin et Mongaré). Ce piedmont se présente comme une vaste surface cuirassée subhorizontale dominée par des massifs résiduels et déprimée suivant un réseau de plaines basses étroites. La séquence topographique classique comprend :

- le massif résiduel
- le glacis cuirassé
- les plaines argileuses.

RÉPARTITION DES PRINCIPALES UNITÉS GÉOMORPHOLOGIQUES ET DES MATÉRIAUX ORIGINELS CORRESPONDANTS



Piedmont sud du Massif du Ouaddai

-  Reliefs résiduels
-  Accumulation sableuse de piedmont
-  Glacis cuirassé
-  Glacis sur granite
-  Dépressions argileuses de la base des glacis

Ensemble alluvial du sud de la carte






-  Cuvettes argileuses : alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis
-  Systèmes alluviaux anciens complexes avec :
 -  Principaux ensembles de bourrelôts sableux
 -  Principales plaines argileuses inondables
-  Alluvions récentes à actuelles

Figure 5

On a parfois en plus des accumulations sableuses en piedmont des reliefs résiduels.

Tout cet ensemble fait partie du bassin versant du Bahr Salamat, soit directement (Bahr Djourf, Bahr Azrak) pour le quart N.W. de la feuille, soit indirectement, par le Bahr Azoum pour la partie N.E. Le réseau hydrographique est extrêmement diffus et localisé en entailles dans les dépressions argileuses.

A - LES RELIEFS RÉSIDUELS

Essentiellement de nature quartzitique, ils sont ordinairement constitués en petits massifs aux formes vives, bien disséquées et plus rarement en éperon de type inserberg. Leur pied est encombré d'un petit talus d'éboulis et une rupture de pente souligne le passage aux glacis.

B - LES GLACIS

Au point de vue forme, les glacis sont des versants correspondant à un système morphoclimatique sec et sont donc destémoins d'une phase climatique plus aride. Ils constituent au point de vue extension la plus grande partie du piedmont et se présentent comme de grandes surfaces à très faible pente, adossées côté amont aux massifs résiduels et se raccordant entre elles côté aval par des dépressions souvent peu marquées. L'ensemble a une pente générale N.S. à N.E. - S.W., vers la cuvette du SALAMAT. On n'y observe pas d'écoulement concentré hiérarchisé important et ces surfaces sont seulement soumises à des phénomènes locaux d'érosion par ruissellement en nappe en rapport avec des zones dénudées fréquentes (végétation contractée). Les axes de drainage sont localisés dans les dépressions argileuses.

Ces glacis présentent un cuirassement généralisé qui correspond à une pédogénèse de climat plus humide, de type ferrugineux tropical lessivé à fort concrétionnement.

Dans le coin N.E. de la feuille et sur une très petite surface on trouve un fragment de glacis sur granite portant des solonetz solodisés, avec une végétation très claire et disséquée par un réseau hydrographique parallèle peu hiérarchisé mais actif. Ce type de glacis sur granite occupe de très larges surfaces dans le centre et l'est de la feuille Am Dam, où il relaye sur les parties aval des pentes, les glacis cuirassés localisés sur les parties hautes.

C - LES DÉPRESSIONS ARGILEUSES

Ces dépressions correspondent à des ennoyages en bas de glacis et sont formées de l'accumulation des produits fins, argileux. Le passage du glacis cuirassé à ces dépressions se fait le plus souvent par une légère augmentation de la pente avec une transition sur 100 à 500 mètres ; parfois il est souligné par une légère rupture de pente mieux marquée. Ces types de transitions rapides relayent vers le

sud les grands glacis de dénudation observés sur granite d'Am Dam portant des solonetz solodisés. Le matériaux argileux de ces dépressions est souvent appelé "argiles à nodules calcaires". Cette unité est organisée en un réseau ramifié comportant également des élargissements en vagues cuvettes. L'ensemble est temporairement inondé en saison des pluies, mais admet pourtant un drainage externe, diffus et par l'intermédiaire du réseau peu hiérarchisé installé en ravinement dans ces dépressions. Les conditions d'inondation et de matériau déterminent une pédogénèse de type vertisol caractérisée en surface par la présence de fentes de retrait et d'un microrelief en buttes et cuvettes dit "gilgai".

D - LES ACCUMULATIONS SABLEUSES DE PIEDMONT

Ces formations sont en général développées sur la face est des massifs contre lesquelles elles sont flanquées entre deux ruptures de pente, l'une nette côté massif, l'autre en général moins franche côté glacis sur lequel elles se terminent en biseau. Localement ces accumulations témoignent d'un remaniement ancien par le vent correspondant à une phase climatique plus sèche (Massif de Mongaré). Dans les cas où ces accumulations sont franchement sableuses et bien drainées, le matériau se caractérise par sa couleur rouge d'où le nom de "goz rouge" donné à ces formations. Ces caractères du matériau sont fréquemment oblitérés par la pédogénèse actuelle et en particulier dans les cas où le drainage est déficient en rapport avec un modelé aplani..

2.2- L'ensemble alluvial du sud de la carte

MERMILLOD (1963) considérant le Bassin de l'Aouk-Salamat, ainsi nommé du fait qu'au tertiaire la colature principale était l'Aouk et non pas le Salamat, interprète cet ensemble comme une dépression tectonique corrélative d'un relèvement du socle sur les bordures, constituant une zone d'appel de sédiments s'entretenant par la subsidence dont elle est le siège. Cette fosse, barrée au sud-est par le système des Koros, aurait constitué un lac au cours de plusieurs phases successives depuis le tertiaire. Il distingue ainsi à partir de la "zone rocheuse nord" plusieurs ensembles se réduisant pour la fraction de ce bassin qui nous intéresse à :

- une "zone lacustre et fluviale de piedmont" dont la limite nord correspond à notre limite des glacis et dont la limite sud passe un peu au sud du Bahr Azoum.
- une "vaste zone deltaïque tertiaire de l'Azoum", centre de subsidence de la fosse, au sud du Bahr Azoum actuel.

L'auteur considère que les sédiments de remblayage à faciès lacustres argileux dominant au tertiaire (zone deltaïque tertiaire) ; et qu'au quaternaire, une alternance de phases lacustres et fluviales conduit à des exondations successives affectant principalement la bordure, en l'occurrence

la zone dite lacustre et fluviale de piedmont. Ceci explique que dans cette zone on trouve l'extension et la diversité maxima des terrains fluviaux en liaison avec l'activité du Bahr Azoum suivant des cours et réseaux successifs. Indépendamment de la chronologie absolue des sédiments et de leur mode de formation, nous considérerons trois grandes unités morphologiques correspondant à des matériaux ou des ensembles de matériaux bien définis, soit chronologiquement :

- des cuvettes argileuses homogènes correspondant aux alluvions les plus anciennes, dérivées du matériau argileux de la base des glaciaires.
- des "systèmes alluviaux anciens" comportant des séries de bourrelets sableux séparés par de grandes plaines alluviales argileuses.
- le système d'alluvions récentes à actuelles relatives au réseau du Bahr Azoum actuel et des Bahr Azrak et Djouf.

A - LES CUVETTES ARGILEUSES

Ces cuvettes argileuses constituent deux grands ensembles dans la moitié est de la feuille : la plaine du Kibet au nord du Bahr Azoum et la plaine dite du Bahr Azoum au sud. Le matériau est argileux et correspond ici aussi à l'appellation classique de "argile à nodules calcaires". Ces plaines sont soumises à des inondations prolongées en saison des pluies et ne présentent pas de réseau de drainage organisé ; on relève seulement au sud du Bahr Azoum, d'abord une grande dépression peu marquée axée N. E. - S. W., ensuite l'O. Koubo Arzak orienté de même, témoins de lignes d'écoulement anciennes plus actives.

Les vertisols développés sur ces argiles confèrent à la surface du sol une fissuration et un microrelief gilgai semblables à ce qu'on observe dans les dépressions argileuses des glaciaires.

B - LES SYSTÈMES ALLUVIAUX ANCIENS

Ils correspondent à d'anciens réseaux hydrographiques et sont typiquement constitués par des séquences topographiques comprenant :

- des bourrelets sableux, à matériau alluvial fréquemment stratifié.
- des surfaces de raccords en faible pente à sédiments parfois également stratifiés, à dominance sablo-argileuse à argilo-sableuse et passant à
- des plaines alluviales argileuses inondables, souvent de grandes dimensions et présentant des éminences exondées se rattachant au point de vue matériau aux surfaces de raccords précédentes.

On peut distinguer plusieurs systèmes, du nord au sud :

- l'un constitué par deux séries de bourrelets parallèles orientés N.E. - S.W. partant respectivement côté S.W. du sud de Kamaday et de Ateté pour fusionner au sud de Mérik où ils prennent une direction horizontale et se disloquent un peu avant Algiez pour se poursuivre vers l'est de façon fragmentaire dans les alluvions récentes du Bahr Azoum (flèches sur la figure 5). Les écoulements actuels sont localisés entre les bourrelets et sur leurs bordures ; c'est un réseau confus fonctionnant en partie de façon autonome, en partie par défluence à partir du Bahr Azoum et rejoignant ensuite le Bahr Azoum en aval, à l'extérieur de la carte.
- l'autre système, également entre Bahr Azrak et Bahr Azoum plus au sud, est plus dispersé et moins important ; il correspond à des écoulements contournés, les bourrelets formant des assemblages de croissants dans les boucles des méandres. Même type d'écoulement actuel que dans le cas précédent, calqué sur les écoulements anciens.
- le dernier système enfin, correspond à un Bahr Azoum ancien, parallèle et au sud du cours actuel, en ravinement dans les alluvions plus anciennes de la grande cuvette argileuse. C'est un cours également méandreux mais qui n'est pratiquement plus fonctionnel, les bras se remplissant en crue et fonctionnant en mares. Entre ces différents axes, on a un assemblage complexe de plaines argileuses inondables avec des ondulations et des émergences exondées.

La liaison matériau, conditions de régime hydrique, existence de nappe temporaire et pédogénèse est très nette dans ces systèmes :

- les bourrelets donnent des sols ferrugineux tropicaux lessivés portant une belle savane arborée
- les raccords et éminences des plaines portent des sols lessivés à alcalis avec une végétation très claire, paysage type de "naga"
- les plaines argileuses inondables correspondent à des vertisols largement fissurés mais ici sans microrelief.

Dans toutes les alluvions anciennes de textures sableuses à limono-argileuses on observe une faible fraction micacée.

C - LES ALLUVIONS RÉCENTES ET ACTUELLES

Elles sont localisées de part et d'autre des bahrs Azoum, Djourf et Azrak représentant les trois principaux axes de drainage. Au point de vue évolution de ce réseau hydrographique, on observe son enfoncement généralisé, le Bahr Azoum se présentant souvent en ravinement dans des alluvions anciennes ; cet enfoncement explique en particulier les dissections actuelles observées sur les glacis et correspondant à un abaissement du niveau de base.

Les alluvions récentes et actuelles comprennent des bourrelets, des levées et des plaines inondables, avec des axes d'écoulement secondaires complexes fonctionnant par effluence ; ainsi le Bahr Azoum qui coule en moyenne 4 mois par an, de juillet - août à octobre-novembre, a un débit de crue qui diminue de l'amont vers l'aval : 700 à 800 m³ à Ouéli, 600 à Mouray, 280 à Am Timan (BERTHELOT, 1958) ; cet appauvrissement par effluence correspond à l'alimentation de bras secondaires, de lits anciens et de vastes zones d'inondation et il s'en suit que la zone d'action réelle du Bahr Azoum dépasse largement sa zone alluviale récente en inondant des dépressions argileuses anciennes.

Outre les décharges proluviales des lits, et les dépôts argileux de décantation tout à fait actuels, les alluvions récentes se caractérisent par des proportions ordinairement assez fortes de limon contenant toujours beaucoup de paillettes de micas. Tout cet ensemble, à granulométrie très variable, se caractérise par une loi texturale que les prélèvements pédologiques ont permis de mettre en évidence et pouvant s'écrire : $\frac{\text{Argile } \%}{\text{Limon } \%} = 8 \neq 0,89.$

3- LES MATÉRIAUX ORIGINELS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES

La planche 6 représente les textures des matériaux originels correspondant aux différentes unités morphologiques définies.

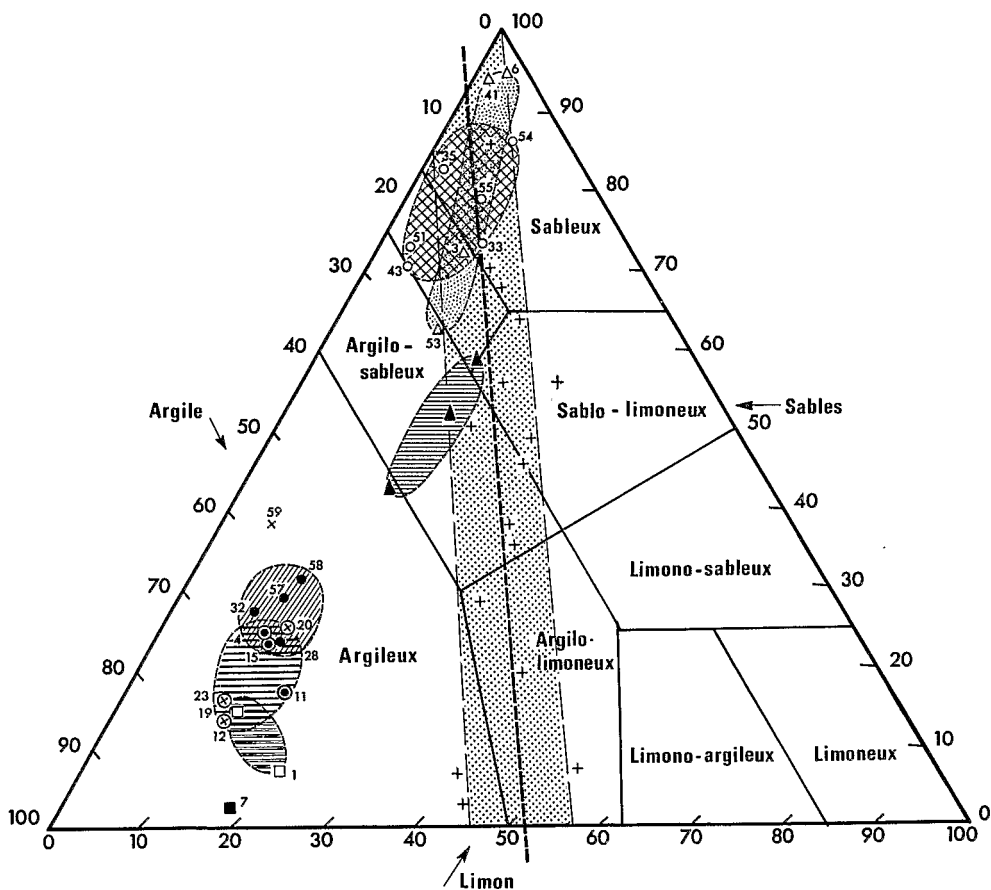
Pour toute la partie de piedmont du Massif du Ouaddaï, on note :

- la similitude de texture des accumulations sableuses de piedmont et de la partie terre fine du matériau sablo-graveleux des glacis cuirassés. Cet ensemble est sableux à sablo-argileux, les points figuratifs formant un nuage bien homogène. La capacité d'échange exprimée par rapport à la seule fraction argileuse (T/A) varie autour de 30 mé % entre 20 et 40
- la discontinuité brutale correspondant à une séparation franche des fins, lorsqu'on passe aux dépressions argileuses des glacis. A Am Dam, la succession déjà évoquée des glacis cuirassé en haut de pente, glacis de dénudation sur granite et dépressions argileuses, conduisait à une variation progressive des textures le long des glacis, qu'on ne retrouve pas ici sinon avec le profil 59 correspondant à un fragment de bas de glacis sur granite dans le coin N. E. de la feuille. Pour ces matériaux originels, le T/A est nettement plus élevé, compris entre 40 et 60 mé %.

Pour l'ensemble alluvial de la moitié sud de la carte :

- le diagramme montre que les alluvions des grandes cuvettes du Kibet et du Bahr Azoum correspondent à une légère augmentation d'argile par

TEXTURE DES MATÉRIAUX ORIGINELS



Piedmont sud du Massif du Ouaddaï

⊗ ○ Accumulation sableuse de piedmont + glacis cuirassé

▨ ● Matériau argileux de la base des glacis

× 59 Glacis sur granite

Ensemble alluvial du sud de la carte

▨ Alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis

⊗ Vertisols à structure fine

● Vertisols à structure large

Alluvions anciennes

▨ Δ Alluvions sableuses des bourrelets

▨ ▲ Alluvions argilo-sableuses des flats et éminences exondées

▨ □ Alluvions argileuses des plaines inondables

Alluvions récentes à actuelles

▨ + à texture variable

■ 7 argile de décantation

Figure 6 :

rapport aux matériaux argileux de la base des glaciers dont nous avons supposé qu'elles dérivent. Par ailleurs leur T/A est également plus élevé, compris entre 60 et 65 mé %

- les autres dépôts argileux sont d'autant plus fins que plus récents avec la suite alluvions anciennes, argiles de décantation actuelles. Le T/A des argiles anciennes est proches de 60 mé %
- les alluvions anciennes sableuses des bourrelets servant de matériau originel à des sols ferrugineux tropicaux et les alluvions à dominante argilo-sableuse des positions intermédiaires dominant les plaines alluviales et servant de matériau originel à des sols lessivés à alcalis, forment un ensemble textural presque continu. Par ailleurs, les nuages de points sont bien resserrés dans le sens d'un axe issu de la pointe supérieure du triangle et correspondant à des rapports limon/argile de l'ordre de 0,5
- ce fait est d'autant plus intéressant à souligner quand on compare ce rapport approché à la loi texturale déjà évoquée et beaucoup plus stricte à laquelle répondent les alluvions les plus récentes et qui peut s'écrire $\text{Limon \%} / (\text{argile \%} - 8) \approx 1,1$. Ceci indique nettement l'augmentation de la fraction limon par rapport à l'argile dans la fraction fine des sédiments récents, dont on a par ailleurs signalé la plus forte proportion de mica.

VÉGÉTATION ET ACTION DE L'HOMME

La feuille entière d'Am Timan correspond à la province botanique des forêts claires et savanes boisées de type soudanien définie par Aubréville. On observe assez peu de modifications physiologiques ou floristiques de la végétation sur l'ensemble de la carte en fonction du gradient pluviométrique. Par contre, les formations végétales réagissent vivement à des conditions édaphiques particulières, telles les savanes armées des plaines argileuses inondables et les formations contractées des glacis cuirassés.

1 - LES SAVANES ARBOREES

Elles sont étendues à toutes les formations sableuses portant des sols ferrugineux tropicaux profonds, soit sur accumulations sableuses de piedmont, soit sur bourrelets sableux. Ces formations comprennent *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia avicenioides* sur les bourrelets anciens et souvent des *Balanites aegyptiaca* et *Albizzia chevalieri*. Dans les zones cultivées, cette végétation est en général remplacée par une savane arbustive à *Guiera senegalensis* (TIM 51 Digindeti). La strate herbacée est à dominance graminéenne avec en général beaucoup de *Boreria* en mélange. Les graminées typiques sont de grandes andropogonées, mais la succession des feux et le pâturage intempestif en certains points les fait souvent disparaître au profit d'annuelles comme des *Eragrostis* et surtout *Cenchrus biflorus*.

Des savanes arborées s'observent également sur les alluvions récentes à texture légère et plus spécialement sur les bourrelets. De composition variable suivant les conditions de texture et de drainage, ces savanes comprennent les mêmes espèces que celles mentionnées plus haut avec en général des *Balanites* plus nombreux et auxquelles s'associent *Ziziphus jujuba* et *Spina christi*, *Bauhinia reticulata*, *Tamarindus indica*, *Iphaena thebaïca* et des *Capparis*.

Un troisième type de savane arborée existe sur les argiles des dépressions les plus hautes et les mieux drainées du glacis correspondant à des Vertisols à structure fine. Les espèces y sont moins abondantes et on trouve surtout *Anogeissus leiocarpus*, avec parfois *Albizzia chevalieri* et *Combretum glutinosum*, et très exceptionnellement *Sclerocarya birrea* (TIM 57 Alo). Ces formations sont d'ailleurs le plus souvent mixtes avec des mélanges d'épineux, principalement *Acacia caffra* var *campylacantha* ; il est plus rare de trouver dans ces savanes des *Acacia seyal*.

2 - LES FORMATIONS CONTRACTÉES

Elles correspondent aux "brousses tigrées" caractérisées dans leurs formes typiques par des alternances de bandes ondulées couvertes de végétation contrastant avec des bandes dénudées, cette disposition donnant sur photographie aérienne un aspect tigré. Sur la feuille Am Timan on n'observe pratiquement pas ces formes caractéristiques mais un assemblage plus désordonné de surfaces de végétation séparée par des surfaces dénudées, allongées et contournées ; suivant les cas nous avons décrit ces formes avec les termes de labyrinthes, couloirs, flots.

Au point de vue formation végétale il s'agit d'une savane arborée à *Anogeissus leiocarpus*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum*, *Tamarindus indica*, *Albizia chevalieri* ; des arbres comme le *Tamarindus* sont fréquemment installés sur des termitières : la strate arbustive comprend *Dalbergia melanoxylon*, *Dichrostachys glomerata*, *Cassia sieberiana*, *Boscia senegalensis* ; enfin on a des fouffrés abondants à *Acacia ataxacantha* constants, *Grewia*... , également liés aux termitières en général ; la strate herbacée est discontinue et elle est composée soit d'andropogonées vivaces, soit d'annuelles avec surtout des *Eragrostis* et *Pennisetum*.

Ces formations contractées sont liées de façon stricte à la présence d'un niveau grossier à faible profondeur d'accumulation ancienne de sexquioxides sous forme de gravillons et de cuirasse. Rarement, sur cuirasse, on va jusqu'au boval.

3 - LES SAVANES ARMÉES A MIMOSÉES

Elles sont localisées dans les plaines basses argileuses inondables à vertisols. Un type classique et fréquent est un peuplement plus ou moins dense mais exclusif d'*Acacia seyal*, qui occupe de grandes surfaces sur toute la feuille. Il s'y ajoute parfois *Acacia caffra* var, *campylacantha*, puis *Anogeissus leiocarpus*... et on a toute une série de termes de passage vers la savane arborée sur argiles des dépressions hautes du glacis précédemment décrite. L'étude des sols montre d'ailleurs une relation intéressante entre les conditions de drainage, les types de Vertisols et les formations végétales (voir 2e partie, chapitre III, p. 53). De même, à partir de la formation à *Acacia seyal* pur, on passe dans les mares argileuses à des savanes herbeuses et des prairies, ne comprenant que quelques *Acacia sieberiana* dispersés sur les bordures.

4 - LES SAVANES ARBUSTIVES CLAIRES

On doit faire un titre particulier pour ces paysages à végétation très claire caractérisant toutes les surfaces de "naga" (sols halomorphes lessivés). Ce sont des formations souvent un peu contractées, avec spécialement des *Lansea humilis* groupés en bouquets sur des petites buttes résistant à l'érosion par ruissellement en nappe. On y observe ensuite des espèces

éparses moins caractéristiques, comprenant surtout *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*. On peut également avoir des espèces isolées telles que *Combretum glutinosum*, *Tamarindus indica*. Le tapis herbacé est bas et strictement composé d'annuelles dont *Schoenefeldia gracilis*, avec une strate prostrée très fréquente, discontinue à *Microchloa indica*.

5 - LES GALERIES FORESTIÈRES

Elles sont limitées aux bordures basses des axes de drainage et aux portions où l'occupation par l'homme et la mise en culture sont réduites : systèmes des Bahr Djourf et Azrak principalement. Ces formations comprennent en particulier *Anogeissus leiocarpus*, *Tamarindus indica*, *Bauhinia reticulata* ; puis *Acacia scorpioïdes* ; parfois *Mitragyna inermis*, *Acacia sieberiana* ; avec des sous-bois et des fourrés denses à *Ziziphus*, *Acacia*, *Cissus quadrangularis*...

*

* *

L'action de l'homme s'exerce par une dégradation de la végétation naturelle, soit par la mise en culture, soit par le feu, soit par l'activité pastorale traditionnelle.

La mise en culture porte essentiellement sur les goz et les alluvions légères exondées où sont pratiquées des cultures sèches : coton, arachide et pennisetum en particulier. La savane arborée détruite est remplacée après la culture par une jachère arbustive à *Guiera*, *Boscia*, *Ziziphus*, *Hyphaene*. Cette profonde modification de la végétation ne constitue pas en soi un danger d'érosion excessif pour ces terrains. Bien plutôt la durée trop longue de la culture avant la jachère constitue le vrai risque d'épuisement et de dégradation des sols.

Le deuxième type de culture traditionnelle est le sorgho de décrue dans les plaines argileuses inondables, après destruction des *Acacia seyal*. Il est fréquent que sur ces sols en général riches, la culture soit pratiquée pendant des durées excessives atteignant 20 ans sans repos du sol.

L'activité pastorale comportant souvent des mutilations d'arbres pour atteindre les pousses terminales des rameaux pour la consommation par le bétail, et les feux de brousse pratiqués de façon constante, aggravent notablement les risques d'érosion sur les terrains naturellement les plus sensibles que sont le glacis cuirassé et les naga. Enfin, le bétail dégrade directement la surface du sol par son piétinement dans les zones de passage très fréquentées : larges abords des pistes de transhumance et environnements des puits.

Deuxième Partie

ÉTUDE DES SOLS



CLASSIFICATION DES SOLS

La classification générale des sols utilisée est celle présentée par G. AUBERT au colloque C.C.T.A. de LOVANUM en 1963 ; c'est une classification pédogénétique dans laquelle "les sols sont rassemblés en classes et sous-classes" en fonction de leur mode d'évolution et de l'intensité de celle-ci...

" Les classes et les sous-classes sont subdivisées en groupes de sols
" définis par des caractères morphologiques du profil correspondant à
" des processus d'évolution de ces sols... Les groupes comprennent en
" général plusieurs sous-groupes dont les caractères essentiels des profils
" sont les mêmes, mais qui sont différenciés soit par une intensité
" variable - d'une catégorie à l'autre-du processus fondamental d'évolution
" du groupe, soit par la manifestation d'un processus secondaire, indiquée
" par certains éléments nouveaux du profil... A l'intérieur des sous-
" groupes sont distinguées des familles de sols en fonction des caractères
" pétrographiques de la roche-mère ou de leur matériau originel".

Dans cette carte de reconnaissance au 1/200 000, les unités pédologiques cartographiées se situent au niveau du sous-groupe et de la famille : la classification régionale est donnée par la légende pédologique de la carte à laquelle s'ajoutent des associations et complexes cartographiques :

LÉGENDE PÉDOLOGIQUE

SOLS MINÉRAUX BRUTS

- d'origine non climatique
 d'érosion
 = Sols lithiques
 + Famille sur roches quartziques dominantes.
- . d'apport
 = Sols alluviaux et proluviaux
 + Famille sur dépôts sableux d'épandage actuel des cours d'eau temporaires.

SOLS PEU ÉVOLUÉS

- d'origine non climatique
- . d'apport
 = Sols peu évolués d'apport, essentiellement hydromorphes
 + Famille sur alluvions récentes à texture variable.

VERTISOLS

- Vertisols hydromorphes
 - . avec début de structure fine en surface
 - = Vertisols avec : plus ou moins rares ségrégations dans les horizons supérieurs
 - : présence fréquente de nodules calcaires
 - : présence fréquente d'effondrements et microrelief "Gilgai"
 - + Famille sur matériau argileux de la base des glacis.
 - + Famille sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis.
 - . largement structurés dès la surface
 - = Vertisols avec : ségrégations nombreuses et fréquentes dans les horizons supérieurs
 - : présence fréquente de nodules calcaires
 - : présence fréquente d'effondrements et léger microrelief "Gilgai"
 - + Famille sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis.
 - = Vertisols avec : ségrégations nombreuses et fréquentes dans les horizons supérieurs
 - : passage local à des sols à gley
 - : absence de phénomènes de carbonatation
 - : absence d'effondrements
 - + Famille sur alluvions argileuses anciennes à actuelles.

SOLS A SESQUIOXYDES FORTEMENT INDIVIDUALISÉS ET A HUMUS A DECOMPOSITION RAPIDE

- Sols ferrugineux tropicaux
 - . lessivés
 - = Sans concrétions (rarement à concrétions)
 - + Famille sur matériaux sableux à sablo-argileux, en général rougis, accumulés en piedmont des reliefs résiduels.
 - + Famille sur matériaux plus ou moins grossiers, avec faible profondeur, une ancienne accumulation d'hydroxydes de fer sous forme de concrétions ou de cuirasse.
 - = A pseudo-gley profond.
 - + Famille sur bourrelets alluviaux anciens, sableux à sablo-argileux.

SOLS HALOMORPHES

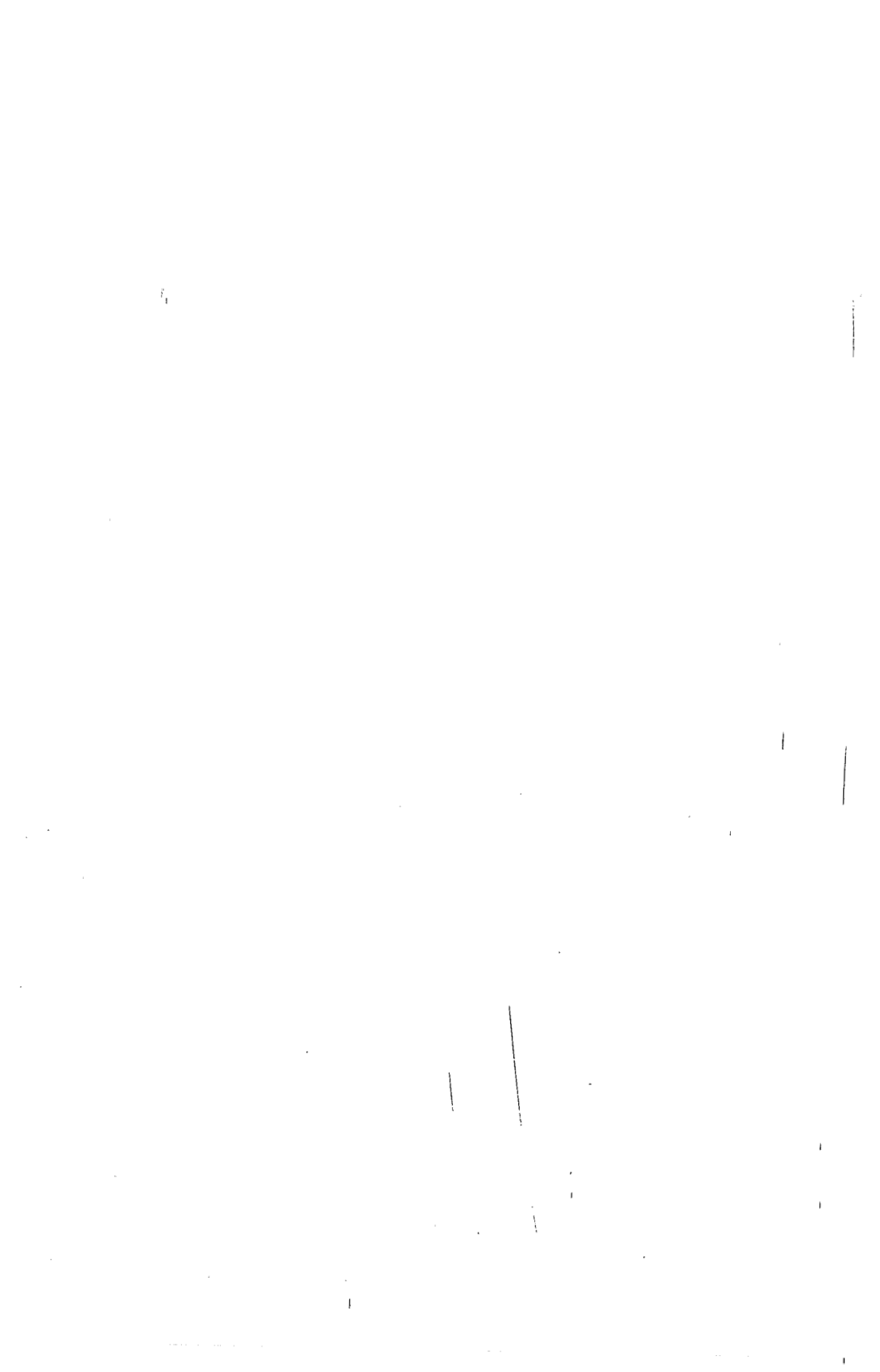
- à Structure modifiée
 - . lessivés à alcalis
 - = Solonetz solodisés dominants
 - + Famille sur matériau argilo-sableux dérivés de granites.
 - + Famille sur alluvions anciennes, sablo-argileuse à argileuses.

SOLS HYDROMORPHES

- minéraux
 - . sols à gley
 - = Gley de surface et d'ensemble
 - + Famille sur alluvions argileuses d'origines diverses.
 - . sols à pseudo-gley
 - = A taches
 - + Famille sur alluvions récentes à texture variable.

ASSOCIATIONS ET COMPLEXES CARTOGRAPHIQUES

- Dominance de vertisols hydromorphes avec début de structure fine en surface en association avec des vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface
 - + Famille sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis.
- Association de vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface et de sols halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis
 - + Famille sur alluvions anciennes.
- Dominance de sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond sur bourrelets alluviaux anciens, en association topographique avec des sols halomorphes à structure modifiée lessivés à alcalis sur alluvions anciennes.
- Complexe du système alluvial du Bahr Azoum, composé de sols peu évolués d'apport essentiellement hydromorphes, de sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley, de vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface passant localement à des sols à gley, de sols halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis et de sols minéraux bruts d'apport alluvial et proluvial.
 - + Sur alluvions et proluvions de textures diverses, avec une fraction limoneuse souvent importante.

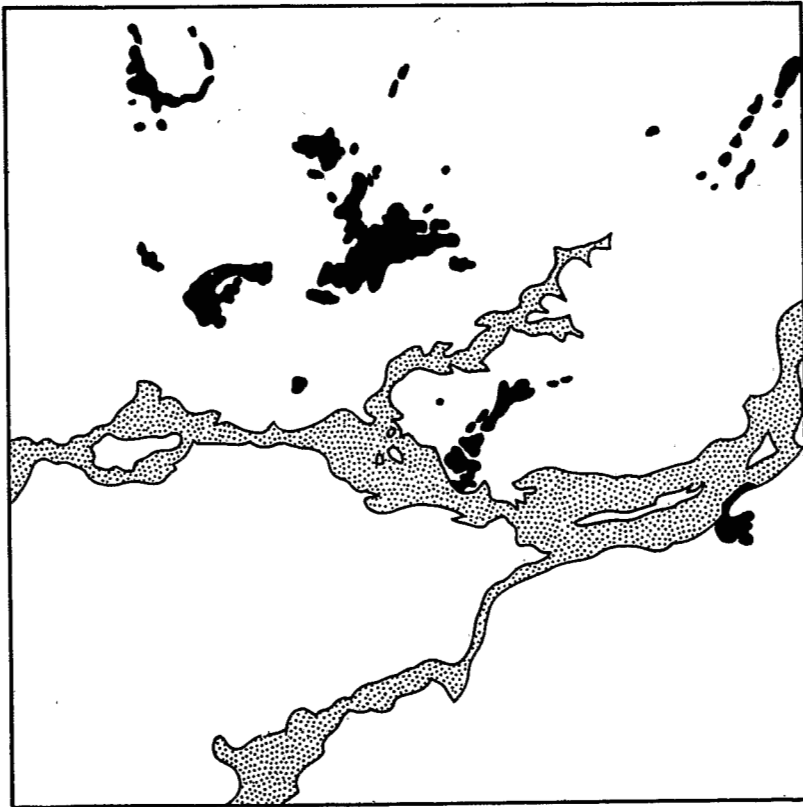



ÉTUDE MONOGRAPHIQUE DES SOLS

I - SOLS MINÉRAUX BRUTS

Les sols minéraux bruts correspondent d'une part aux affleurements rocheux ; d'autre part aux apports actuels des lits des cours d'eau temporaires.

SOLS MINÉRAUX BRUTS ET SOLS PEU ÉVOLUÉS



 Sols minéraux bruts : sols lithiques


 Complexe du système alluvial du Bahr Azoum avec sols minéraux bruts d'apport (S. alluviaux et proluviaux) et sols peu évolués d'apport

Figure 7

Les affleurements rocheux sont des sols lithiques d'érosion, d'origine non climatique. Ils correspondent aux massifs et fragments de massifs et occupent en surface approximativement 1 % seulement de la totalité de la feuille ; au point de vue nature pétrographique, on a une dominance de roches quartzitiques, avec de fortes variations de faciès et une proportion importante de quartzites micacées. En bordure des affleurements massifs, les talus d'éboulement et les accumulations de produits grossiers peuvent être masqués par des ensablements de piedmont. La répartition est essentiellement limitée à la moitié nord de la feuille correspondant à des massifs résiduels dominant le glacis adossé plus loin à l'ensemble du Ouaddaï ; tels sont les ensembles Hadjer Goz, H. Arkap, H. Am Kachoum et Digindeti qui sont les plus importants et les petits massifs d'Abouich et d'Alo-Tafé. Les massifs de Ndin et la montagne de Mongaré respectivement en bordure nord et sud du système alluvial du Bahr Azoum correspondent quant à eux à des témoins résiduels ennoyés dans la grande zone alluviale basse du Salamat.

Les sols alluviaux et proluviaux sont les décharges actuelles des cours d'eau temporaires, à peu près exclusivement localisées dans les lits eux-mêmes. Ce sont des produits sableux, souvent grossiers, en général micacés, qui sont remaniés ou augmentés chaque année par la crue ; ce sont donc typiquement des sols bruts d'apport, d'origine non climatique. Leur répartition est évidemment très dispersée comme le réseau hydrographique lui-même et ils rentrent dans le complexe cartographique alluvial dont ils ne représentent qu'une faible proportion.

II - SOLS PEU ÉVOLUÉS

Ce sont des sols peu évolués d'apport, non climatiques, développés sur les alluvions fluviatiles récentes à actuelles. Le caractère de faible évolution se retrouve généralement dans les profils par les litages et stratifications que l'évolution pédologique n'a pas oblitérés. En fonction de leur position topographique, dont dépend le niveau d'action des nappes en saison des pluies, ces sols présentent différents types d'évolution, l'hydromorphie étant le principal processus de différenciation. En général, l'apparition des caractères d'hydromorphie est liée aux caractères texturaux de certaines strates préférentiellement à d'autres, ce qui doit être considéré précisément comme typique de sols peu évolués hydromorphes. Toutefois même dans ce cas, l'intensité des caractères hydromorphes et leur importance dans l'ensemble du profil nous a conduit à inclure certains de ces sols dans la classe hydromorphe.

Outre cette dominance de sols plus ou moins hydromorphes, on note la présence de sols peu évolués bien drainés (Tim 11 Am Timan) et de sols présentant des tendances à l'alcalisation (Tim 39 Ndin).

Cet ensemble a été cartographié en complexe alluvial et passe latéralement soit aux vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur alluvions argileuses anciennes, soit à l'association de ces

mêmes vertisols avec des sols lessivés à alcalis de type solonetz solodisé également sur alluvions anciennes. Le complexe alluvial comprend aussi des plages de ces vertisols qu'il n'a pas été possible de cartographier, des sols à gley sur alluvions anciennes et enfin des sols jeunes sur argile de décantation actuelle à tendance vertisol (Tim 7 Am Timan). Lorsque ces mares de décantation sont assez importantes, elles ont été cartographiées avec les vertisols hydromorphes dont la famille est ainsi dénommée sur alluvions argileuses anciennes à actuelles ; du point de vue pratique, ce groupement se justifie pleinement.

On peut schématiser les relations mutuelles des sols du complexe entre eux de la façon suivante :

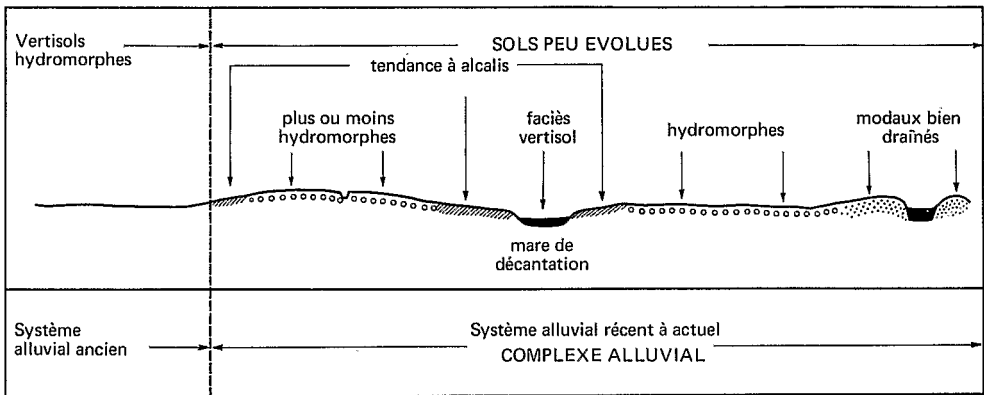


Figure 8

1 - Morphologie des sols peu évolués, modaux non hydromorphes

Profil Tim 11 Am Timan.

- Piste Am Timan Ganatir, 500 mètres avant Ganatir, sur un bourrelet alluvial du Bahr Azoum, à 400 m du Bahr.
- Alluvion récente finement sablo-limoneuse, complexe, richement micacée.
- Savane arbustive à dominance de *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus* avec des repousses d'*Hyphaene thebaïca* ; c'est une vieille jachère après coton.

0 - 18 cm : Horizon brun gris (10 YR 5/2 ; 10 YR 3/2 humide), humifère, finement sablo-limoneux, avec quelques passées sableuses ocre ; structure subanguleuse grossière moyennement développée ; assez dur ; forte macroporosité d'origine biologique tout en surface et pour l'ensemble de l'horizon, assez poreux, finement tubulaire + agrégats. Passage régulier et distinct à :

- 18 - 50 cm : Brun-jaune, un peu ombré très diffus de plages plus sombres ; finement sableux ; structure subanguleuse moyenne en emballage massif ; peu dur ; assez poreux, type tubulaire très fin. Passage ondulé et distinct à :
- 50 - 170 cm : Alternance de strates plus ou moins intensément colorées dans les brun pâle (10 YR 6/3 ; 10 YR 4/4 humide) ; finement sableux avec des lits peu épais (quelques mm), discontinus, peu abondants, brun plus foncé, plus argileux ; stratification entrecroisée localement très nette ; structure subanguleuse moyenne ; fragile, tendance particulière ; pas de porosité acquise.

Ce profil est uniquement caractérisé par la présence d'un horizon humifère ; absence totale de tendance évolutive ; au contraire on note les caractères juvéniles : absence de porosité acquise, à faible profondeur stratification entrecroisée visible...

2 - Morphologie des sols peu évolués hydromorphes

Profil Tim 26 - Fodio (28/4/1963)

- 3,5 km N.E. d'Algoz, dans le système alluvial du Bahr Djouf, sur une levée alluviale en bordure d'une colature secondaire - savane arborée assez dense à *Ziziphus*, *Balanites aegyptiaca*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia sieberiana*...
- 0 - 18 cm : Horizon brun-jaune (10 YR 5/4 ; 10 YR 4/2 humide), humifère, avec petites taches et traînées ocre à ocre-brun, distinctes, assez nettes et taches de même couleur très nettes, plaquées dans les canicules des racines : argilo-sableux à argilo-limoneux avec nombreuses paillettes de micas ; structure cubique moyenne à subanguleuse grossière ; dur ; assez poreux, type agrégats + tubulaire. Passage distinct et régulier à :
- 18 - 45 cm : Brun-gris (10 YR 5/2 ; 10 YR 4/1,5 humide), avec grandes taches diffuses et vagues, brun-noir et brun-jaune et petites taches ocre à jaune, nettes et distinctes : argilo-limoneux avec micas ; structure cubique à polyédrique grossière, tendance à surstructure prismatique moyenne ; dur ; assez poreux (+), type tubulaire et encore légère porosité d'agrégats. Passage distinct et régulier à :
- 45 - 70 cm : Brun-jaune clair (10 YR 6/4 ; 10 YR 5/6 humide), taché de rouille en taches petites et moyennes, distinctes et assez nettes ; en plus, quelques poches argileuses brun foncé ; finement sableux avec nombreux micas ; structure fondue, débit anguleux à surface mamelonnée ; peu cohérent ; faible porosité tubulaire. Passage distinct et régulier à :

70 - 100 cm : Gris-brun clair (10 YR 6/2 ; 10 YR 5/4 humide), a nombreuses petites taches jaunes diffuses et distinctes et marbrures brun-jaune diffuses et vagues ; plus, taches noires en voie de concrétionnement, nettes et frappantes, peu cimentées ; sableux ; structure massive, tendance polyédrique grossière ; peu dur ; assez poreux, type tubulaire de taille irrégulière.

- Racines : bonne pénétration dans toute la masse, lentement décroissante jusqu'à 70. A partir de 70, quelques racines seulement.

Ce profil est caractérisé morphologiquement par :

- la superposition de strates de textures différentes
- la présence de caractères d'hydromorphie étendus à tout le profil sous formes de taches, mais nettement plus marqués en profondeur.

On note en plus dans l'horizon superficiel une structuration de type cubique ; d'après l'ensemble des profils observés il est net que ce phénomène correspond à la conjonction d'une hydromorphie de surface et d'une texture suffisamment argileuse ; il est bien entendu que ce type de texture et donc de différenciation superficielle n'est pas étendu à tous les sols peu évolués hydromorphes, au contraire très variés.

Ces sols peu évolués hydromorphes passent de façon continue à des sols qu'on peut classer à pseudo-gley lorsque les phénomènes d'hydromorphie sont très intenses ou à d'autres types de sol hydromorphes, sols à gley en particulier, lorsque l'hydromorphie diffère dans ses modalités et peut envahir l'ensemble du profil.

3 - Diverses tendances évolutives

On trouvera en annexe le profil Tim 39 Ndin, faciès lessivé à alcalis, avec accumulation de carbonates, et légèrement salé. De même, Tim 7 Am Timan, faciès vertisol sur argile de décantation.

4 - Caractérisation analytique des sols peu évolués

Les sols peu évolués présentent des textures extrêmement diverses, aussi bien de profil à profil, que sur un même profil les strates successives entre elles. Toutefois, mises à part les argiles de décantation, on constate que tous ces sédiments satisfont à une loi granulométrique stricte, les points représentatifs étant distribués sur un triangle des textures autour d'une droite joignant les points (A = 8 ; L = 0 ; S = 92 et A = 47 ; L = 53 ; S = 0), ce qui correspond pour la famille de points à la double relation.

$$\frac{A - 8}{L} = \frac{A - 5}{L + 5} = \frac{47}{53} = 0,89$$

(A et L exprimés en %)

Ceci signifie que les fractions argile et limon varient dans le même sens et suivant une loi peu éloignée de la loi proportionnelle. Par ailleurs, le rapport sables fins/sables grossiers est :

supérieur à	1	dans	19	cas	sur	20
	5		18			20
	10		12		20,	et on peut donc conclure que

tous ces sols ont des textures relativement fines.

En fonction de ces relations, la granulométrie étant définie par la connaissance d'un seul paramètre, et tous autres éléments étant supposés favorables, en particulier le régime hydrique des sols, on peut par exemple proposer les vocations culturales suivantes :

moins de 10 à 15 % d'argile = sols sableux = arachide
de 15 à 35 % d'argile = bons sols à coton (on a alors 8 à 30 % de limon)
plus de 35 % d'argile = sorgho, maïs..., riz.

Les taux de matière organique sont compris entre 1 et 2 %, avec des rapports C/N inférieurs à 14 même dans les sols les plus hydromorphes. La réaction est neutre à légèrement acide en surface avec des pH descendant au plus à 5,8 dans le cas des sols les plus hydromorphes à C/N les plus élevés. Le complexe est proche de la saturation : le taux de saturation varie en surface de 70 à plus de 90 %, le Ca et le Mg représentent l'essentiel des cations échangeables, les rapports Ca/Mg étant ordinairement supérieurs à 50 % et pouvant atteindre 75 %. Enfin ces sols apparaissent bien pourvus en potasse échangeable et à un niveau moyen de réserves phosphoriques.

La matière organique est le seul agent structural dans ces sols peu évolués ce qui se traduit par une chute rapide en profondeur de la stabilité structurale et de la perméabilité, pouvant être un grave inconvénient dans le cas des textures assez lourdes par ralentissement du drainage interne.

En définitive et malgré cela, l'ensemble des sols peu évolués apparaît comme extrêmement intéressant. Leur vocation culturelle dépend essentiellement de leur texture et de leur régime hydrique.

5 - Extension cartographique

Le complexe alluvial qui représente un peu plus de 9 % en surface de la carte, est constitué par les unités dominantes suivantes :

les sols peu évolués hydromorphes passant au pseudo-gley
les vertisols hydromorphes à structure large sur alluvions argileuses passant à des sols à gley.

Comme il apparaît sur la carte, cette unité complexe est distribuée suivant les deux axes de drainage du Bahr Azoum et du Bahr Azrak. Entre ces deux ensembles, s'étendent les alluvions d'un réseau fluvial ancien portant des sols évolués constitués de sols ferrugineux tropicaux sur bourrelets et de vertisols et sols à alcalis sur alluvions ; ces bourrelets

anciens sont au sud-ouest de la feuille en deux bandes parallèles qui se rejoignent au centre de la carte au niveau et au sud du Ndin, là où se rejoignent également les deux axes du système récent ; en fait, à l'est de cette limite, le système ancien se fragmente et se perd dans le système récent en lambeaux qu'il n'a pas été possible de cartographier. Il s'en suit que le complexe alluvial est plus hétérogène encore dans sa moitié est.

6 - Utilisation - Conclusion

Les sols peu évolués assez légers et assez bien drainés sont principalement utilisés en coton, arachide et mil, supportant quatre à cinq années de culture continue avant d'être laissés en jachère. Les sols argileux inondables sont conduits en "berbéré" ou mil de décrue, souvent sans jachère pendant plus de dix ans ; aucune différence n'est faite entre vertisols et sols jeunes à faciès vertisols, la proximité du village et le régime d'inondation déterminant seuls la mise en culture.

Les zones cultivées sont rigoureusement calquées sur les zones à fortes densités de villages, le long du Bahr Azoum en particulier.

Il n'est pas douteux que ce complexe alluvial représente une des unités les plus intéressantes de la feuille Am Timan et qu'on pourrait y développer des cultures déjà largement pratiquées comme le coton et le mil mais aussi introduire et étendre d'autres types d'exploitation moins répandus ou inexistants. La vocation des sols et leur mode rationnel d'utilisation sont déterminés d'une part par leurs caractères physico-chimiques et tout spécialement leur texture, d'autre part leur régime hydrique résultant des caractères physiques des sols, essentiellement leur capacité de rétention et leurs facultés de drainage et de ressuyage et de leur mode d'approvisionnement en eau. Sur ces bases, on peut ainsi donner un schéma d'utilisation :

sols sableux bien drainés en surface : arachide, petit mil

sols sablo-limoneux à argilo-sableux, à bonne rétention d'eau sans asphyxie notable : coton

forte rétention d'eau après décrue : sorgho, maïs

inondation prolongée, absence de drainage interne : riz

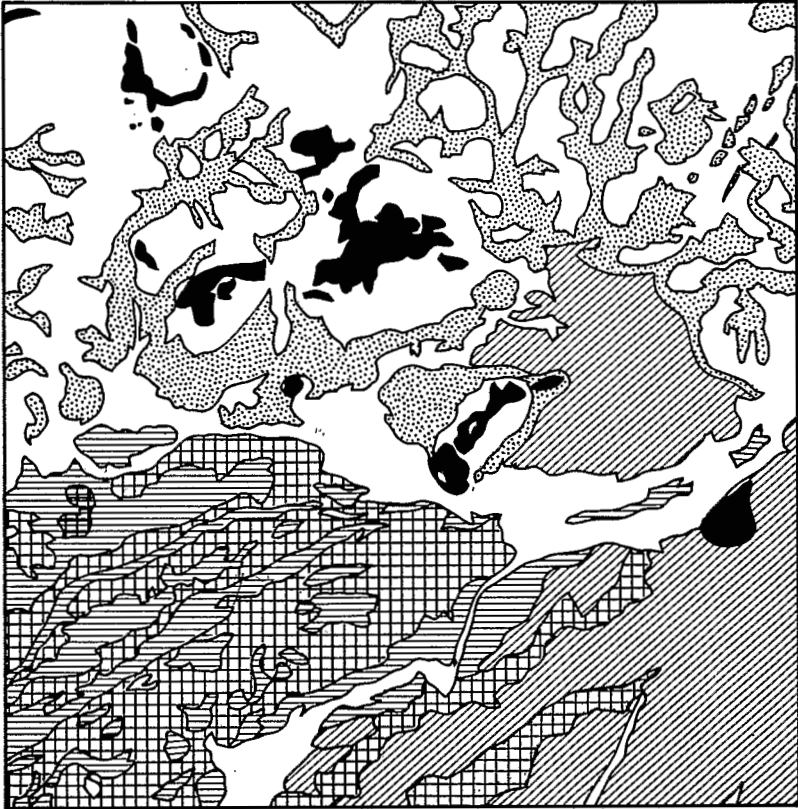
Parmi les cultures peu pratiquées qu'on pourrait développer sinon introduire, il faut retenir : les légumes en général, concombres, tomates, gombos, haricots, patates ; des cultures comme le tabac ; enfin des cultures fruitières : goyaves, mangues, agrumes.

III - VERTISOLS

Les vertisols se définissent comme des sols "à couleur foncée" relativement à leur teneur en matière organique et à structure prismatique ou polyédrique large et grossière accompagnée d'une macroporosité extrêmement faible des blocs sur au moins la moitié du profil".

Ces sols présentent très souvent de fortes teneurs en argile, en général gonflante, et se caractérisent par l'existence de mouvements mécaniques en rapport avec cette propriété.

VERTISOLS HYDROMORPHES



Avec début de structure fine en surface



Sur matériau argileux de la base des glaciers



Sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glaciers, associés avec et dominants sur des vertisols hydromorphes largement structurés sur mêmes alluvions

Largement structurés dès la surface



Sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glaciers



Sur alluvions argileuses anciennes à actuelles



id. en association avec des sols halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis

Figure 9

On distingue deux sous-classes suivant que le pédoclimat est seulement temporairement humide (vertisols lithomorphes) ou au contraire humide pendant de longues périodes (vertisols hydromorphes). Les sous-groupes sont définis par la présence ou l'absence d'un horizon superficiel à structure fine et aux niveaux plus détaillés de la classification on retient entre autres caractères les manifestations d'hydromorphie comme les ségrégations.

La classe des vertisols n'est représentée sur la feuille Am Timan que par des vertisols hydromorphes. Leur ensemble représente plus de 40 % de la superficie totale de la coupure ; c'est donc une unité d'une importance considérable qui se répartit comme suit :

- Vertisols hydromorphes à début de structure fine en surface sur matériau argileux de la base des glacis
197 000 ha = 16 % de la surface de la feuille.
- Dominance de vertisols hydromorphes à début de structure fine en surface associés à des vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur alluvions dérivées du matériau précédent :
202 000 ha = 17 % de la feuille.
- Vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur mêmes alluvions dérivées... (grande colature cartographiée au sud du Bahr Azoum)
14 300 ha = 1,2 % de la feuille.
- Vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur alluvions anciennes à actuelles
85 500 ha = 7 % de la feuille, pour les sols de cette catégorie cartographiés en unité pure
+ une proportion représentant sans doute près de 50 % des 176 500 ha (14,5 % de la surface de feuille) cartographiés en association avec des sols halomorphes lessivés.

La distribution relative de ces différents types est simple et correspond à la filiation de tous les matériaux argileux alluviaux à partir du matériau argileux de la base des glacis limité aux bordures de glacis et aux plaines ou chenaux pouvant atteindre plusieurs kilomètres de large distribués en réseau sur tout le glacis. Latéralement on a le contact côté amont avec le glacis cuirassé et vers le bas de pente, on passe aux vertisols sur alluvions dérivées de ce matériau et localisées dans de grandes cuvettes. Cette répartition générale peut être représentée par une coupe schématique N.S. partant du glacis jusqu'au delà du Bahr Azoum.

Il convient d'apporter une remarque à ce schéma qui pourrait faire supposer une filiation directe des matériaux entre eux le long de la coupe, alors qu'en réalité la pente générale est N.E. - S.W. ; il s'en suit que les alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis et à plus forte raison surtout les alluvions argileuses plus jeunes, ont en fait leur origine dans des matériaux argileux du glacis mais à l'extérieur de la carte en amont côté N.E. Ceci explique des positions en altitude relative

apparemment anarchiques, les alluvions argileuses les plus jeunes pouvant aussi bien être en ravinement et plus basses, que localement superposées aux alluvions dérivées du matériau de la base des glaciers dont elles dérivent bien elles-mêmes mais sur une plus vaste échelle.

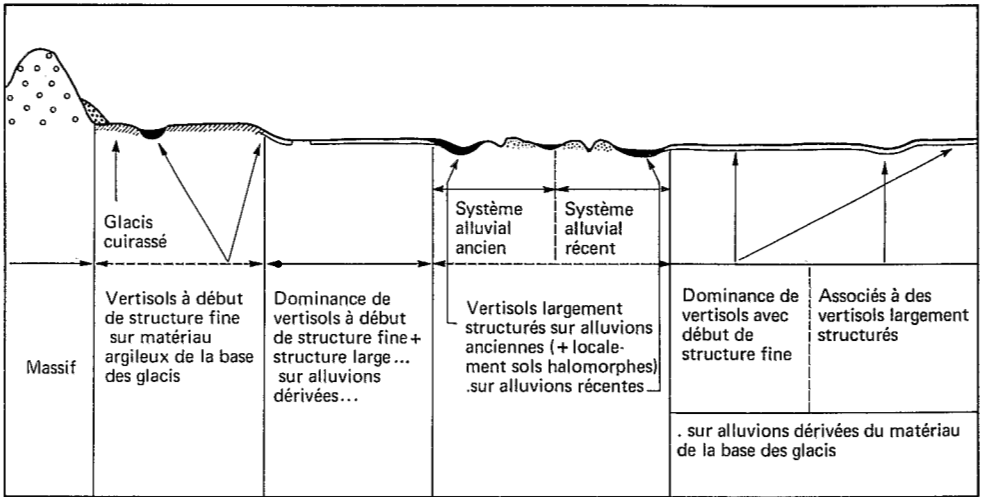


Figure 10

1 - Les vertisols hydromorphes à début de structure fine en surface

Il est commode de grouper pour l'étude les familles sur matériau argileux de la base des glaciers et alluvions dérivées ; le passage est d'ailleurs continu et les limites très difficiles à tracer.

1.1- Morphologie

Profil Tim 28 Eban (29/4/63)

- Localisé à 5 km N. d'Eban sur la piste de Bali.
- Matériau argileux.
- Savane arborée à *Anogeissus leïocarpus* et *Acacia caffra* var. *campylacantha*, *Boscia senegalensis*, des *Grewia*... strate herbacée composée de graminées annuelles mésophiles dominantes et de *Boreria*.

Observations de surface

- Fort microrelief = 1 à 2 m x 0,35
- Fentes de retrait recoupant le microrelief ouvertes de 5 à 6 cm en surface.

- Compartiments effondrés en U.
- Epanchage de nodules abondants, plus abondants aux points hauts du microrelief.

Profil : décrit sur une butte du microrelief

- 0 - 20 cm : Horizon brun-gris assez foncé (1,25 Y 4,5/4 ; 4/4 humide), argileux avec quelques gravillons ferrugineux et graviers quartziteux rares ; structure cubique moyenne à subanguleuse grossière avec sous-structure subanguleuse moyenne et remplissage subanguleux fin ; bien motteux ; emballage prismatique grossier ; très dur ; assez poreux, type tubulaire et agrégats. Passage distinct et ondulé à :
- 20 - 42 cm : Brun-gris foncé (1,25 Y 4/4 ; 4/4 humide), avec quelques petites taches ponctuelles jaune-rouge, nettes et distinctes ; même texture ; structure cubique moyenne bien développée se fractionnant en polyédrique moyen à grossier avec faces de glissement ; même emballage prismatique ; très dur ; peu poreux, type tubulaire fin dominant. Passage brutal et ondulé à :
- 42... observé jusqu'à 130 : Brun-olive clair (2,5 Y 5/3 ; 4/4 humide) ; argileux ; structure prismatique très grossière ; sous-structure polyédrique grossière avec faces de glissement revêtues mates et striées ; très dur ; compact. Sur tout le profil, on observe dans la masse des nodules calcaires peu nombreux et petits (1 cm). En surface les nodules atteignent 3 cm. Les racines sont très abondantes, bien ramifiées et pénétrant bien dans la masse sur 0 - 42 ; décroissance progressive dans 42 - 80 et disparition pratiquement totale à 80.
- Sur la même tranchée, 50 cm à côté, en point bas du microrelief, on observe un profil dont les caractères distinctifs sont les suivants :
- 0 - 5 cm : Structure subanguleuse très grossière, taché de rouille.
- 5 - 15 cm : Prismatique grossier, même couleur que 20 - 42 du profil décrit, mais taché en plages et taches grises et rouille.
- > 15 cm : Horizon prismatique très grossier analogue à > 42 du profil précédent.

L'ensemble des vertisols hydromorphes à début de structure fine présente des caractères morphologiques remarquables constants :

- Coloration assez claire du profil avec peu de variation verticale, passant de brun-gris foncé à brun-olive en surface (2,5 Y 4/2 à 4/4) à brun-gris à brun-olive clair en profondeur (2,5 Y 4 à 5/2 à 3,5).

- Variation de structure conforme au schéma général suivant : structure de l'horizon de surface caractérisée par la coexistence de plusieurs formes structurales et de plusieurs échelles de tailles ; ordinairement on a une association de cubique moyen ou/et subanguleux grossier avec un remplissage subanguleux fin ; le tout en emballage prismatique moyen à grossier. Vers 15 à 30 cm, cette fragmentation prismatique moyenne devient exclusive et on passe progressivement vers le bas à des structures prismatiques grossières et très grossières à sous-structure polyédrique ou en plaquettes obliques avec faces de glissement patinées striées.
- Les ségrégations sont assez fréquentes dans les horizons de surface mais toujours limitées en fréquence et en étendue. Le profil décrit plus haut montre par ailleurs la relation entre la position sur le microrelief et certains caractères morphologiques ; sur les parties hautes la structuration fine est plus développée et les phénomènes de ségrégation moindres par rapport aux parties basses.
- Les nodules calcaires sont irréguliers en taille et en répartition ; toutefois on peut faire les remarques suivantes :
 - . On observe rarement de phénomènes de carbonatation actuels et les nodules seraient surtout un héritage ; il en serait d'ailleurs de même pour la plupart des concrétions ferromanganésifères fréquemment observés.
 - . La présence de nodules abondants est plus constante et leur répartition plus homogène dans les sols sur matériau argileux de la base des glacis que sur les alluvions dérivées où ils sont fréquemment localisés dans un niveau du profil.
 - . Ils sont plus abondants dans les zones à meilleur drainage, soit à grande échelle, soit à petite échelle (sur les buttes du microrelief) et les gros nodules abondants sont localisés surtout en surface, remontés par des mouvements mécaniques. Parallèlement, c'est aussi dans ces mêmes conditions qu'on observe les structures fines les plus développées.
 - . Au point de vue surface, le microrelief gilgai est constant pouvant atteindre 40 cm d'amplitude et les effondrements sont très fréquents. Là aussi l'échelle de ces phénomènes et leur intensité semble liés aux conditions de drainage, mais de façon complexe.

1.2- Caractères analytiques

Les textures sont toujours argileuses, mais les taux d'argile varient d'un peu moins de 55 % à un peu plus de 70 % ; la moyenne est de l'ordre de 60 % ; la proportion de limon est en général comprise entre 10 et 15 % et les sables fins supérieurs aux sables grossiers. On note les plus faibles teneurs en argile pour les profils situés dans les portions hautes du glacis (Tim 58).

Les taux de matière organique sont compris entre 1 et 1,3 % avec des C/N de 11 à 13, exception faite des mêmes profils en positions hautes où le taux de matière organique peut s'abaisser à 0,5 % et le C/N à 8 ; ces caractères pourraient être liés à des phénomènes d'érosion. La décroissance avec la profondeur est lente.

La capacité d'échange varie de 25 à 40 mé % avec une moyenne de l'ordre de 30, en suivant assez fidèlement le taux d'argile. Le complexe est saturé ou très proche de la saturation ; les cations échangeables sont essentiellement Ca et Mg avec des rapports Ca/Mg de 3 à 6, plus élevés pour les sols de position haute et plus bas (2) pour les sols sur alluvions dérivées. Le pH est voisin de la neutralité : 6,5 à 7,6 en surface, et augmente en général avec la profondeur, où il peut dépasser 8 ; dans ces cas, on a souvent des taux de Na échangeable non négligeables et pouvant avoisiner 2 mé %, traduisant une assez nette tendance à l'alcalisation : les rapports Na éch/capacité d'échange sont compris entre 2 et 6 en profondeur. Les taux de calcaire sur terre fine sont faibles, les carbonates étant immobilisés dans une fraction concrétionnée grossière.

Les réserves en P₂O₅ sont médiocres et avoisinent parfois la carence. Les taux de potasse échangeable sont également médiocres.

L'indice d'instabilité structurale est de 3 à 4 en surface ; il atteint 6 à 7 pour les sols les moins bien pourvus en matière organique cette fraction apparaissant comme le principal agent de stabilité structurale, alors qu'en profondeur le Na joue le rôle inverse.

2 - Les vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur alluvions (anciennes à récentes)

2.1- Morphologie

Profil Tim 1 Am Timan (27/2/63)

- Localisé à 34,7 km W. d'Am Timan, sur la piste de Zakouma.
- Matériau argileux ; zone inondable.
- Savane armée très ouverte à *Acacia seyal* et *Hyparrhenia* en touffes.

Observations de surface :

- Réseau polygonal de fentes de retrait (50 à 80 cm) pouvant être ouvertes de 7 - 8 cm.
 - Pas d'effondrements.
 - Pas de microrelief vrai.
- Les polygones sont bombés (amplitude 10 - 15 cm) en leur centre ou latéralement, ces bombements étant couronnés de touffes d'*Hyparrhenia*,
- Surface du sol régulièrement mamelonnée : aspect verruqueux, amplitude en tous sens : 1 cm.

Profil

0 - 35 cm : Horizon gris foncé (5 Y 4/1 ; 5 Y 3/1 humide) avec de petites taches rouille nettes et frappantes : ponctuation 1 - 2 mm et taches linéaires liées aux racines ; argileux, avec quelques sables grossiers blancs, lavés, anguleux et quelques gravillons ferrugineux de 2 à 4 mm ; structure prismatique très grossière (10 à 40 cm de côté), bien développée ; très dur ; assez poreux, type tubulaire assez grossier en rapport net avec les racines. Chevelu racinaire dense à la verticale des touffes d'*Hyparrhenia*, peu dense mais assez régulier ailleurs. Passage ondulé et graduel à :

35... observé jusqu'à 90 : Gris foncé (5 Y 4/1 : 5 Y 3,5/1 humide), encore un peu taché analogue mais beaucoup moins dense et uniquement suivant les canicules des racines : présence également de racines ferruginisées et d'autres blanches desséchées ; même texture ; structure prismatique très grossière passant à massive (les fentes de retrait s'arrêtent vers 70 ; horizon frais) ; sous-structure polyédrique fine, moyennement développée avec faces des agrégats subhorizontales ou légèrement obliques à revêtement argileux ; très dur ; compact. Fines radicules peu nombreuses, homogènes dans la masse.

On note déjà, dans ce profil, une nette tendance au gley par sa couleur d'ensemble grise avec des taches liées aux canalicules des racines, mais c'est un terme assez central, cette unité passant fréquemment à des sols à gley.

Les caractères de ces vertisols hydromorphes largement structurés sont intéressants à comparer à ceux précédemment vus des vertisols hydromorphes à structure fine superficielle.

- La coloration ne varie presque pas sur le profil, mais est toujours gris foncé à brun-gris foncé (2,5 Y à 5 Y 4/1 à 4/2).
- La variation de structure correspond toujours à un schéma de type prismatique grossier à très grossier, s'élargissant vers la base ; vers le bas, la présence est à peu près constante de plaquettes obliques plus ou moins bien développées avec des faces de glissement patinées striées. Vers la surface, on peut observer des structures moyennes, parfois liées à la fragmentation due à la mise en culture, en général de type cubique, mais sans remplissage par une structure fine.
- Les ségrégations sont pratiquement constantes en surface ; avec les variations de structure ce sont les critères permettant de préciser des horizons à limites en général ondulées et souvent diffuses. Pas de carbonatation, ni de nodules calcaires ; par contre on peut observer des petites concrétions noirâtres Fe Mg.
- Absence de microrelief gilgai.

2.2- Caractéristiques analytiques : elles confirment et précisent les différences avec les vertisols à structure fine :

Les textures sont légèrement plus argileuses, les taux d'argile dépassant 70 % ; la proportion de limon peut être un peu plus forte ; la proportion de sables fins est à peu près équivalente aux sables grossiers ou légèrement supérieure.

Les taux de matière organique ne sont pratiquement jamais inférieurs à 1 % en surface et les C/N pas inférieurs à 11,5 %, sans atteindre toutefois de fortes valeurs puisqu'ils ne dépassent pas 13,5.

La capacité d'échange oscille entre 35 et 40 mé % ; le complexe est là encore saturé ou très proche de la saturation ; le Ca reste la cation dominant mais beaucoup moins nettement, puisque le rapport Ca/Mg est compris entre 1,5 et 3. Le pH peut être légèrement acide en surface (jusqu'à 6,0) ; très généralement, il remonte en profondeur où il dépasse, fréquemment la valeur de 8. La tendance à l'alcalisation est d'ailleurs générale : en profondeur le rapport Na éch./capacité d'échange varie entre 5 et un peu plus de 9 % ; il est également intéressant de mettre en parallèle cette tendance avec l'augmentation relative du Mg sur le complexe.

On trouve généralement des carbonates à l'état de traces.

Les réserves phosphoriques sont moyennes à bonnes et le taux de potasse échangeable est bon à très bon.

L'instabilité structurale est plus forte en surface que dans les vertisols à structure fine (Is de 5 environ au lieu de 3 à 4) ; en profondeur l'instabilité augmente nettement en liaison avec les phénomènes d'alcalisation.

3 - Les vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis

Ces vertisols sont associés à des vertisols à structure fine par rapport auxquels ils occupent des positions plus basses. Ils sont intéressants à comparer à ces vertisols à structure fine sur même matériau originel et aux autres vertisols à structure large sur alluvions anciennes à actuelles, soumis à des rythmes d'inondation comparables. Ceci permet d'aboutir à des conclusions sur l'influence respective du matériau originel et de certains facteurs d'évolution pédologique comme des régimes hydriques différents, dans la différenciation de ces sols.

Au point de vue morphologie, couleur, structure, ségrégations, ces sols sont tout à fait analogues aux vertisols largement structurés formés sur les autres alluvions (mise à part la présence de nodules calcaires hérités du matériau).

Par contre, au point de vue analytique, ces sols présentent des caractères intermédiaires : la texture les rapproche évidemment des vertisols à structure fine sur même matériau originel mais on trouve une petite fraction de carbonates dosables sur terre fine. Les teneurs et les caractères de la matière organique sont analogues à ceux observés dans les autres vertisols à structure large ; même parallélisme en ce qui concerne également la dynamique du complexe avec des rapports Ca/Mg de 2,5 et une égale tendance à l'alcalisation ; les taux de potasse échangeable sont là aussi assez élevés ; par contre, on retrouve la marque du matériau originel avec de très faibles réserves phosphoriques. Il est curieux que l'instabilité structurale en surface soit moins forte que pour les autres vertisols à structure large soumis à des régimes hydriques comparables ; il peut s'agir de l'action propre ou combinée soit de la nature de la fraction argileuse du matériau soit du calcaire ici présent.

4 - Conclusions sur les vertisols

4.1- Répartition et relations mutuelles

- Les vertisols sur matériau argileux de la base des glacis sont limités à la moitié nord de la feuille, localisés dans les chenaux du glacis et à sa bordure sud. Au sud du Bahr Azoum on en observe quelques extensions (Tim 12) dont la plus significative est sans conteste, la petite plage située sur le glacis nord de l'Hadjer Mongaré. Du point de vue répartition, c'est une unité essentiellement fragmentée qui se situe à des cotes comprises de 435 à plus de 460 m.
- Ces vertisols passent continûment et de façon diffuse vers le sud à la famille sur alluvions dérivées du matériau précédent : unité hétérogène quant à la morphologie des sols (présence de vertisols à structure fine et à structure large superficielle), mais représentant deux ensembles cartographiques considérables dans la moitié est de la feuille : la plaine dite KIBET au nord du Bahr Azoum et au sud la plaine dite elle-même Bahr Azoum.
- Enfin les vertisols largement structurés dès la surface sur alluvions sont limités aux systèmes alluviaux et sont répartis entre des cotes de 420 à 440 - 450 m. Ils représentent aussi une unité fragmentée et occupent surtout de grandes surfaces dans le système alluvial ancien soit en unité pure, soit en association avec des sols halomorphes lessivés (voir plus loin chapitre V, p. 69).

On a examiné précédemment la filiation des matériaux entre eux et la relation entre la morphologie des sols et les conditions de drainage externe ou plus précisément d'inondation. Pour autant que soit difficile à préciser les hauteurs, durées et régime d'inondation, on peut affirmer que la succession des différents types de vertisols dans l'ordre structure fine, structure grossière correspond à des conditions d'hydromorphie de plus en plus sévères et à des régimes hydriques où les conditions

asphyxiantes sont de plus en plus strictes; parallèlement suivant ce même gradient les phénomènes d'alcalisation se manifestent plus intensément à la base des profils. En fonction des conditions hydriques, les vertisols à structure large sur alluvions passent, soit aux sols à gley soit aux sols halomorphes.

- Les variations de paysage végétal traduisent également ces conditions de drainage :

. Sur les parties les plus hautes des glacis, là où les structures fines sont le mieux développées, on observe des savanes à *Anogeissus leiolepis*, *Acacia caffra* var. *campylacantha*, *Acacia seyal* : dans les cas les plus extrêmes on trouve jusqu'à quelques individus d'espèces réputées psammophiles, comme *Combretum glutinosum*, assez fréquent, *Sclerocarya birrea*, *Albizia chevalieri*.

. Au fur et à mesure que le drainage devient plus mauvais, les *Acacia seyal* deviennent prépondérants sinon exclusifs ; cette savane armée à *Acacia seyal* couvre des étendues considérables aussi bien sur vertisols à structure fine que grossière sur toutes les familles d'alluvions. Il semble d'ailleurs que la densité de cette savane augmente d'abord avec des conditions plus sévères d'inondation correspondant à l'apparition des structures larges (Tim 14 et 15), avant de diminuer à nouveau, lorsque la submersion devient plus intense.

. En passant en effet aux sols à gley, la végétation ligneuse peut disparaître totalement ou être réduite à quelques *Acacia sieberiana*.

4.2- Utilisation

Tous les vertisols sont localement dénommés par le terme de "Berbéré" qui désigne en même temps le sorgho de décrue qu'on y cultive traditionnellement.

- Les vertisols à structure fine sont rarement utilisés, ceci tient peut-être en particulier à leur répartition géographique dans une zone de la carte à très faible densité de population. Localement, ils sont cultivés en sorgho de décrue, ordinairement de belle venue, alors que ces sols sont franchement pauvres en phosphore et potasse.

- Les vertisols à structure large sur alluvions représentent une unité fortement cultivée. La culture pratiquée est le sorgho de décrue de type traditionnel, parfaitement adaptée au régime hydrique de ces sols emmagasinant des réserves d'eau suffisantes pour mener à terme aussitôt la décrue et en début de la phase d'assèchement le cycle végétatif du "Berbéré".

La mise en culture de ces sols correspond à leur répartition dans les systèmes alluviaux où la population est assez dense. Les zones cultivées sont souvent des plages d'extension réduite parce qu'entourées de zones exondées où se situent les villages ; il résulte que la proportion relative utilisée est faible et laisse de côté de très grandes plaines. Par rapport aux vertisols à structure fine, ils présentent de nombreux avantages : plus grande richesse chimique, absence de microrelief et sans doute bilan de l'eau plus favorable du fait du moindre drainage externe ; par contre, leur très nette tendance à l'alcalisation qui ne semble pas limiter actuellement leur mise en culture diminue certainement leur potentiel de production en agissant principalement sur leurs propriétés physiques.

- Dans les zones de passage aux sols hydromorphes à gley enfin, et lorsque le régime d'inondation est favorable, on a des possibilités immédiates de riziculture qui semblent parfois à peu près totalement ignorées. Avec des contrôles de l'eau dans les sites d'abord les plus favorables et les plus simples à aménager, ces possibilités pourraient être considérablement accrues.

IV - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

Les sols ferrugineux tropicaux font partie de la classe des sols à sesquioxides fortement individualisés et à humus de décomposition rapide dont ils représentent une des trois sous-classes définies par la nature des sesquioxides individualisés et leurs liaisons avec les autres éléments du sol ; dans les sols ferrugineux tropicaux il s'agit de sesquioxides de fer qui restent libres et individualisés. On distingue ensuite deux groupes suivant qu'il y a ou non lessivage de l'argile et dans le groupe lessivé, les sous-groupes sont définis en fonction des formes et du mode d'accumulation des sesquioxides.

Les sols ferrugineux tropicaux de la feuille Am Timan sont tous du groupe lessivé, en général à taches et dans quelques cas particuliers, à concrétions. Les ségrégations d'hydroxydes de fer apparaissent à différents niveaux à l'horizon d'accumulation, par suite d'engorgement. Lorsque cet engorgement résulte du lessivage lui-même colmatant les horizons d'accumulation, ce sont des sols à taches et concrétions ; si ces ségrégations apparaissent par un engorgement lié à la présence d'une nappe temporaire, ce sont des sols à pseudo-gley profond ; dans ce dernier cas en particulier des taches peuvent apparaître à la base des horizons lessivés.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés étudiés sont donc classés et se répartissent comme suit :

- = à taches, sans concrétions (rarement à concrétions)
- + Famille sur matériaux sableux à sablo-argileux, accumulés en piedmont des reliefs résiduels
- 7 000 ha = 0,6 % de la carte.

SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX



Lessivés, sans concrétions (rarement à concrétions)



Sur matériaux sableux à sablo-argileux, en général rougis, accumulés en piedmont de reliefs résiduels



Sur matériaux plus ou moins grossiers, avec à faible profondeur, une ancienne accumulation d'hydroxydes sous forme de concrétions ou de cuirasse

Lessivés, à pseudogley profond



Sur bourrelets alluviaux anciens, sableux à sablo-argileux

Figure 11

- + Famille sur matériaux plus ou moins grossiers, avec à faible profondeur, une ancienne accumulation d'hydroxydes de fer sous forme de concrétions ou de cuirasse
355 000 ha = 29 % de la carte.
- = à pseudo-gley profond
- + Famille sur bourrelets alluviaux anciens, sableux à sablo-argileux
35 900 ha = 3 % de la carte.

1 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés. Famille sur matériaux sableux à sablo-argileux, accumulés en piedmont des reliefs résiduels

Ces sols sont strictement localisés aux bordures des massifs et plus spécialement sur les bordures est et sud-est. Ils correspondent à des accumulations de piedmont dominées par les reliefs et recouvrant les glacis. Parfois le modelé de ces accumulations, reprises par le vent, passe à de véritables placages à surface ondulée.

La végétation type est une savane arborée régulière assez claire à *Sclerocarya birrea* et *Combretum glutinosum* avec *Anogeissus leiocarpus*, *Albizia chevalieri* ; les jachères portent des *Guiera senegalensis* très abondants.

1.1- Morphologie

Profil : Tim 35 Ndin (11/5/63)

- Localisé à 2 km E.N.E. de Ndin, sur un piedmont légèrement ondulé, sur une pente de 2 %, à mi-pente.
- Sables très légèrement argileux.
- Savane arborée moyennement dense à *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*, quelques *Dichrostachys glomerata*.

Surface : crouête ("splash"). Localement une légère érosion en nappe pouvant aller jusqu'à laisser les touffes de graminées sur des petites buttes.

Profil

- 0 - 15 cm : Horizon humifère, brun-gris (10 YR 5/2 ; 4/2 humide), avec quelques points de sable ocre-clair non enrobés d'humus ; sableux ; structure fondue à débits anguleux ; très friable, assez poreux, type agrégats. Chevelu radicaire très bien développé. Passage distinct et régulier à :
- 15 - 28 cm : Horizon lessivé, brun-gris plus clair, encore légèrement humifère ; mêmes autres éléments ; seulement éclairci par rapport à l'horizon précédent. Passage distinct et régulier à :
- 28 - 62 cm : Horizon lessivé avec accumulation en raies. Brun-jaune clair (10 YR 6/4 ; 7,5 YR 5/4), avec taches très diffuses et très vagues, ocre, de taille moyenne et peu nombreuses et à 42 et 58 cm, deux raies brun-rouge, de quelques mm d'épaisseur, sinueuses, plus dures ; sableux avec un peu d'argile ; structure fondue à tendance subanguleuse moyenne ; peu dur ; aspect poreux, type tubulaire dominant ; encore une forte densité de racines, bien ramifiées et pénétrant bien la masse. Passage distinct et régulier à ;

- 62 - 100 cm : Horizon d'accumulation diffuse avec légère ségrégation et raie. Jaune-rouge (7,5 YR 6/5. 5/6 humide) ; bariolage diffus et distinct dans les mêmes couleurs, plus claires et plus sombres, de taille moyenne ; une raie analogue aux précédentes à 84 cm ; sableux à sablo-argileux ; structure subanguleuse moyenne peu développée ; peu dur avec de petits noyaux plus durs correspondant à des taches ; finement poreux, tubulaire ; bonne pénétration de fines radicelles et quelques racines. Passage distinct et régulier à :
- 100 - 180 cm : Même horizon d'accumulation. Jaune-rouge (7,5 YR 6/6 ; 5/7 humide) avec taches assez nombreuses (-), ocre-rouille, plus nettes et distinctes ; deux raies rouille-brunes analogues aux précédentes, mais atteignant 1 cm d'épaisseur, à 104 et 140 cm ; sableux à sablo-argileux ; structure subanguleuse moyenne à grossière, faiblement développée ; dur ; vers la base de l'horizon un peu plus dur. Passage graduel et régulier à :
- 180 cm observé jusqu'à 220. Matériau sableux, brun-jaune clair, avec quelques gravillons ferrugineux et des concrétions rouge vif, bien cimentées, petites (< 1 cm) correspondant nettement à une cimentation en place à partir de taches.

Ce profil présente des caractères communs à tous les sols de cette catégorie et en particulier : la couleur de l'horizon humifère brun-gris pouvant passer à brune (10 YR 4/3), les variations texturales d'ensemble liées au lessivage et parallèlement les variations de structure et porosité. La profondeur relative des horizons humifère, lessivé et d'accumulation est également assez constante avec des limites vers 20 et 60 - 70 cm, tandis que la profondeur totale du sol oscille autour de 200 cm.

Ces sols présentent pourtant des variations importantes concernant :

- La texture du matériau originel et du profil, pouvant aller jusqu'à sablo-argileuse, - l'intensité des ségrégations et leur répartition liées au drainage interne conditionné lui-même par l'intensité du lessivage et la texture du matériau originel, - la couleur des horizons d'accumulation qui apparaît franchement rouge (5 YR 5/6) dans les types les plus sableux les mieux drainés et allant jusqu'à brun-jaune (10 YR 5/5) dans les cas extrêmes opposés, - la présence de raies et les types d'accumulation ; il semble toutefois que le type le plus fréquent présente d'abord une accumulation en raies dans les horizons lessivés, puis un horizon d'accumulation continue où se localisent les ségrégations.

On observe également des profils de passage et de transition, dont le type principal est représenté par des accumulations sableuses rouges peu épaisses sur cuirasse (Tim 24) pouvant reposer également sur des blocs rocheux et faisant le passage aux sols peu épais avec niveau grossier à faible profondeur.

1.2- Caractéristiques analytiques

Les horizons superficiels sont toujours très sableux avec souvent moins de 5 % d'argile, tandis que les horizons d'accumulation peuvent atteindre exceptionnellement 30 % d'argile ; les taux de limon sont inférieurs à 5 % ; les sables grossiers sont légèrement supérieurs aux sables fins, dans la proportion de 5/4 - 6/4.

Les taux de matière organique des horizons humifères varient autour de 0,7 à 0,9 % avec des C/N voisins de 12 à 13.

Le caractère de lessivage apparaît nettement dans les variations de la capacité d'échange suivant la proportion d'argile, mais aussi dans le coefficient de saturation et le pH qui présentent des variations parallèles plus ou moins nettes ; ainsi dans Tim 51, on a ;

Horizon humifère : A :	4%	;	T :	2,6 mé%	;	V :	77%	;	pH :	6,1
Horizon lessivé :	"	6%	;	" :	2,8 "	;	:	68%	;	5,0
Sommet de l'horizon d'accumulation	33%	;	" :	5,5 "	;	:	36%	;	4,3	
Base de "	29%	;	" :	8,1 "	;	:	54%	;	5,5	
Matériau originel	23%	;	" :	9,9 "	;	:	30%	;	5,9	

En fait les variations texturales d'origine pédologique peuvent être masqués par des remaniements superficiels, mais on a en général des horizons humifères neutres à légèrement acides, moyennement saturés ; puis les horizons lessivés et le sommet des horizons d'accumulation sont fortement acides et désaturés tandis que le pH a tendance à augmenter à la base, bien que parfois très faiblement.

Les bases échangeables sont essentiellement représentées par Ca et Mg avec des rapports $\text{Ca/Mg} \geq 2$.

Les taux de fer en valeur absolue soulignent, aussi, un fort lessivage, et on observe souvent une proportion plus forte de fer libre dans les horizons lessivés tandis que cet élément s'immobilise dans les horizons d'accumulation.

Ces sols présentent des réserves faibles en P_2O_5 , mais qui ne constituent pas de déséquilibre si on se rapporte aux teneurs en azote. Par contre les teneurs en potasse échangeable sont médiocres à mauvaises.

1.3- Conclusions

Cette unité d'extension réduite est constituée de sols pauvres en valeur absolue ; pourtant les sols ferrugineux tropicaux sableux présentent ordinairement une dynamique microbienne très active et la rapidité des phénomènes de minéralisation compense en partie la faiblesse des réserves ;

par ailleurs, ces sols sont faciles à travailler et leur profil hydrique est favorable pour la culture du mil et de l'arachide ; à cause de leur structure peu développée en surface en liaison avec leur texture sableuse, on doit veiller à éviter tout risque de dégradation excessive.

2 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés. Familles sur matériaux plus ou moins grossiers avec à faible profondeur, une ancienne accumulation d'hydroxydes sous forme de concrétions ou de cuirasse

Cette unité a une importance géographique considérable puisqu'elle représente 29 % de la surface totale de la carte. Elle se limite à la partie nord de la feuille s'étendant à tout le système de glacis adossés aux massifs résiduels. Les matériaux présentent des variations de détail, mais on trouve partout les témoins d'une ancienne pédogénèse du type ferrugineux tropical à accumulation d'hydroxydes sous forme de gravillons ou de cuirasse. Ces glacis constituent une immense auréole sur le piedmont du Ouaddaï et autour des massifs résiduels ; la base de ce système se situe vers la côte 440 et vers le sud on passe au grand système alluvial multiple du Bahr Azoum et du Salamat.

2.1 - Morphologie

Profil Tim 55 Alo (25/5/63)

- Localisé 18 km au sud d'Alo sur la piste de Barda, sur un fragment de glacis cuirassé, présentant une légère pente vers le N.W.
- Matériau fortement graveleux (gravillons) reposant sur une cuirasse ferrugineuse à faciès lamellaire à 35 cm.
- Savane arborée du type annelé avec *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leïocarpus*, *Tamarindus indica*, *Albizia chevalieri*, quelques *Balanites aegyptiaca* et des fourrés denses à dominance de *Dalbergia melanoxylon* et *Acacia athaxacantha*.

On note la présence de termitières beige rosé assez abondantes, petites en dehors des fourrés, grandes à l'intérieur des fourrés.

- 0 - 9 cm : Petite croûte lamellaire sur 4 - 5 mm, gris brun, peu consistante, puis horizon humifère brun assez foncé (10 YR 4/3 ; 7,5 YR 3/2 humide) ; sablo-graveleux : gravillons inférieurs à 1 cm et graviers de quartz atteignant 2 cm ; structure subanguleuse moyenne, moyennement développée ; rôle important des racines dans la structuration ; les éléments grossiers sont bien emballés dans les éléments structuraux ; fragile ; assez poreux, type agrégats. Passage distinct et régulier :

- 9 - 17 cm : Horizon lessivé, brun-rouge (5 YR 4/3) ; mêmes textures et éléments grossiers ; structure subanguleuse moyenne, moyennement développée avec sous-structure subanguleuse très fine ; peu dur ; poreux. Passage régulier et distinct à :
- 17 - 35 cm : Horizon d'accumulation, rouge-jaune (5 YR 5/5 ; 4/6 humide) ; plus fortement et plus grossièrement graveleux mais avec matrice argilo-sableuse ; quelques revêtements argileux sur agrégats et surtout sur gravillons ; structure massive, fragile : matrice à structure subanguleuse très fine ; peu dur ; poreux (-), à pores tubulaires très fins. Passage brutal et régulier à :
- 35 cm : Cuirasse ferrugineuse grossièrement alvéolaire à faciès lamellaire ; cassure jaune, parfois rouge vif ; revêtements argileux rouge dans les alvéoles.

Racines : Dans 0 - 17 : Chevelu graminéen très fin extrêmement dense. En dessous de 17, de fines racines ramifiées descendent et pénètrent très légèrement la cuirasse. Les grosses racines présentent leur maximum de densité vers 20 où elles tendent nettement au développement horizontal.

- La grande majorité de ces sols ont une faible profondeur, mais les profils présentent par ailleurs des variations concernant :
- . Le matériau originel, dont la granulométrie peut aller de plus ou moins fortement graveleuse en surface (essentiellement des gravillons) reposant ou non sur cuirasse, à des produits sableux à argilo-sableux peu épais - ordinairement moins de 40 cm - reposant sur des niveaux graveleux ou directement sur cuirasse.
 - . Le type de différenciation en sol ferrugineux tropical lessivé peu profond est à peu près constant, l'horizon d'accumulation se continuant dans le niveau grossier. Les variations de différenciation concernent la présence et l'intensité des ségrégations et la remise en mouvement possible du fer. Il n'est pas douteux que le colmatage des anciens horizons d'accumulation de fer par l'accumulation actuelle d'argile créé des conditions très favorables à la remise en mouvement de ce fer et on observe ainsi des tendances à la cimentation générale de niveaux grossiers.
- Tous ces sols peu profonds présentent des horizons humifères peu épais, en général inférieur à 10 cm, de couleur brune à brun-gris (10 YR 5/3 à 5/2) ; ordinairement l'accumulation d'argile souvent en revêtements discontinus dans les pores et cavités des niveaux grossiers présente des couleurs vives brun-rouge à rouge-jaune (5 YR 5 à 6/4 à 5).
- On observe localement des sols sur matériau sablo-argileux profonds reposant sur cuirasse, différenciés également en sols ferrugineux tropicaux lessivés (Tim 43) ; enfin sur matériaux graveleux très perméable on peut avoir des différenciations profondes de profil lessivé (Tim 49, sur gravillons et fragments de roche).

- Des termes de passage enfin se font côté amont vers les sols ferrugineux lessivés sur matériau accumulé en piedmont, cette accumulation se terminant en biseau sur le glacis (Tim 54 Alo) et côté aval, à la rupture de pente ceinturant les dépressions à vertisols, on peut observer des tendances halomorphes. Localement, par plages, il peut se produire aussi des passages aux sols hydromorphes.

2.2- Caractéristiques analytiques (des sols peu profonds, dominants)

Les textures sont extrêmement variables de profil à profil, et les analyses granulométriques de terre fine sont très difficile à interpréter sous l'angle lessivage, vu l'interférence des phénomènes anciens et la forte proportion d'éléments grossiers formant le support des horizons d'accumulation. On remarquera toutefois que les horizons de surface sont presque toujours sableux avec des rapports Sg/Sf très variables mais supérieurs à 1.

Les taux de matière organique sont assez élevés dans les horizons humifères, 1,5 à 2 % avec des C/N de 12 à 14 et décroissent lentement avec la profondeur.

Le pH et le taux de saturation montrent une variation nette en fonction du lessivage : saturation à 70 - 90 % en surface, désaturation et acidification des horizons lessivés pouvant être très acides (pH autour de 5) et remontée dans les horizons d'accumulation.

La capacité d'échange est en général maximum en surface en liaison avec les taux de matière organique ; malgré les augmentations d'argile en profondeur, la capacité d'échange décroît ; dans les horizons d'accumulation, la capacité d'échange rapportée à la fraction argileuse n'est en effet que de 20 à 30 mé/100 g d'argile. Les rapports Ca/Mg varient de plus de 2 à un peu moins de 1.

Les analyses de fer sont difficiles à interpréter du fait des fortes proportions de fer total, même dans la terre fine, en rapport avec la nature et l'origine du matériau représentant lui-même une ancienne accumulation d'hydroxydes. Les teneurs en P 205 en surface sont moyennes à médiocres et les taux de K échangeable moyens.

2.3- Commentaires et conclusions

Comme souligné plus haut à propos des termes de passage, l'unité cartographiée dans cette catégorie de sols est loin d'être parfaitement homogène. Les sols dominants, peu profonds avec niveau grossier à faible profondeur, portent des formations végétales caractéristiques de type brousse tigrée s.l., brousse annelée... décrites en première partie (cf. p. 27-29). On passe parfois mais rarement au paysage de boval avec cuirasse subaffleurante (Tim 27 - Eban).

Ces sols peu profonds, localement appelés "Hamout" ne sont pratiquement pas cultivés. Dans toute la zone de glacis, la population est en effet concentrée aux proches abords des massifs et sur les "Goz rouges" de piedmont qui sont cultivés.

Ces sols ferrugineux avec niveau grossier peu profond ne sont pas spécialement pauvres ou déséquilibrés mais ils présentent des propriétés physiques nettement défavorables à l'installation des cultures qui risquent de ne s'enraciner que très superficiellement et de périliter faute de pouvoir utiliser un profil hydrique par ailleurs favorable.

Seuls les plus profonds et les plus profondément meubles de ces sols peuvent être retenus pour des cultures de petit mil, mais ces possibilités restent limitées et en raison de la forte susceptibilité à la dégradation de tels sols, il apparaît plus justifié de réserver à toute cette unité une vocation pastorale et forestière au sens large.

3-Sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond. Famille sur bourrelets alluviaux anciens, sableux à sablo-argileux

Cette catégorie de sols développés sur des bourrelets des systèmes alluviaux anciens ne correspond pas à une unité cartographique pure, mais à une dominance dans une association topographique avec des sols halomorphes lessivés. La disposition relative des sols des systèmes alluviaux anciens, schématisée ci-après, est simple et rend compte des relations génétiques entre les sols en même temps que de leur répartition.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sont situés sur les points hauts essentiellement constitués par les bourrelets tandis que les sols halomorphes lessivés sont sur les bas de pente ou les points bas non inondés entre les bourrelets.

Au point de vue répartition géographique, on a :

- Deux grandes bandes partant du coin S.W. de la carte au nord de la piste Am Timan - Zakouma, s'étirant sur 80 km de long entre le Bahr Azrak et le Bahr Azoum pour se rejoindre au sud du massif de Ndin et se disloquer et se perdre plus à l'est dans le système alluvial actuel. Il s'agit de bourrelets rectilignes.
- Deux ensembles moins importants et plus fractionnés l'un au nord du Bahr Azoum et l'autre beaucoup plus fractionné encore correspondant au système ancien du sud du Bahr Azoum où il s'agit de bourrelets en forme de croissant localisés dans les concavités des méandres des axes de drainage.

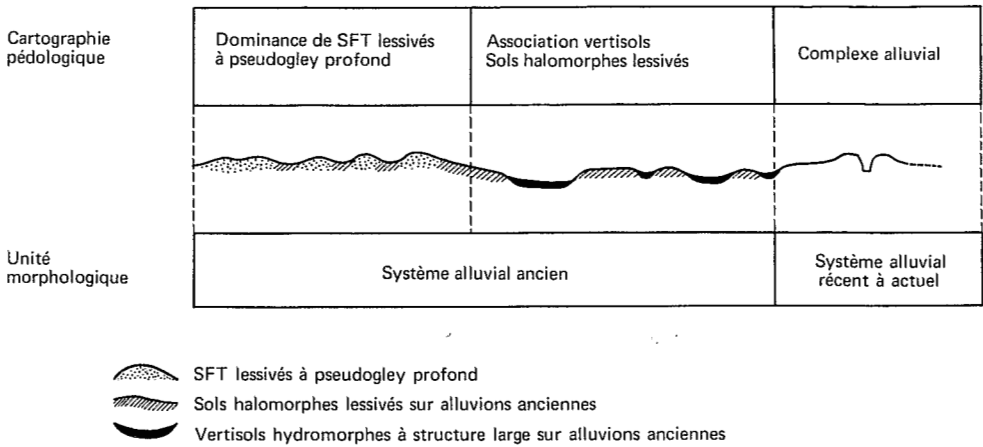


Figure 12

3.1- Morphologie

Profil Tim 3 Am Timan (28/2/63)

- Localisé à 34,7 km d'Am Timan sur la piste de Zakouma, sur un bourrelet, en haut d'une pente de 2 %.
- Alluvion sableuse à sablo-argileuse ancienne, légèrement micacée.
- Savane arborée à *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicenioides* et quelques *Balanites aegyptiaca*.

0 - 20 cm : Horizon humifère, brun (10 YR 5/3 - 10 YR 3/2 humide) ; sableux avec présence de micas peu abondants, et sables quartzeux anguleux dans la fraction grossière ; structure fondue, débit anguleux assez grossier ; peu dur ; assez poreux. Passage régulier et distinct à :

20 - 32 cm : Horizon lessivé, brun jaunâtre, avec marbrures diffuses et vagues plus ocre ; texture analogue ; présence de petits noyaux durs ocre - rouille ; structure fondue, tendance polyédrique moyenne ; peu dur (+) ; assez poreux ; type tubulaire, plus fin et plus dense. Passage régulier et distinct à :

32 - 105 cm : Horizon d'accumulation hétérogène, brun-jaune (10 YR 5/5 ; 7,5 YR 4/4 humide), un peu plus foncé vers le bas et taché : taches rouille-brunes moyennes, assez nettes, distinctes, peu abondantes, jugées plus argileuses ; grandes plages et traînées, plus sableuses, beige clair, assez nettes et

distinctes, d'aspect lavé ; sableux à sablo-argileux ; même présence de petits noyaux plus durs, plus argileux ; structure massive, nette tendance polyédrique moyenne ; dur ; poreux type tubulaire fin. Passage régulier et graduel à :

105... observé jusqu'à 145 : brun-jaune (plus foncé : 10 YR 5/4 ; 10 YR 4/4 humide) avec petites taches noires, nettes et distinctes et traînées sableuses plus jaunes ; sablo-argileux avec même éléments ; même structure ; dur (+) ; moins poreux.

Racines : Bonne pénétration et intense ramification dans l'ensemble ; densité surtout forte jusqu'à 60-80, nettement plus faible en dessous.

Cette catégorie de sols est susceptible de fortes variations :

- La nature même du matériau originel de type alluvial d'origine fluviale implique des textures diverses et ce matériau est souvent complexe et stratifié. Une caractéristique constante est la présence de micas en plus faible proportion que dans les alluvions récentes. Noter que dans le cas de matériau sableux homogène, on observe les accumulations en raies (Tim 41 Ndin).
- L'intensité des phénomènes d'hydromorphie de profondeur et le niveau d'action de la nappe dans le profil conduit également à des différences morphologiques : apparition de concrétions dans les horizons d'accumulation ou présence de taches diffuses dans les horizons lessivés (Tim 53 Am Timan). On passe ainsi jusqu'au sols hydromorphes (Tim 10 Am Timan).
- On a enfin le passage aux sols halomorphes, soit en bas de pente, soit dans certains cas de bourrelets peu marqués. Ce passage est strictement lié à des actions de nappe en profondeur, et son premier stade correspond à l'apparition de phénomènes de carbonatation dans les horizons profonds de sols ferrugineux tropicaux en général alors sur matériau complexes (Tim 6 Kanaday).

Malgré ces très fortes causes de variations, tous les profils montrent des caractères constants de nette évolution de type ferrugineux tropical lessivé : l'horizon humifère a une épaisseur de l'ordre de 20 cm et sa couleur est en général brun gris (10 YR 5/2) ; l'horizon lessivé faiblement éclairci, s'étend jusqu'à 30 à 50 cm de profondeur ; apparaît ordinairement ensuite un horizon plus argileux dans son ensemble où coexistent des phénomènes d'accumulation avec des plages lessivées ; entre 70 et 100 on passe à l'horizon d'accumulation hydromorphe, dont la couleur de fond est très généralement brun-jaune (10 YR 5/4).

3.2- Caractéristiques analytiques

Tous les horizons superficiels sont sableux : et les teneurs en argile dépassent rarement 25 % à un niveau quelconque des profils tandis que le taux de limon est toujours inférieur à 15 %. A quelques exceptions près, les sables grossiers sont légèrement plus abondants que les sables fins encore que le rapport puisse être très variable sur le même profil, indiquant bien la complexité du matériau (Tim 6 Kamaday).

Les taux de matière organique sont voisins de 1 % avec des C/N compris entre 12 et 15. Le pH superficiel est voisin de 6 ; on peut observer une nette acidification dans les horizons lessivés avec une remontée dans les horizons d'accumulation. Il est remarquable de constater que dans les cas de passage aux sols halomorphes, on observe des pH voisins de 8 en profondeur avec apparition de carbonates, mais sans alcalisation très nette du complexe.

La capacité d'échange elle-même est très variable avec la texture ; en surface, elle varie de 4 à 8 mé % avec des taux de saturation de 50 à 80 %. La saturation augmente toujours en profondeur ; ceci correspond au phénomène général de l'accumulation commun à tous les sols ferrugineux tropicaux lessivés, et aussi à l'action de la nappe en profondeur qui détermine morphologiquement le pseudo-gley ; le rapport Ca/Mg varie de 2 à 4 sauf exception rare.

Ces sols sont moyennement pourvus en acide phosphorique, mais ils sont médiocrement pourvus en potasse échangeable. Enfin leur indice d'instabilité structurale en surface est bas, mais leur texture très sableuse doit toutefois les faire considérer comme fragiles. Leur perméabilité ordinairement élevée en surface est un caractère intéressant tant pour la résistance au ruissellement que le stockage efficace des pluies reçues.

3.3- Utilisation

Ces sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond sont principalement cultivés en coton et petit mil. La culture de coton est développée en particulier tout le long des deux grands ensembles rectilignes parallèles où la densité de population est assez forte, et où le réseau de pistes permet une commercialisation facile.

Le régime hydrique favorable de ces sols, leur facilité de mise en culture et leurs propriétés chimiques convenables confèrent en effet à cet ensemble des possibilités d'utilisation très intéressantes.

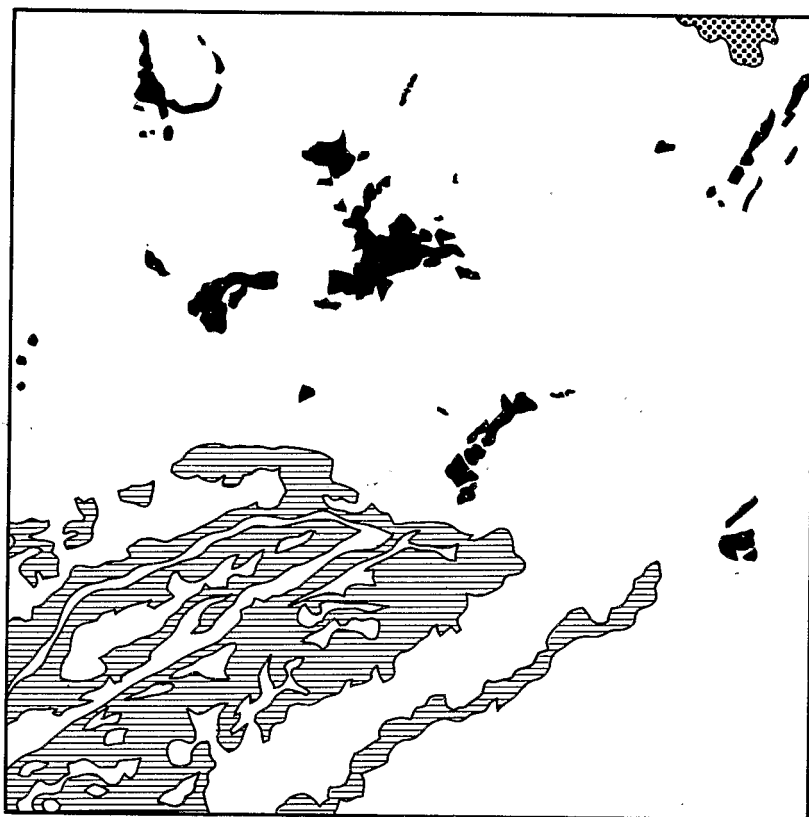
L'exploitation pourrait toutefois être accrue en augmentant les surfaces de coton sur les sols à textures les plus fines et à drainage moyen tandis que les sols sableux les plus secs et bien drainés pourraient notamment être réservés à l'arachide.

V - SOLS HALOMORPHES

Les sols halomorphes sont divisés au niveau de la sous-classe suivant les caractères essentiels d'évolution pouvant être soit la richesse en sels solubles, soit la richesse en sodium échangeable d'au moins un horizon avec modification de la structure.

Les sols halomorphes observés et décrits sur la feuille Am Timan sont des sols à structure modifiée, lessivés à alcalis et généralement de type solonetz solodisé.

SOLS HALOMORPHES



Solonetz solodisés dominants



Famille sur matériaux argilo-sableux dérivés de granites



Famille sur alluvions anciennes, sablo-argileuses à argileuses, associés à des vertisols hydromorphes largement structurés, sur alluvions argileuses

Figure 13

La structure dite modifiée est en rapport avec la richesse en sodium échangeable d'une partie du profil, sodium qui en dispersant les colloïdes donne des horizons compacts, à structure massive ou à développement vertical.

Le type solonetz est un sol lessivé à alcalis caractérisé par la présence d'une structure en colonnes au sommet des horizons d'accumulations ; dans le solonetz solodisé enfin, on a un horizon A 2 clair et acide à la base des horizons lessivés, résultat de la solodisation. Ce phénomène de solodisation consiste en une dégradation très poussée qui par le jeu de lessivage ne laisse en place que de la silice, tous les autres éléments libérés étant entraînés.

Dans les sols halomorphes de la région d'Am Timan, on observe très généralement cet ensemble de caractères ; l'amorce de solodisation en particulier est à peu près constante, tandis que les horizons lessivés peuvent être très peu épais et les structures colonnaires pas toujours très nettes.

Deux catégories ont été retenues en fonction du matériau originel.

- L'une sur matériau argilo-sableux dérivés de granites, qui ne représente que 3 000 ha dans le coin N.E. de la feuille soit environ 0,25 % de la carte.
- L'autre sur alluvions anciennes, sablo-argileuses à argileuses cartographiée en association avec des vertisols hydromorphes largement structurés, cette unité représentant au total 176 000 ha, soit 14,5 % environ de la surface de la carte.

1 - Famille sur matériau argilo-sableux dérivé de granites

Cette unité d'importance restreinte correspond à la partie basse d'un glacis de dénudation s'étendant largement vers le nord sur la feuille Am Dam et dominée plus au nord par un glacis d'épandage cuirassé à sol ferrugineux tropical lessivé (Hamout), l'ensemble formant le versant sud du massif de Tchokio.

On doit noter que cette unité meurt pratiquement vers le sud avec cette tache sur le coin de la feuille Am Timan, tandis qu'elle représente soit en unité pure, soit en association avec des vertisols hydromorphes plus de 35 % de la surface de la feuille Am Dam; sur la feuille Am Dam, cette unité comprenant des solonetz et des solonetz solodisés avec ou sans accumulation calcaire et avec des horizons lessivés plus ou moins épais occupe les parties moyennes et basses des glacis de dénudation ; elle est dominée vers l'amont par les glacis d'épandage cuirassé ou directement par les reliefs résiduels avec ou sans accumulation sableuse de piedmont, tandis que vers l'aval, on note un passage aux vertisols hydromorphes.

Sur la feuille Am Timan, cette unité se réduit très généralement à un mince liséré non cartographiable à tendance halomorphe au contact glacis cuirassé - vertisol hydromorphe. Cette disparition vers le sud doit être essentiellement reliée à des différences lithologiques qui jouent également par l'intermédiaire de la morphogénèse héritée : les matériaux dérivés de roches granitiques calco-alcalines ou alcalines d'Am Dam présentent de longues séquences texturales le long des glacis avec augmentation des éléments fins sur les parties moyennes et basses à drainage ralenti, conditions très favorables à l'apparition de ces sols.

On trouvera en annexe la description d'un sol se rattachant à ce type (Tim 59 Alo), avec un horizon lessivé très réduit et une solodisation sur les faces des agrégats de l'horizon sous-jacent, qui n'est qu'une variante du type solonetz solodisé largement décrit sur la feuille Am Dam. Il correspond à ces sols un paysage typique ("naga") avec une savane arbus-tive très lâche dont les espèces caractéristiques sont *Acacia seyal* et *Lankea humilis*. Ces sols ne sont pas utilisés, ni utilisables hormis comme terrain de parcours.

2 - Famille sur alluvions anciennes, sablo-argileuses à argileuses

A propos des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond sur bourrelets alluviaux anciens, a été présenté un schéma donnant la répartition générale des sols dans ces systèmes alluviaux anciens (cf. p.63). Il en ressort que les sols halomorphes sont situés :

- Soit sur les surfaces de raccord étroites en faible pente entre les bourrelets et les mares temporaires ou plaines basses inondables.
- Soit dans les flats non inondables séparant, suivant de longs couloirs, les bourrelets entre eux.
- Soit sur de faibles éminences exondées au milieu de plaines inondables.

C'est en conséquence un ensemble extrêmement morcelé, qui n'a pas été cartographié en unité pure, mais qui entre dans deux associations : l'une à dominance de sols ferrugineux lessivés sur bourrelets sableux, l'autre représentant 14 à 15 % de la surface totale de la carte avec des vertisols hydromorphes largement structurés dès la surface, où les sols halomorphes entrent probablement pour moitié environ.

Par rapport aux sols halomorphes des glacis d'Am Dam, où l'on pouvait considérer que les processus d'évolution en milieu alcalin résul-taient de la concentration sur place des sels et du sodium provenant de l'altération des roches (et qualifier ces sols de lithomorphes) ce sont ici typiquement des sols halomorphes lessivés d'origine hydromorphe, situés sur les bordures des zones d'inondation et où les processus d'évolution sont liés à des concentrations de la nappe.

Il est toutefois intéressant de noter que la séquence sols ferrugineux tropicaux lessivés, sols halomorphes lessivés, vertisols, qui a été mentionnée dans la feuille Am Dam sur une vaste échelle et qui correspondait à de longues séquences texturales et de drainage des sols le long d'un glacis se retrouve ici à l'échelle du détail correspondant à de courtes séquences texturales analogues et à des variations équivalentes de drainage le long de ces séquences. Dans le premier cas, il y a concentration des alcalis libérés sur place du fait d'un drainage déficient, tandis que dans le second cas les alcalis proviennent de la concentration d'une nappe engorgeant une partie du profil.

2.1 Morphologie

Profil - Tim 52 Am Timan (22/5/63).

- Localisé sur la piste Am Timan - Abou Déia au km 19,6, sur un replat étroit entre deux bourrelets sableux à SFT lessivés (cf. Tim 53).
- Alluvion argilo-sableuse ancienne.
- Savane arbustive très claire à bouquets de *Lankea humilis* avec *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Albizzia chevalieri* et des *ziziphus*, épars et peu abondants.

Surface : Croûte noirâtre avec des plages de sables déliés légèrement micacés par dessous, disposées irrégulièrement, par plages.

0 - 4 cm : Croûte brun-noire fine, reposant sur un horizon lessivé humifère brun-gris (10 YR 5/2 ; 3/2 humide), avec de toutes petites taches ocre, diffuses, vagues et quelques rares traînées brun plus foncé, diffuses et vagues ; finement sableux avec quelques micas et sables grossiers ; structure fondue ; aspect strié ; débit anguleux ; peu dur ; poreux, type agrégats, et nombreux pores tubulaires assez fins. Lacs de fines racines très abondant.

Le passage à l'horizon suivant est brutal et ondulé, avec les caractéristiques suivantes : l'horizon suivant présente une surstructure colonnaire et le passage ondulé est dû à un décalage entre les sommets des colonnes, qui ne dépasse pas 2 cm. Le contact proprement dit se fait par une couche blanchie de 1 à 2 mm d'épaisseur à structure massive peu cohérente et à forte porosité vésiculaire. Au sommet de l'horizon suivant, on observe en continuité une couche de 3 mm, éclaircie, finement tachée de gris-rouille diffus et distinct, et plus poreuse que le reste de l'horizon.

4 - 30 cm : Horizon d'accumulation d'abord d'hydroxydes avec ségrégations, puis d'argile et passant vers la base à une accumulation de carbonates ; brun-gris foncé (10 YR 4/2 ; 2, 5/2 humide), s'éclaircissant vers la base (10 YR 4, 5/2 ; 2, 5 Y 4/2 humide) ; taché sur les trois premiers centimètres de plages plus claires, moyennes, assez nettes, distinctes

et de taches noires, petites, diffuses, distinctes, fréquemment auréolées de rouille, diffus et distinct ; puis sur les 10 cm suivants, bariolage brun-gris et noir, moyen, net distinct, le noir se constituant souvent en plages argileuses sur des surfaces structurales ou/et d'anciennes surfaces de stratification des alluvions ; enfin ces taches se fondent et disparaissent entre 15 et 20 cm : sablo-argileux à argilo-sableux ; observé mouillé ; structure cubique grossière dans 4-15, passant à polyédrique très grossière en dessous ; surstructure colonnaire très grossière ; les sommets des colonnes sont nets, mais les séparations verticales entre colonnes peu évidentes, soulignées localement seulement par des descentes verticales en coins de l'horizon de contact éclairci ; collant ; plastique ; peu poreux, finement et seulement par place ; extrêmement dur sur mottes sèches.

Bonne pénétration des racines dans cet horizon, mais beaucoup moins denses et rapidement décroissantes.

Le passage inférieur est graduel et régulier sur 30 - 40 : transition progressive de couleur et caractères structuraux, mais apparition brutale à 30 de pseudo-mycélium calcaire.

30 - (40... observé jusqu'à 90) : Horizon de carbonatation dans une alluvion tachée par hydromorphie : brun-gris (2,5 Y 5/2 ; 3,75 Y 4/2 humide), avec taches plus claires, petites, diffuses, vagues, points ocre, très petits, diffus, distincts ; concrétions noires, petites, arrondies, peu cimentées ; pseudo-mycélium calcaire abondant ; argilo-sableux ; structure subanguleuse fine peu développée ; revêtements argileux bruns par place (liaison possible avec des restes de stratification) ; collant ; plastique (+) ; très dur sur mottes sèches. Quelques racines fines seulement et très peu abondantes en dessous de 30.

Ce profil présente l'essentiel des caractères des solonetz solodisés sur alluvions ; on note en particulier :

- . La présence de croûte superficielle.
- . Les horizons lessivés peu profonds, en général érodés et présentant souvent des traces d'engorgement. Il s'agit d'érosion par ruissellement en nappe, parfois en nappes ravinantes (Tim 2 Am Timan).
- . Le contact brutal entre horizons lessivés et horizons d'accumulation, souligné par un horizon blanchi solodisé qui peut se réduire à une croûte de solodisation plaquée sur le sommet et les bords des éléments structuraux du sommet de l'horizon d'accumulation.
- . Les horizons d'accumulation présentent en général une structure colonnaire mais parfois peu développée : on a toujours cependant un type cubique ou prismatique. Dans certains cas la solodisation peut se faire tout autour des agrégats en les digérant.

Ces horizons correspondent à l'accumulation des hydroxydes avec des ségrégations liées à des actions d'hydromorphie de surface et à l'accumulation de l'argile qui revêt les agrégats en films discontinus ou se dépose en amas dans les cavités.

- La structure devient polyédrique dans les horizons d'accumulation de carbonates (pseudo-mycélium, nodules) et la carbonatation descend dans le matériau caractérisé par sa stratification et qui est ordinairement le siège de ségrégations.
- Dans toute cette famille de sols, on relève des caractères de couleur constants pour cette succession d'horizons et en particulier : les horizons lessivés sont toujours brun-gris : (10 YR 5/2) les horizons d'accumulation sont brun-foncé à brun-gris foncé : (10 YR 4/2 à 4/3). Les horizons carbonatés sont brun-jaune : (10 YR 5/4) à brun gris : (2,5 Y 5/2) avec souvent une tendance olive.

2.2- Caractéristiques analytiques

Certains profils présentent de fréquentes variations granulométriques soulignant la nature complexe de ces matériaux alluviaux ; ces discontinuités peuvent se trouver à n'importe quel niveau du profil (exemple : horizon 15-55 cm de Tim 42, argilo-limoneux, entre deux niveaux sablo-limoneux) et ne sont pas brutales ; elles traduisent donc des variations progressives du régime d'alluvionnement plutôt que des superpositions. En l'absence de données analytiques complémentaires comme des études de la fraction sable, ces variations granulométriques propres aux sédiments rendent toutefois très difficile l'interprétation des résultats d'analyse sous le rapport de l'évolution pédogénétique et plus spécialement du lessivage. On note que les horizons lessivés caractérisés morphologiquement par une limite inférieure brutale sont toujours sableux tandis que les horizons d'accumulation montrent une augmentation importante de l'argile (rapport 2 à 4), les taux de limon restant à peu près constants.

Les taux de matière organique varient entre 1 et 1,5 % dans les horizons lessivés, mais au sommet des horizons d'accumulation, dans 5 - 15 cm, ils sont compris entre 1 et 2 % (corrélation classique entre les taux d'argile et de matière organique) ; ils décroissent ensuite rapidement. Les C/N sont variables, entre 10 et 15. Les variations concernant le pH, le complexe et les carbonates sont extrêmement significatives et précisent l'évolution de ces sols :

- Dans les horizons lessivés, le pH oscille autour de 6 (5,8 à 6,6) le complexe est saturé à 70 - 80 % par du Ca et du Mg dans le rapport 2/1 ; le Na échangeable est en quantité négligeable ; il n'y a pas de carbonates .
- Dans les horizons d'accumulation de sesquioxydes et d'argile, le pH peut varier de 6,2 à 7,8 ; le complexe est très voisin de la saturation ; on n'observe pas de carbonates ou seulement des traces ; l'essentiel des bases échangeables est encore constitué de Ca et Mg dans le rapport 2/1, mais on constate la présence de quantités non négligeables de Na échangeable avec des rapports Na/CE compris entre 11 et 18 %.

- Dans les horizons carbonatés, les pH dépassent 8 et peuvent être voisins de 9, avec des quantités de carbonates variant de 0,5 à quelques %, tandis que les rapports Na/CE sont compris entre 12 et plus de 20 %. Dans ces horizons les rapports Ca/Mg échangeables atteignent 4, (mais les analyses de Ca sont faussées du fait de la présence de $\text{CO}_3 \text{Ca}$).
- Ces sols ne sont ordinairement pas salés, parfois faiblement salés : dans Tim 42 Ndin, on note ainsi des conductivités de l'extrait de pâte saturée à 25° voisines de 2 millihoms sur l'ensemble du profil, avec toutefois une baisse de conductivité dans le sommet des horizons d'accumulation indiquant bien pour ces éléments les plus mobiles le double mouvement contraire des solutions :

concentration superficielle par évaporation et lessivage.

Ces sols sont bien pourvus en azote et très moyennement en acide phosphorique et potasse.

L'instabilité structurale est assez forte déjà en surface ; elle augmente ensuite dans les horizons sodiques et plus spécialement en dessous du maximum de carbonatation où on peut observer des IS de 10 avec des perméabilités de 0,3 cm/H (Tim 2 Am Timan).

2.3- Utilisation

Ces solonetz solodisés appelés fréquemment "Naga" et parfois des "Gardout" ne sont pratiquement pas utilisés et ils représentent des zones stériles dans les associations où ils figurent ; leur végétation est typique et se caractérise en particulier par des petits bouquets de *Lansea humilis* laissant de grandes zones soit totalement découvertes soit peuplées d'une strate ligneuse dispersée très peu abondante à *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, parfois *Anogeissus leiocarpus* et *Combretum glutinosum* ; la strate herbacée est essentiellement constituée d'annuelles qui brûlent aux premiers feux, laissant à nu la surface croûteuse fréquemment érodée par ruissellement en nappe.

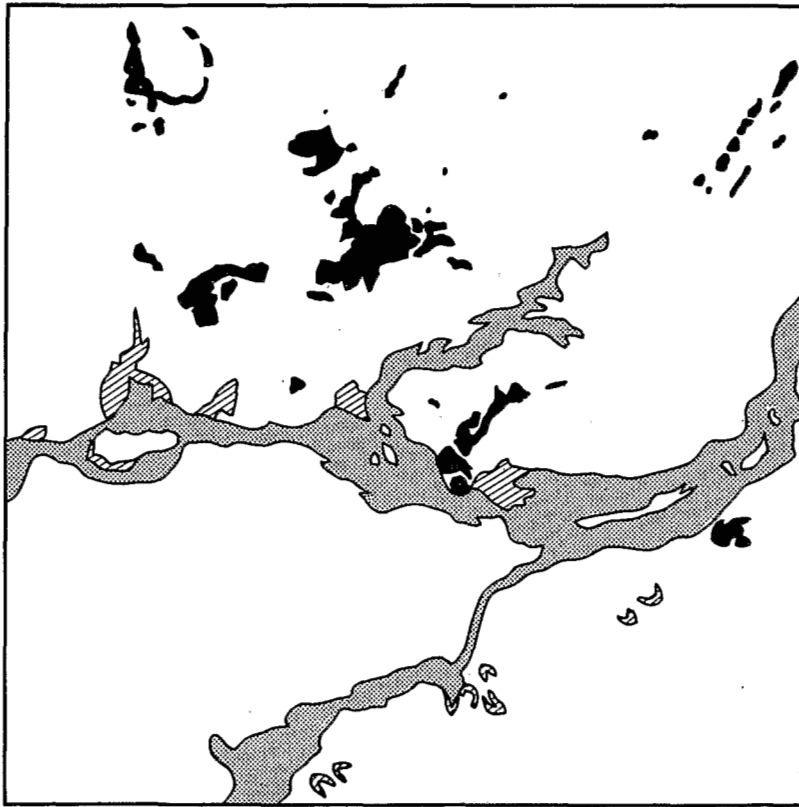
Ces sols présentent des caractères très défavorables au développement de toute végétation : leur discontinuité texturale entre horizons lessivés et d'accumulation à faible profondeur gêne l'installation des racines dans les horizons profonds ; leur grande compacité et leur instabilité structurale en font des sols asphyxiés en saison des pluies ; du point de vue chimique les pH très alcalins en profondeur sont également défavorables et l'ion Na gêne l'absorption du Ca et du K par les végétaux.


Ces sols ne peuvent en définitive que constituer des zones de parcours, leur intérêt pastoral étant lui-même très faible et très éphémère.

VI - SOLS HYDROMORPHES

La classe des sols hydromorphes correspond à des sols dont l'évolution est dominée par la présence dans le profil d'un excès d'eau dû soit à une nappe, soit à un engorgement. Ces conditions modifient surtout la dynamique du fer et d'autres éléments mobiles comme les carbonates et celle des matières organiques. C'est ainsi qu'au niveau de la sous-classe, on distingue les sols hydromorphes organiques et les sols hydromorphes à richesse organique moyenne (semi-tourbeux) ou faible (minéraux).

SOLS HYDROMORPHES



 Complexe du système alluvial du Bahr Azoum avec sols peu évolués d'apport hydromorphes et sols hydromorphes minéraux à pseudogley


 Sols à gley de surface et d'ensemble sur alluvions argileuses



Figure 14

Dans la région d'Am Timan, on a uniquement affaire à des sols hydromorphes minéraux. Les groupes et sous-groupes sont définis suivant la localisation dans le profil des caractères d'hydromorphie, l'origine de l'excès d'eau et l'expression morphologique des phénomènes.

1 - Diversité et répartition des sols hydromorphes

- Nous avons déjà signalé l'importance des phénomènes d'hydromorphie dans le complexe alluvial du Bahr Azoum : certains sols peu évolués hydromorphes, tout en gardant des caractères jeunes et en particulier la stratification du matériau, présentent déjà franchement des pseudo-gley ; on observe ainsi de nombreux profils où malgré la persistance de ces caractères juvéniles acquis du matériau, c'est très nettement l'hydromorphie qui domine toute l'évolution des sols. On a également noté comment certaines textures semblent plus favorables à l'apparition des phénomènes d'hydromorphie et plus spécialement des ségrégations : il s'agit de textures couvrant une large gamme, allant de finement sablo-limoneuse à argilo-sableuse et argilo-limoneuse, caractérisée par l'absence d'une proportion notable de sables grossiers, ce qui est un cas très fréquent dans certains niveaux d'alluvions du Bahr Azoum et du Bahr Azrak.
- On a insisté par ailleurs sur le passage des vertisols hydromorphes largement structurés sur alluvions argileuses à des sols à gley qui vont être traités plus loin.
- On a signalé également divers passages aux sols hydromorphes, en particulier à partir des sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond. Ces passages sont complexes, car en général lorsque le niveau d'action de la nappe remonte dans le profil, les phénomènes d'halomorphie ont également tendance à se manifester, comme c'est le cas dans la toposéquence classique des systèmes alluviaux anciens : ceci semble bien représenter le cas général dans tout l'ensemble alluvial ancien compris au nord du Bahr Azoum entre Bahr Azoum et Bahr Azrak, tandis qu'apparaît une proportion plus forte de sols hydromorphes dans le système ancien, étroit et méandreux, situé au sud du Bahr Azoum.
- Un passage analogue peut s'observer au contact topographique entre les sols ferrugineux tropicaux lessivés avec un niveau grossier à faible profondeur du glacis et les vertisols hydromorphes sur matériau argileux de la base des glacis (exemple Tim 56 Alo figurant dans le dossier de caractérisation pédologique). Il faut noter pourtant que ce passage est plus fréquemment souligné par des phénomènes avec solodisation soit classique, soit aussi tout autour des unités structurales étant ainsi digérées.

Dans cette situation, il semble que les sols lessivés à alcalis apparaissant sur les raccords en faible pente non inondés et admettant un certain drainage externe, tandis que les sols à gley seraient soumis à des inondations temporaires, tout en dominant légèrement les plaines à vertisols.

- Une unité enfin de sols hydromorphes fait l'objet d'une cartographie propre ; il s'agit de sols à gley sur alluvions argileuses diverses reconnus en unité pure sur une surface de 8 200 ha environ, soit 0,7 % de la carte totale et dont des surfaces non négligeables existent dans les zones cartographiées en vertisols hydromorphes largement structurés sur alluvions argileuses anciennes.

Outre ces passages locaux, ces sols à gley sont essentiellement localisés et cartographiés :

- Dans les méandres du système alluvial ancien au sud du Bahr Azoum, formant un chapelet de dépressions allongées à fond argileux fonctionnant en mares temporaires.
- Dans des cuvettes liées au réseau hydrographique actuel mais correspondant fréquemment à des dépressions disposées en bordure et au contact des grandes plaines à matériau argileux de la base des glacis et alluvions dérivées (Fodio, Ndin...).

2 - Les sols à gley sur alluvions argileuses.

2.1- Morphologie

Profil : Tim 31 Fodio (30/4/63)

- Localisé dans la mare de Fodio, côté est à 400 mètres de la bordure.
- Matériau : alluvions argileuses complexes.
- La végétation est une savane très lâche comportant uniquement des gros *Acacia sieberiana* portant sur leur tronc la marque de la dernière inondation à 60 cm de hauteur.

Observations de surface :

- Très fort microrelief en dômes et cuvettes, caractérisé par ses formes très molles et ses grandes dimensions ; longueur d'onde = 2 à 5 m ;
- Dénivellés = 30 - 40 cm.
- Quelques effondrements localisés au fond des cuvettes.
- Large réseau de fentes de retrait ouvertes de 4 à 6 cm.

Profil

0 - 20 à 40 cm : (limite inférieure largement ondulée).

Horizon gris foncé (N/4 ; 5 Y 2/1 humide), taché de taches jaunes moyennes, distinctes et assez nettes, et de taches rouille, linéaires, disposées suivant les racines, frappantes et nettes ; argileux avec quelques sables grossiers quartzeux et quelques gravillons ferrugineux ; structure fibreuse sur 0 - 1 cm ; sur les dômes du microrelief structure cubique grossière à lamellaire très

grossière moyennement développée ; en dehors des dômes, cette structure est moins développée et on passe latéralement à une structure prismatique très grossière (7 à 20 cm) bien développée ; peu poreux, pores tubulaires grossiers, par place seulement ; extrêmement dur. Passage graduel et ondulé, localement interrompu à :

20 - 40... observé jusqu'à 180. Horizon brun olive assez clair (2, 5 Y 4, 5/4 ; 4/4 humide) avec très fines taches ocre, diffuses, très peu abondantes ; l'ondulation générale de la limite entre les deux horizons ne présente pas de liaison évidente avec le microrelief, mais par contre les descentes irrégulières et en coin de l'horizon supérieur gris foncé correspondent nettement aux fentes de retrait ; la même couleur peut également s'observer loin des fentes de retrait en revêtements sur les agrégats pourtant mal individualisés de l'horizon et ceci jusqu'au fond de la tranchée. L'horizon est riche en nodules calcaires : ils sont les plus nombreux et les plus gros (3 cm) surtout au passage avec l'horizon précédent où ils sont d'ailleurs nettement concentrés aux points hauts du feston ; ils peuvent également présenter un deuxième mode de concentration en lignes verticales proches des fentes de retrait ; jusqu'à 100 cm les nodules sont nombreux et assez gros ; beaucoup moins nombreux et plus petits en dessous. La texture de l'horizon est argileuse avec quelques gravillons ferrugineux ; on observe également quelques concrétions noires cimentées, petites ; un cailloux quartziteux à patine ferrugineuse ; structure prismatique très grossière (30 à 70 cm) ; sous-structure polyédrique grossière peu développée avec faces de glissement bien développées, patinées soit olive, soit parfois gris noir, sans orientation définie ; très dur ; compact.

Ce sol présente un gley de surface très caractéristique avec des zones d'oxydation nettes essentiellement localisées au passage des racines le reste de l'horizon étant entièrement réduit, de couleur grise. Le matériau est complexe comme en témoigne également l'analyse granulométrique (voir résultats analytiques dans le dossier de caractérisation pédologique) : la partie profonde correspond au matériau argileux de la base des glacis ou directement dérivé ce qui lui confère des caractères vertisoliques nets et dans lequel il est d'ailleurs intéressant de noter les modes de concentration des nodules calcaires soit à la partie supérieure de ce niveau, soit en liaison avec les lignes de mouvements mécaniques.

Ce type de profil est un exemple moyen des sols à gley observés, aux variations près de matériau. Dans les mares temporaires au nord du Bahr Azoum on trouve ainsi ordinairement ce matériau vertisolique avec nodules calcaires. Au sud du Bahr Azoum, dans les méandres morts,

nous n'avons pas observé de nodules dans le matériau considéré comme alluvial, mais le gley est encore plus typique (Tim 9 Am Timan). Une des caractéristiques de tous ces sols à gley sur matériau vertisolique est leur type de microrelief très prononcé mais très mou et très large.

Le langage traditionnel désigne ces sols sous le nom de "Djogoloï" et les distingue des vertisols hydromorphes nommés "Bərbéré".

22 - Au point de vue caractéristiques analytiques, les sols à gley, tous argileux, présentent des taux assez élevés de matière organique de 1,5 à plus de 4 % dans l'horizon superficiel avec des C/N relativement bas pour des sols aussi hydromorphes (10 à 15). Toujours en surface, où la capacité d'échange est forte (30 à 40 mé %) les taux de saturation sont de 70 à 90 %, le Ca prédominant très largement dans les cations échangeables avec des rapports Ca/Mg de 2 à 4 ; le pH est acide, pouvant varier de 5 à 6,5. En profondeur, on a très généralement des traces ou une faible proportion de carbonates ; le complexe est saturé ou très proche de la saturation ; les pH sont neutres à franchement alcalins, les valeurs de l'ordre de 8 n'étant pas exceptionnelles et correspondant alors à des phénomènes d'alcalisation plus ou moins nets (Na éch./CE compris entre 4 et 12 %) comme déjà noté pour les vertisols hydromorphes sur alluvions des grandes plaines inondables. Ces sols sont bien pourvus en azote, acide phosphorique et potasse.

Dans la mesure où le régime d'inondation le permet, ou quand il est possible de le contrôler, on peut estimer que ces sols à gley donneraient des très bons résultats en riziculture. Malgré l'inconvénient de leur nette alcalinité en profondeur, ces sols ne présentent qu'une alcalisation faible et leur texture, leur acidité superficielle et leur richesse chimique sont autant de propriétés très favorables pour ce type d'exploitation.

3 - Conclusions sur l'utilisation des sols hydromorphes

Malgré l'extension réduite des unités cartographiques pures de sols hydromorphes, ces derniers n'en ont pas moins une importance considérable vu leur proportion dans le complexe alluvial du Bahr Azoum et le passage fréquent des vertisols hydromorphes sur alluvions à des sols à gley.

Dans le complexe alluvial, leur vocation définie par leur texture et leur régime hydrique est ordinairement bien utilisée par l'exploitation traditionnelle en coton, mil, sorgho encore que les surfaces actuellement cultivées pourraient être localement augmentées dans de notables proportions.

Pour les sols argileux allant des vertisols aux sols à gley, la culture du riz pourrait être largement développée à côté de l'utilisation traditionnelle en sorgho de décrue.

Troisième Partie

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

PÉDOGENÈSE ET RÉPARTITION DES SOLS

I - LES PROCESSUS PÉDOGÉNÉTIQUES ET LEUR RÉPARTITION

Dans l'étude des sols et aussi des caractères de certains matériaux originels, on observe l'action résultante des processus de pédogénèse dont nous essayerons ici de dégager l'importance relative. Certains de ces processus ont une action tout à fait actuelle et déterminent l'évolution présente des sols mais d'autres processus où les mêmes dans d'autres cas se manifestent par des caractères hérités de certains matériaux originels.

1 - Individualisation de sesquioxydes

Ce processus consiste dans la libération de sesquioxydes par hydrolyse des minéraux. Il est très généralisé en zone tropicale où les conditions de forte humidité des sols coïncidant avec des températures élevées en saison des pluies déterminent des altérations intenses et des hydrolyses poussées. Sur la feuille Am Timan, ce phénomène conduit à la seule individualisation de sesquioxydes de fer et de manganèse.

Ce processus affecte tous les sols ferrugineux tropicaux dont il est une caractéristique première : il est tout à fait actuel dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur bourrelets anciens ; il se poursuit dans les autres catégories de sols ferrugineux tropicaux dans un matériau originel marqué par l'action ancienne de ce même processus, cette manifestation étant la plus spectaculaire sur tout le glacis cuirassé tant pour son intensité que son extension.

On observe également l'action de ce processus dans les sols marqués par des phénomènes d'hydromorphie : sols à gley, sols peu évolués hydromorphes, et vertisols.

Les sesquioxydes individualisés peuvent rester libres en place, migrer, se redistribuer et être immobilisés. On observe constamment ces mouvements dans les sols de la région d'Am Timan et en général des immobilisations au moins partielles des sesquioxydes.

Dans tous les sols ferrugineux tropicaux observés, le fer migre par lessivage et s'immobilise partiellement dans les horizons d'accumulation ; la redistribution et l'immobilisation des sesquioxydes en taches ou concrétions suppose des conditions réductrices suffisantes pour que les mouvements du fer se produisent sous sa forme réduite et un mode de concentration résultant soit du lessivage lui-même, soit des mouvements d'une nappe ;

on observe actuellement ce cas dans les sols présentant des caractères d'hydromorphie déjà cités et dans les sols halomorphes. L'immobilisation du fer est toutefois encore ici la plus marquée dans le matériau concrétionné et cuirassé du glacis, où elle correspond à une phase climatique plus humide ayant déterminé des sols ferrugineux tropicaux plus profondément lessivés que la pédogénèse actuelle n'allant pas au delà des taches et concrétions.

2 - Lessivage

Déjà évoqué au sujet des sesquioxides de fer, ce processus peut affecter tous les colloïdes et tous les éléments solubles des sols.

On l'observe en milieu acide dans les sols ferrugineux tropicaux : son moteur est la présence, dans la solution percolant dans le sol, d'acides organiques qui complexent le fer et dispersent l'argile pour les entraîner. Mis à part les sols ferrugineux tropicaux à pseudo-gley profond où des nappes temporaires jouent, c'est le colmatage par l'accumulation d'argile qui détermine en profondeur des conditions réductrices favorables à la concentration et l'immobilisation du fer. On l'observe en milieu alcalin dans les solonetz solodisés où son moteur est le sodium et certains sels contenus dans la solution du sol : il affecte les sesquioxides mais surtout l'argile sodique dispersée et les produits salins de l'hydrolyse, extrêmement poussée en milieu alcalin (solodisation), qui s'immobilisent dans les horizons colmatés.

3 - Néosynthèse argileuse

On réserve ce terme à la formation en place d'argiles de type 2/1, par synthèse à partir de solutions naturelles silicatées riches en cations bivalents Ca et Mg. Ce processus préside fréquemment à la genèse des vertisols, et suivant que cette néosynthèse se produit dans l'horizon d'altération d'une roche libérant les ions nécessaires ou que des solutions enrichies agissent sur des produits ou des sédiments dans des cuvettes inondées, on distingue les vertisols lithomorphes et hydromorphes. Les vertisols hydromorphes peuvent bien entendu se trouver aussi sur des argiles sédimentaires très loin du lieu de leur synthèse. Tous les vertisols de la feuille Am Timan sont hydromorphes et, pour les formations argileuses de la base des glacis, les plus anciennes, nous avons reconnu une part d'héritage apparaissant nettement dans la nodulation calcaire et qu'il est logique d'attribuer en partie à l'origine même du matériau ; les autres formations argileuses plus récentes, alluviales, dérivent toutes de façon plus ou moins directe de ce matériau originel. On aurait donc tendance à faire l'hypothèse que les vertisols étudiés sont le résultat de l'action d'un régime hydrique convenable sur des matériaux argileux provenant d'une néosynthèse ancienne. Toutefois, si ce schéma d'interprétation est vraisemblable dans son ensemble, on doit souligner que les argiles peuvent encore continuer à se transformer et la néosynthèse se poursuivre ; l'augmentation mise en évidence du rapport Mg/Ca du complexe à partir des argiles hautes des glacis vers les plaines basses situées dans ces cuvettes inondables les conditions optimum de néosynthèse actuelle. Suivant le même gradient on observe également l'augmentation de la capacité d'échange des argiles.

Les néosynthèses argileuses semblent également pouvoir se produire dans les horizons profonds colmatés des solonetz solodisés. Dans les vertisols, ce sont les successions d'humectation et de dessiccation sur les argiles gonflantes qui déterminent les mouvements mécaniques propres à ces sols et qui se manifestent par : les concentrations locales d'éléments grossiers dans le profil, le microrelief.

4 - Carbonatation et salinisation

Dans les conditions climatiques de la région d'Am Timan ces phénomènes ne se produisent que dans les horizons profonds et colmatés de certains vertisols et des solonetz. Hormis les solonetz solodisés sur matériau dérivé de granites où la concentration se produit du fait d'un mauvais drainage interne, il s'agit partout de concentrations à partir de nappes. On observe très peu de sels solubles dans les sols et ces phénomènes portent essentiellement sur les carbonates qui s'immobilisent sous formes de pseudomycélium, amas, nodules.

Les plus fortes accumulations de carbonates sont réalisées dans le matériau argileux de la base des glacis et les alluvions directement dérivées mais il s'agit là vraisemblablement de caractère hérité. Le phénomène est actuel par contre dans les grandes plaines inondables de vertisols sur alluvions anciennes où il est peu intense et dans les solonetz solodisés qui leur sont associés topographiquement, où il est général et important. Ainsi à l'échelle géographique, on retrouve la même richesse déjà soulignée des solutions à propos de la néosynthèse argileuse tandis qu'à l'échelle de la séquence de sols, on constate que la concentration se réalise sur les bordures des cuvettes là où il y a battement prolongé de la nappe dans un niveau colmaté et où l'évaporation peut jouer au maximum.

5 - Alcalisation et solodisation

On appelle alcalisation la saturation du complexe absorbant d'une partie d'un profil de sol par des quantités suffisantes de Na pour modifier ses propriétés structurales en particulier ; dans certains cas la saturation par du Magnésium conduit aux mêmes résultats mais le phénomène est moins bien connu.

Dans la feuille Am Timan nous avons constaté que l'alcalisation pouvait se produire soit par concentration sur place des produits alcalins de l'hydrolyse par défaut de drainage interne (solonetz solodisés sur matériau argilo-sableux dérivé de granites), soit par concentration d'alcalis par des nappes. La répartition géographique de ce dernier phénomène est calquée sur celle de la carbonatation représentant pareillement des nappes concentrées : l'alcalisation s'observe en profondeur dans tous les vertisols des cuvettes inondables et à un degré plus poussé dans les vertisols à structure large sur alluvions anciennes qui sont les plus basses ; rappelons à nouveau à ce sujet l'augmentation du rapport Mg/Ca suivant le même gradient. Comme pour les carbonates, on note une concentration plus poussée des alcalis en bordure des cuvettes dans les solonetz solodisés.

Un lessivage banal peut se produire dans les sols à alcalis lorsque les eaux peuvent percoler verticalement dans le profil ce qui suppose une perméabilité suffisante et un certain drainage externe par opposition à des conditions de submersion. En fait, sur la feuille Am Timan, tous les sols lessivés à alcalis, présentent des caractères de solodisation. Ce terme désigne un processus d'hydrolyse au milieu alcalin, sous l'action de solutions riches en sels sodiques. Cette hydrolyse est très poussée et va jusqu'à la destruction totale du noyau silicaté ; le lessivage s'en trouve d'autant facilité car il s'applique aux produits solubles de la solodisation et à l'argile sodique dispersée non attaquée. La distribution observée de ce processus et sa liaison avec l'alcalisation des vertisols auxquels sont associés les solonetz solodisés sur alluvions satisfait toujours aux deux conditions de présence d'une nappe alcalisante concentrée peu profonde et drainage externe existant.

6 - Conclusion sur les processus de pédogénèse

Les résultats de l'étude des sols amènent à conclure que la difficulté de distinguer l'actualité des processus n'est en fait qu'apparente. En ce qui concerne l'action ancienne de certains processus comme la ferruginisation et la néosynthèse argileuse, on constate que des processus identiques s'installent à peu près systématiquement sur les matériaux qui en résultent. Ceci provient du double fait qu'une évolution pédogénétique donnée différencie des profils avec des successions verticales de caractères physiques et chimiques tels que cette même évolution a tendance à se poursuivre même après un changement climatique et que le façonnement du modèle résultant ainsi que la répartition géographique des éléments jouent dans le même sens.

Des processus complémentaires peuvent jouer toutefois comme ceci semble le cas pour l'alcalisation dans les vertisols des cuvettes inondables. C'est d'ailleurs un point intéressant à l'échelle du degré carré, où dans cette région aucune zonalité climatique des processus n'est décelable, de constater la zonalité des processus liés à la concentration des éléments les plus mobiles (carbonatation, alcalisation) suivant une longue séquence topographique.

II - LES FACTEURS DÉTERMINANTS DE LA RÉPARTITION DES SOLS

Trois facteurs déterminent en définitive l'existence des sols observés sur la feuille Am Timan et les modalités différentes de leur action combinée expliquent la répartition exprimée par la carte pédologique. Ce sont le climat, le régime hydrologique et le facteur historique.

1 - Le climat régional et le régime hydrologique :

le climat est un facteur fondamental commun à toute la carte. Il est suffisamment humide pour déterminer les processus de ferruginisation et de lessivage. Son action est en réalité diversifiée par la topographie

modifiant la répartition de l'eau en fonction du ruissellement dans les zones exondées et elle est complètement perturbée dans le cas des cuvettes inondées où c'est le régime hydrologique, en réalité lui-même fonction du climat, qui joue le rôle prépondérant. Toutefois, même dans ces conditions, c'est toujours le climat avec ses longues saisons très sèches et très contrastées qui détermine les phénomènes d'évaporation entraînant l'abaissement des nappes et leur concentration et le retrait et le mouvement mécanique des vertisols.

2 - L'histoire. On a déjà souligné son importance au sujet de l'action ancienne de processus de pédogénèse correspondant à des climats plus humides ; mais on a aussi l'empreinte de climats plus secs dont les pédogénèses humides suivantes n'ont pas conservé le témoignage, mais qui apparaît nettement dans le modelé de glacis en particulier. Enfin les systèmes alluviaux anciens, témoins de l'histoire géologique ont une importance également considérable.

C'est donc essentiellement des actions anciennes qui déterminent le modelé, la disposition relative des matériaux originels et leurs propriétés, suivant des unités qui ont été présentées en première partie. Et ces données sont liées entre elles de telle sorte qu'à chacun des matériaux originels et des unités morphologiques ne correspond qu'un petit nombre et souvent un type d'évolution pédologique possible et que toute la répartition des sols est calquée sur le schéma de répartition de ces unités.

UTILISATION DES SOLS

L'utilisation des sols dépend évidemment des propriétés des sols eux-mêmes étudiées dans ce rapport mais les conditions générales de climat et les conditions locales propres à chaque unité cartographiée comme le mode d'alimentation en eau, doivent être considérés sous leur aspect agronomique.

I - LE CLIMAT ET LE RÉGIME HYDROLOGIQUE

Le climat de type tropical sec avec une seule saison des pluies concentrée et sa lame d'eau annuelle de 800 à 900 mm permet une large gamme de cultures tropicales sèches : on peut encore y cultiver l'arachide et le Pennisetum comme plus au nord, mais le coton y trouve déjà un milieu très favorable.

Parallèlement, on a une crue annuelle maximum en fin de saison des pluies, et les températures pas trop excessives du début de saison sèche autorisent les cultures de décrue d'ailleurs largement pratiquées. Dans ces types d'exploitation traditionnels, une seule culture par an est possible, mais la pratique de l'irrigation et la maîtrise du plan d'eau des zones inondables permet d'étendre les cultures jusqu'avant les fortes chaleurs de la saison sèche et d'envisager des cycles successifs en particulier pour les cultures maraîchères irriguées.

II - LES UNITÉS DE SOLS CARTOGRAPHIÉES Leur importance relative et leurs vocations culturales.

On peut distinguer :

1 - Des unités de sols inutilisables

- Sols minéraux bruts : sols lithiques : 12 800 ha \neq 1 % de la carte.
- Sols minéraux bruts : sols proluviaux des lits des cours d'eau : négligeables.

2 - Des unités à vocation pastorale et forestière

- Sols ferrugineux tropicaux lessivés peu épais avec niveau grossier peu profond : 355 000 ha : 29 % de la carte.
- Tous les sols halomorphes lessivés à alcalis :
 - = Solonetz solodisés sur matériaux dérivés de granite : 3 000 ha : 0,25 % de la carte.
 - = Solonetz solodisés sur alluvions anciennes ; cartographiés en association avec des vertisols sur alluvions pour un total de 176 000 ha : 14,5 % de la carte.

Si on admet 50 % comme proportion relative des deux types de sols dans cette association, on aboutit pour ces zones à vocation pastorale et forestière à un total de 37 % de la surface totale.

3 - Des unités à vocation culturelle plus ou moins marquée

- Sols ferrugineux tropicaux lessivés
 - = Sur matériau sableux de piedmont : 8 250 ha : 0,7 % de la carte.
 - = Sur bourrelets alluviaux anciens : 35 800 ha : 3 % de la carte.
 - Vertisols hydromorphes
 - = Sur matériau argileux de la base des glacis (structure fine superficielle) : 197 000 ha : 17 % de la carte.
 - = Sur alluvions dérivées de ce matériau (structure fine + structure large) : 216 000 ha : 18 % de la carte.
 - = Sur alluvions anciennes (structure large) en unité pure : 86 500 ha : 7 % de la carte.
- Associé à des sols halomorphes lessivés sur une surface totale de : 176 000 ha : 14,5 % de la carte.
- Sols hydromorphes à gley de surface 8 200 ha : 0,7 % de la carte.
 - Complexe alluvial : 112 000 ha : 9 % de la carte.

En admettant la même proportion de 50 % pour l'association vertisols-sols halomorphes, on arrive à une surface totale de sols cultivables de l'ordre de 62 % de la carte.

Dans cet ensemble, les vocations se répartissent de la façon suivante :

- Sols ferrugineux tropicaux : mil et arachide + coton pour les sols moins bien drainés superficiellement de la famille sur bourrelets anciens.
- Vertisols hydromorphes : sorgho de décrue. Maïs + riz pour les vertisols largement structurés sur alluvions anciennes, en particulier dans les zones où il y a passage aux sols à gley.
- Sols à gley : riz + culture de décrue éventuelles.
- Complexe alluvial : outre les vertisols et les sols à gley qui s'y trouvent, les sols peu évolués plus ou moins hydromorphes permettent : coton, arachide, mil, cultures maraichères et fruitières.

III - CONDITIONS D'UTILISATION DES UNITÉS CULTIVABLES

1 - Les sols ferrugineux tropicaux

Les sols sur matériau sableux de piedmont ont une très faible importance en valeur absolue et leur répartition est très dispersée. Il serait donc illusoire d'envisager pour eux un développement de culture semi-industrielle comme l'arachide. Mais leur utilisation en culture de subsistance de type traditionnel, mil et arachide, pour laquelle ils sont tout à fait adaptés, est extrêmement intéressante, car ils représentent des relais et des points d'eau sur la grande zone de parcours qu'est le glacis cuirassé.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudo-gley profond sur bourrelets alluviaux anciens, malgré leur assez faible extension, forment une unité géographique intéressante suivant les axes parallèles Atetel - Algiez et Kamaday - Difir - Algiez ; ces deux ensembles sont desservis par de bonnes pistes ; la population est groupée en villages abondants sur les bordures de ces séries de bourrelets ; toutes les conditions sont réalisées pour continuer à y développer la culture du coton et de l'arachide.

Ces deux catégories de sols ferrugineux tropicaux présentent des caractères communs déterminant les bases de leur mise en valeur rationnelle, mais aussi des caractères distinctifs leur conférant des possibilités différentes.

- Ces sols ferrugineux tropicaux lessivés ont des profils qui se distinguent par la nature du matériau originel et les caractères différents de l'horizon d'accumulation dont l'un des cas présente des engorgements par action de nappe. Le matériau originel des sols des piedmonts a la même origine que les sols cuirassés de glacis ; il correspond à des altérations anciennes de type ferrugineux tropical plus fortement lessivé et il s'en suit un matériau plus lessivé et plus pauvre que les alluvions des bourrelets. D'autre part les horizons lessivés des "goz rouges" des piedmonts sont souvent plus profonds et enfin les actions de nappe en profondeur des sols de bourrelets limitent les exportations des éléments fertilisants. Il résulte donc pour les sols des bourrelets anciens une potentialité supérieure.
- Les caractères physiques et chimiques des horizons humifères de ces deux catégories de sols sont caractéristiques de sols ferrugineux tropicaux lessivés et très comparables. Les horizons superficiels sont sableux et peu riches sans toutefois présenter de déséquilibre ; dans de tels sols la minéralisation très active et rapide de l'azote compense ordinairement la faiblesse des réserves et assure un très bon développement des cultures ; à condition bien entendu de ne pas aller jusqu'à l'épuisement. L'exploitation abusive et la destruction du stock de matière organique qui est l'agent principal de la stabilité structurale risquerait par ailleurs de conduire à des dégradations extrêmement graves. Enfin pour l'une et l'autre famille, les teneurs en potasse sont faibles.

- En fonction de ces données, il est nécessaire d'observer quelques règles élémentaires de mise en valeur :
 - . Des durées de cultures n'excédant pas deux ou trois ans alternant avec des jachères d'au moins deux ou trois ans.
 - . Respect et souci du stock de matière organique à conserver et à améliorer dans la mesure du possible par l'utilisation du fumier, la restitution des résidus des récoltes, en prenant garde au risque de déséquilibre C/N modifiant l'activité microbienne : il y aurait lieu alors d'accompagner l'enfouissement des résidus d'un apport d'azote minéral ; enfin on doit protéger les jachères contre le feu.
 - . Le manque de potasse risque de gêner la maturation des cultures, mais seule l'observation directe peut permettre d'en juger pour envisager une correction par apport d'engrais minéral.

2 - Les vertisols et les sols à gley sur alluvions argileuses

Tous ces sols présentent deux caractères communs ; ils sont tous développés sur un matériau originel argileux et ils sont tous soumis à des conditions plus ou moins sévères d'inondation. Mais les différentes unités cartographiées ont des possibilités d'exploitation toutes différentes.

- 21 - **Les vertisols sur matériau argileux de la base des glacis** sont peu utilisés et leurs conditions locales de site sont très défavorables à leur mise en valeur. Fragmentés suivant un réseau dispersé, ils sont cernés par le glacis cuirassé qui est une immense surface sans points d'eau où l'installation de la population est difficile et qui de toutes façons ne permet pas d'autres cultures de subsistance. Ces vertisols sont pauvres en phosphore et en potasse, mais ceci ne semble pas affecter considérablement les rendements du sorgho que nous avons localement observé. Par ailleurs ces sols ont l'avantage de ne pas subir d'alcalisation.
- 2.2- **Les vertisols sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glacis** ne sont guère cultivés que sur leurs bordures. Ils sont en effet localisés dans d'immenses cuvettes entièrement inondées en saison de crues, tandis qu'en saison sèche ces étendues sont totalement dépourvues d'eau. Les bordures sont cultivées par des paysans habitant sur les zones exondées adjacentes et faisant des campements de saison sèche autour de mares persistantes dont ils cultivent les abords. C'est ainsi que l'ancien cours du Bahr Azoum, au sud du Bahr Azoum actuel, comportant des bourrelets exondés et un chapelet de mares temporaires représente une base d'installation saisonnière très intéressante ; toutefois les possibilités de mise en valeur restent limitées pour ces grandes cuvettes. Les sols, quant à eux sont intéressants, hormis de faibles réserves phosphoriques et une tendance assez nette à l'alcalisation.

Compte tenu de ces considérations, ces deux catégories de vertisols ont en fait pour une bonne partie une vocation pastorale, d'ailleurs très intéressante, ce qui ramène la surface totale des terres effectivement cultivables de 62 % à environ 25 à 30 %.

2.3- Les vertisols sur alluvions et les sols à gley

Ces deux unités de sols sont disposées à proximité des systèmes alluviaux récents qui sont des zones à forte densité de population. Même les grandes plaines de vertisols sur alluvions sont entrecoupées d'éminences exondées portant des solonetz solodisés parfois accidentées de petites buttes sableuses et permettant des installations faciles. Ceci explique qu'ils soient largement cultivés en Berbéré.

Les vertisols à structure large sur alluvions anciennes sont de bons sols pour la culture de décrue : ils sont chimiquement riches et leur mise en valeur n'est pas gênée par la présence de microrelief. Ils n'en restent pas moins massifs, durs, difficiles à travailler et compacts, mais le sorgho de décrue s'accommode assez bien de ces milieux asphyxiés et souvent mal préparés. Les réserves de phosphore étant seulement moyennes à bonnes et le risque très général pour ces types de sol du blocage de l'azote par défaut de minéralisation, amènent à proposer l'essai de fumures N - P au démarrage du sorgho après son repiquage. Le plus gros inconvénient de ces sols est leur alcalisation profonde qui limite sans doute les rendements par deux mécanismes : le sodium gêne l'assimilation par les plantes des autres ions et la disponibilité de l'eau se trouve légèrement diminuée.

La réussite des cultures de décrue tient essentiellement dans un repiquage précoce aussitôt le retrait des eaux conditionnant l'utilisation de l'eau des couches superficielles par des jeunes plants. Nous avons fréquemment observés des champs où la culture était pratiquée depuis plus de dix ans sans jachère, sans que l'aspect végétatif semble en souffrir. Si on peut expliquer ce fait par la grande richesse chimique des sols, on devrait toutefois pratiquer une jachère graminéenne naturelle dont l'apport organique et l'effet direct des racines peut améliorer les structures et stabiliser en partie les fragmentations superficielles créées artificiellement par le travail du sol. Cet ameublissement doit en effet être recherché car il facilite le travail ultérieur du sol, et l'installation des jeunes plants également favorisée par l'aération de la couche arable.

Les possibilités de riziculture des sols à gley ont déjà été soulignées. Il n'y a pas de problème chimique immédiat à cette utilisation mis à part le même inconvénient d'alcalisation profonde mais qui correspond à l'évolution actuelle de ces sols et qu'on ne peut envisager de corriger. Il n'y a pas non plus de problème physique. La seule condition à ce mode d'exploitation est l'existence naturelle d'un plan d'eau adéquat avec un régime favorable ou l'aménagement de dispositifs pour obtenir la maîtrise de l'eau.

3 - Les sols du complexe alluvial

Nous ne reviendrons pas sur les possibilités multiples de cet ensemble, dont la diversité repose sur la variété des sols eux-mêmes et des conditions d'approvisionnement en eau. En système traditionnel, les cultures vivrières et industrielles dont essentiellement le coton sont tout à fait adaptées.

La présence de nappes à faible profondeur permet l'irrigation pour développer les cultures maraîchères à contre-saison dans la mesure où le débouché en est assuré, et pour apporter l'appoint nécessaire en saison sèche au démarrage des jeunes plants d'arbres fruitiers, agrumes et manguiers en particulier.

Ces sols peu évolués sont en général assez riches et bien équilibrés, mais on ne doit pas oublier que leur caractère de faible évolution s'accompagne d'une instabilité et d'une fragilité dangereuses. En culture traditionnelle, les mêmes règles d'utilisation que pour les sols ferrugineux tropicaux, concernant la fumure organique, la jachère, le feu, doivent être observées.

*

* *

Il ressort de ces rapides considérations agronomiques que la feuille d'Am Timan est véritablement divisée en deux ensembles : toute la moitié nord et la plus grande partie des plaines du sud-est, à vocation forestière et pastorale représentant 70 à 75 % de la surface totale ; et toute une région proprement agricole limitée aux alluvions récentes des Bahr Azoum, Azrak et Djourf et aux ensembles alluviaux anciens compris entre ces axes. Ces zones agricoles représentent 25 à 30 % de la surface totale de la carte et offrent de très grandes possibilités.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G). 1964 - La classification des sols utilisée par les pédologues français en zone tropicale ou aride. Note présentée au Colloque C. C. T. A. sur la classification des sols des régions inter-tropicales, leurs corrélations et leur interprétation. Léopoldville Lovanium 28 mai - 7 juin 1963. Sols Africains. B.I.S. PARIS. IX ; 1 ; janv. avril 1964 ; p. 97 à 105.
- AUBREVILLE (A). 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne - A. O. F. Cameroun. A. E. F. Paris - Soc. d'Ed. géographiques, maritimes et coloniales. 523 p.
- BERTHELOT (R). 1958 - Etude hydrologique du Bahr Azoum, 1956 (Tchad). O. R. S. T. O. M., Paris, 38 p. multigr., graph., tabl., 1 carte, 1 croquis.
- BLACK (J. N.). BONYTHON (C. W.). PRESCOTT (J. A.) 1954. Solar radiation and the durat. of sunshine. Quat. J. Roy. Met. Soc., p. 231 - 235.
- BOCQUIER (G). AUDRY (P). BARBERY (J). 1964. Carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000 de la République du Tchad. Feuille AM DAM. O. R. S. T. O. M., Fort-Lamy, 3 fasc., 88 p. multigr. fiches, 1 carte H. T.
- BOCQUIER (G). 1964 - Présence et caractères de Solonetz Solodisés Tropicaux dans le bassin tchadien. 8e Cong. Intern. Sci. du Sol Bucarest, résumé des Communications, t. V, parag. V, n° 60, p. 881.4.
- FOURNIER (F). 1962 - Carte du danger d'érosion en Afrique au Sud du Sahara, fondé sur l'agressivité climatique et la topographie. Publ. C. E. E. - C. C. T. A., Paris, notice explicative 11 p., 1 carte H. T.
- GERARD (G). 1958 - Notice explicative de la carte géologique de l'Afrique Equatoriale Française au 1/2 000 000. Paris, 198 p., bibliogr. (772 réf.).
- LEPOUTRE (B). 1952 - Etude pédologique de la vallée du Bahr Azoum. O. R. S. T. O. M., Fort-Lamy, 50 p., bibliogr. (7 réf.), 1 carte H. T.

MAIGNIEN (R). 1961 - Sur les sols d'argiles noires tropicales d'Afrique Occidentale. Bull. A.F.E.S., Paris, n° 8, p. 131 - 144, bibliogr. (7 réf.).

MERMILLOD (J). 1963 - Note préliminaire sur la nappe phréatique de la partie Nord du Bassin de l'Aouk Salamat. B. R. G. M. Paris - 79 p., 4 cartes H. T.

TURC (L). 1961 - Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. Formule climatique simplifiée et mise à jour (ETp, f. 60). Ann. agron., Paris, vol. 12, n° 1, p. 13 - 49.

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

Centre de Fort-Lamy :

B.P.65 - FORT-LAMY (Rép. du Tchad)

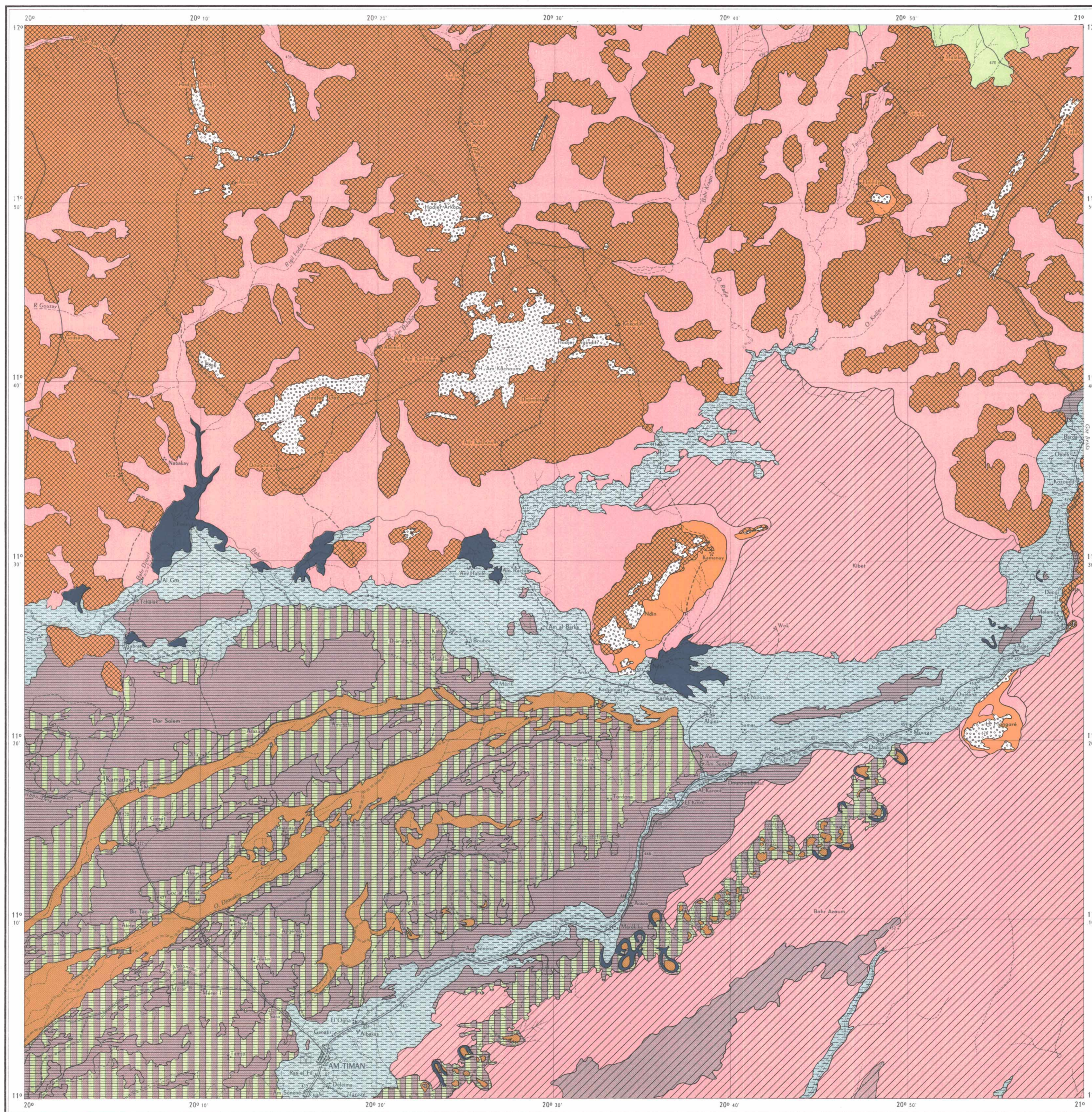
CARTE PÉDOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE DE LA RÉPUBLIQUE DU TCHAD

AM TIMAN

P. AUDRY

RÉPUBLIQUE DU TCHAD
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DES EAUX ET FORÊTS
DIRECTION DE L'AGRICULTURE

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER
CENTRE O.R.S.T.O.M. DE FORT-LAMY



L É G E N D E

- SOLS MINÉRAUX BRUTS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'ÉROSION
LITHIQUES**
- Sur roches quartzitiques dominantes.
- D'APPORT
ALLUVIAUX ET PROLUVIAUX**
- Sur dépôts sableux d'épandage actuel des cours d'eau temporaires.
- SOLS PEU ÉVOLUÉS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE
D'APPORT
ESSENTIELLEMENT HYDROMORPHES**
- Sur alluvions récentes de texture variable.
- VERTISOLS
VERTISOLS HYDROMORPHES
AVEC DÉBUT DE STRUCTURE FINE EN SURFACE**
- VERTISOLS AVEC :** plus ou moins rares ségrégations dans les horizons supérieurs.
présence fréquente de nodules calcaires.
présence fréquente d'effondrements et microrélief "Gilgai".
- Sur matériaux argileux de la base des glaci.
 - Sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glaci.
- LARGEMENT STRUCTURÉS DÈS LA SURFACE
VERTISOLS AVEC :** ségrégations nombreuses et fréquentes dans les horizons supérieurs.
présence fréquente de nodules calcaires.
présence fréquente d'effondrements et léger microrélief "Gilgai".
- Sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glaci.
- VERTISOLS AVEC :** ségrégations nombreuses et fréquentes dans les horizons supérieurs.
passage local à des sols à gley.
absence de phénomènes de carbonatation.
absence d'effondrements.
- Sur alluvions argileuses anciennes à actuelles.
- SOLS A SESQUIOXYDES (FORTEMENT INDIVIDUALISÉS
ET A HUMUS A DÉCOMPOSITION RAPIDE)
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX**
- LESSIVÉS
SANS CONCRÉTIONS OU RAREMENT A CONCRÉTIONS**
- Sur matériaux sableux à sablo-argileux, en général rougis, accumulés en piedmont des reliefs résiduels.
 - Sur matériaux plus ou moins grossiers, avec, à faible profondeur, une ancienne accumulation d'hydroxydes de fer sous forme de concrétions ou de cuirasse.
 - A PSEUDOGLEY PROFOND
 - Sur bourrelets alluviaux anciens, sableux à sablo-argileux.
- SOLS HALOMORPHES
A STRUCTURE MODIFIÉE
LESSIVÉS A ALCALIS
SOLONETS SOLODISÉS**
- Sur matériaux argilo-sableux dérivés de granites.
 - Sur alluvions anciennes, sablo-argileuses à argileuses.
- SOLS HYDROMORPHES
MINÉRAUX**
- SOLS A GLEY
A GLEY DE SURFACE ET D'ENSEMBLE**
- Sur alluvions argileuses d'origines diverses.
- SOLS A PSEUDOGLEY
A TACHES**
- Sur alluvions récentes de texture variable.
- ASSOCIATIONS ET COMPLEXES DE SOLS**
- Dominance de Vertisols Hydromorphes avec début de structure fine en surface en association avec des Vertisols Hydromorphes largement structurés dès la surface.
- Sur alluvions dérivées du matériau argileux de la base des glaci.
- Vertisols Hydromorphes largement structurés dès la surface.
Sols Halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis.
- Sur alluvions anciennes.
- Dominance de Sols Ferrugineux Tropicaux lessivés à pseudogley profond sur bourrelets alluviaux anciens, en association topographique avec des sols halomorphes à structure modifiée lessivés à alcalis sur alluvions anciennes.
- Complexe du système alluvial du Bahr Azoum, composé de :
Sols Peu Évolués d'apport essentiellement hydromorphes.
Sols hydromorphes minéraux à pseudogley.
Vertisols Hydromorphes largement structurés dès la surface passant localement à des sols à gley.
Sols Halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis.
Sols Minéraux Bruts d'apport alluvial et proluvial.
Sur alluvions et proluvions de textures diverses avec une fraction limoneuse souvent importante.
- (1) : limite figurative uniquement en complexe
— (2) : limite figurative uniquement en association
— (3) : limite figurative uniquement en association et complexe

